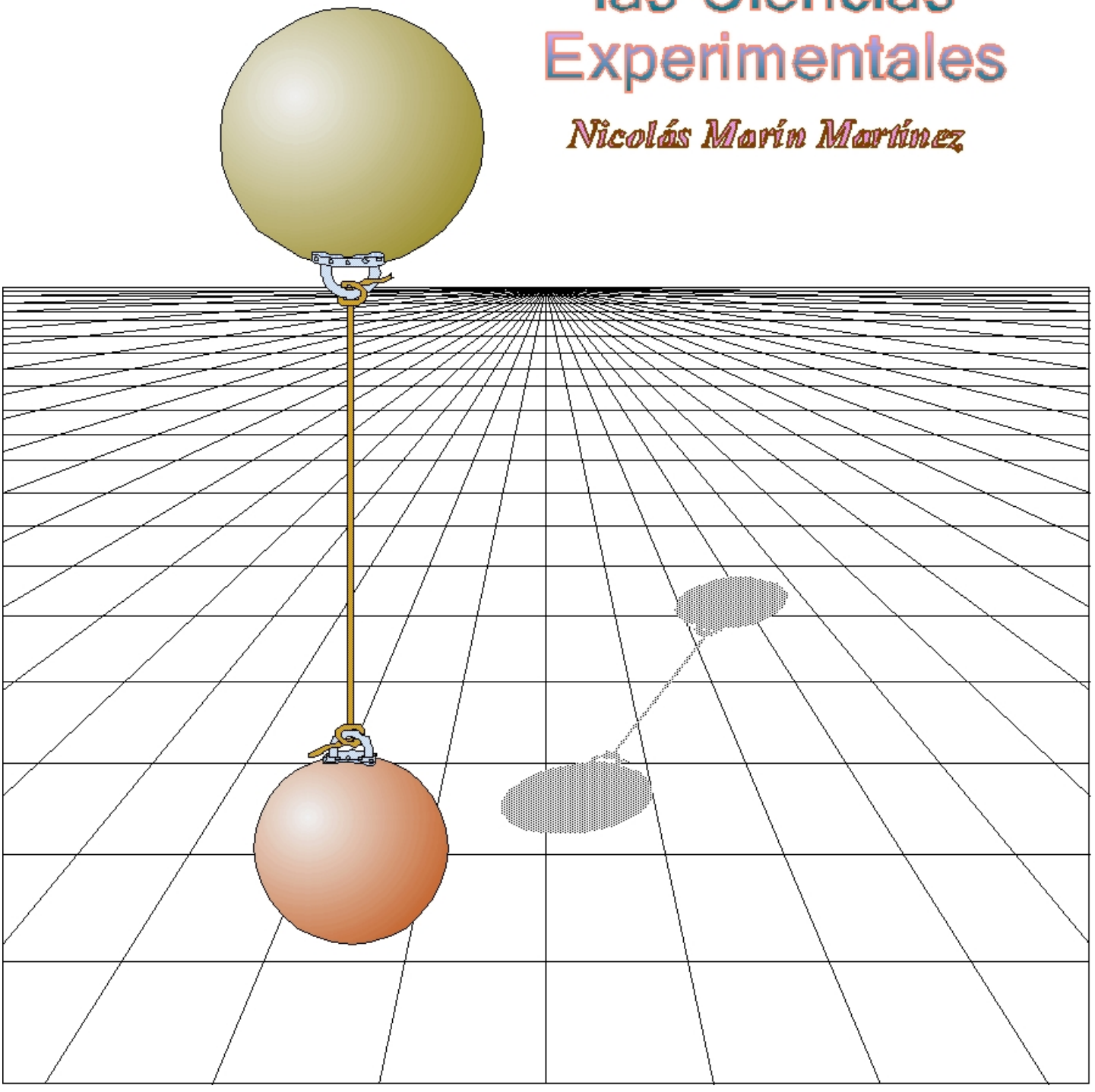
Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Nicolás Marín Martínez



FUNDAMENTOS DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

NICOLÁS MARÍN MARTÍNEZ

PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Almería, Mayo'97

Datos de la publicación
© de la portada, texto y edición, Nicolás Marín Martínez
© de la publicación, *UNIVERSIDAD DE ALMERÍA*
ISBN: 84-8240-074-6
Depósito Legal: Al.19.1997
Impreso en España Printed in Spain

Índice

1 DOMINIO DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES. 13
1 Introducción. 13
2 Dominio y estatus de la Didáctica de las Ciencias Experimentales. 13
3 Objeto de estudio, objetivos y problemas de la Didáctica de las Ciencias Experimentales. 15
3.1 Los objetivos de la enseñanza de las Ciencias. 16
3.2 Los problemas de la enseñanza de las Ciencias. 17
3.3 Los métodos de la enseñanza de las Ciencias. 17
4 Didáctica intuitiva frente a didáctica fundamentada. 18
4.1 Las limitaciones de la didáctica intuitiva. 20
4.2 Necesidad de una didáctica fundamentada. 20
4.3 Estrategia para la formación de docentes: de la didáctica intuitiva a la fundamentada. 22
5 Revisión de los fundamentos y tendencias actuales en Didáctica de las Ciencias Experimentales. 23
5.1 Existen varios modos de hacer constructivismo. 23
5.2 Contenidos de investigación de la didáctica fundamentada. 25
5.3 Posiciones adoptadas para presentar los fundamentos de las diversas propuestas didácticas. 27

2 PROPUESTAS DIDÁCTICAS DESDE LA PERSPECTIVA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO. 29
1 Introducción. 29
2 La analogía "el alumno aprendiendo como el científico". 30
3 Distintos posicionamientos frente a la analogía. 30
4 Propuestas didácticas desde la perspectiva científica. 31
4.1 La propuesta didáctica del cambio conceptual. 31
Tipos y propuestas concretas de cambio conceptual (32); Precisiones, revisiones y críticas del cambio conceptual (33)
4.2 Modelo de enseñanza por investigación. 34
4.3 Resolución de problemas como investigación. 35
4.4 Orientaciones didácticas fundamentadas en procedimientos científicos. 37
Distinción entre el método inductivo e hipotético-deductivo (37); Búsqueda intencionada de actividades que puedan ser desarrolladas mediante algún procedimiento del método científico (38); Creación de actividades estructuradas a modo de pequeña investigación (38); El problema es un recurso didáctico útil (39); El método científico como método para evitar el dogmatismo en la enseñanza de las Ciencias (39); Las exigencias didácticas de la experimentación (40); Considerar los errores de los alumnos como un recurso didáctico útil (40)
5 Limitaciones de la analogía "el alumno aprendiendo como el científico". 41
5.1 Diferencias entre el plano del conocimiento científico y el del alumno. 41
Entre las concepciones de los alumnos y las aparecidas a lo largo de la historia de la Ciencia (41); Entre la génesis de las ideas y los métodos de producción de éstas (42); Entre contenidos conceptuales objeto de enseñanza y los "contenidos" del alumno. (42); En los procedimientos para interpretar los datos empíricos y en los utilizados para dar soluciones a problemas planteados (43)
5.2 La necesidad de una acomodación didáctica. 43

3 FUNDAMENTOS DIDÁCTICOS DESDE LA PERSPECTIVA DEL CONOCIMIENTO DEL ALUMNO. 45
1 Introducción. 45
2 La propuesta de aprendizaje significativo de Ausubel. 45
3 Propuestas didácticas desde la perspectiva piagetiana. 46
3.1 Orientaciones didácticas fundamentadas en la teoría de Piaget. 47
Intensificar y diversificar las interacciones del alumno con situaciones y objetos tanto cotidianos como novedosos, ligados al contenido objeto de enseñanza (47); Diferenciar y enfatizar el significado del contenido a enseñar frente al significante. El primero, ligado a los esquemas, requiere mayor tiempo de aprendizaje (47); Margen de permisividad para dar cabida a tanteos, pruebas, rectificaciones, etc ya que la adquisición de nuevos conocimientos no tiene carácter lineal (48); Adecuación del nivel de exigencia de los procedimientos implicados en la enseñanza a las posibilidades y limitaciones cognoscitivas del alumno (48); Poner en juego la variabilidad de los

distintos factores que intervienen en las actividades, tanto a nivel figurativo como estructural, en una diversidad de situaciones específicas (49); Diseñar actividades en un contexto de enseñanza expectante que logre desequilibrios y reequilibrios en los esquemas cognoscitivos del alumno (50)

3.2 Implicaciones didácticas neopiagetianas. 53

Aprendizaje relacionado con los esquemas específicos (56); Aprendizaje relacionado con los esquemas operatorios (56); Aprendizaje relacionado con la memoria a corto plazo y con la dependencia-independencia de campo (57)

3.3 Conclusiones para la enseñanza de Ciencias. 58

4 Análisis crítico de los fundamentos de la perspectiva cognoscitiva. 58

4.1 Análisis crítico de la teoría de Ausubel. 58

4.2 Análisis crítico de la teoría de Piaget. 59

El contenido es tan determinante como la estructura lógica de una tarea (59); Críticas sobre los estadios (60); El entramado piagetiano tiene carácter descriptivo (60); La teoría de Piaget está formulada en términos tan vagos que es imposible falsarla (60); La descripción del pensamiento natural en términos de estructuras lógicas no es la más adecuada (60); Muchas críticas que se hacen a Piaget poseen poco fundamento o están mal documentadas (60); No hay una argumentación crítica suficientemente valida que aconseje abandonar el trabajo de Piaget que, aunque criticable, merece aunar esfuerzos para su continuidad (61)

5 Conclusiones sobre los fundamentos de DCE. 62

5.1 Análisis crítico a las propuestas didácticas fundamentadas desde la perspectiva del conocimiento científico. 62

5.2 Análisis crítico a las propuestas didácticas fundamentadas desde la perspectiva del conocimiento del alumno. 63

5.3 Aspectos complementarios entre propuestas desde la perspectiva científica y cognoscitiva. 64

4 INFORMACIÓN A OBTENER EN EL ALUMNO DE INTERÉS DIDÁCTICO. 65

1 Introducción. 65

2 Dependencia entre objetivos de enseñanza, información requerida del alumno y rentabilidad didáctica. 66

2.1 Diferencias entre memorizar, comprender y asimilar. Implicaciones didácticas. 66

2.2 La información requerida del alumno depende de los contenidos y objetivos de la enseñanza de las Ciencias. 67

3 Terminología para referirse al conocimiento del alumno sobre los contenidos objeto de enseñanza. 68

4 Información requerida del alumno desde la perspectiva del conocimiento científico. 69

5 Información requerida del alumno desde la perspectiva de su cognición. 71

5.1 Desde el aprendizaje significativo ausubeliano. 71

5.2 Desde la adquisición cognoscitiva según la teoría de Piaget y las apreciaciones neopiagetianas. 71

6 El problema para determinar qué información se necesita tomar del alumno y qué hacer para obtenerla. 72

6.1 ¿Interesa conocer del alumno "lo que sabe" sobre el contenido a enseñar?. 73

La mayoría de los trabajos sobre concepciones buscan "lo que el alumno sabe" sobre el contenido objeto de enseñanza (73)

6.2 El problema de delimitar "lo que el alumno sabe" desde el contenido de enseñanza. 74

Una clave del problema: las diferencias entre el conocimiento del alumno y del científico (74); Otra clave del problema: el carácter evolutivo de las diferencias entre el conocimiento del alumno y el académico (76); La valoración e interpretación de los datos depende del entramado teórico que se utilice (78); Necesidad de descentrarse del punto de vista que ofrece el contenido objeto de enseñanza (79)

6.3 Las razones para tomar la Epistemología Genética como el nuevo referente. 79

La teoría de Piaget ofrece las mayores garantías para conseguir los objetivos propuestos (80); La teoría de Piaget ofrece las orientaciones más adecuadas para acercarse al alumno evitando sesgos y distorsiones (81)

7 Origen y organización de las concepciones desde la perspectiva piagetiana. 83

7.1 Conductas de adaptación del sujeto al medio inducidas por sus interacciones. 83

Interacciones relacionadas con el campo gravitatorio terrestre (84); Interacciones relacionadas con el movimiento (85); Interacciones relacionadas con la inercia (85); Interacciones relacionadas con la consistencia de los objetos (85)

7.2 Los esquemas cognoscitivos como unidad de organización del conocimiento del sujeto. 85

Constitución de los esquemas (86); Problemas en los procesos de asimilación y acomodación (87); Los elementos integrantes de la estructura cognoscitiva (87); El constructo "esquema cognoscitivo"

interpreta de un modo más exitoso la organización del conocimiento del alumno que como lo hacen las nociones "idea previa", "concepción" o "idea errónea" (88)
8 Posible información a obtener en el alumno de interés didáctico. 88
9 Orientaciones fundamentadas para buscar información en el alumno de interés didáctico. 90
9.1 Distinción funcional del significante y el significado en la actividad cognoscitiva. 91
Orientación nº 1 (91); Orientación nº 2 (92)
9.2 La importancia de la acción del sujeto sobre el medio en la constitución de los esquemas cognoscitivos 92
Orientación nº 3 (93); Orientación nº 4 (93)
9.3 Mecanismos cognoscitivos en el proceso de equilibración. 93
Orientación nº 5 (94)
9.4 Los mecanismos cognoscitivos del pensamiento operatorio. 95
Orientación nº 6 (95); Orientación nº 7 (96)
9.5 Los mecanismos cognoscitivos de las relaciones causales. 96
Orientación nº 8 (96); Orientación nº 9 (97)
10 Sugerencias prácticas para el diseño de un cuestionario siguiendo las orientaciones fundamentadas 97
10.1 Acercamiento al sistema cognoscitivo del sujeto evitando sesgos y distorsiones. 97
Elección de situaciones físicas (99); Formulación de cuestiones (100)
10.2 Criterios de significación y estabilidad. 101
10.3 ¿Qué se pretende delimitar del sujeto? Categorización de datos. 103
11 Cuestionario para la detección de esquemas explicativos sobre situaciones de equilibrio mecánico siguiendo las pautas metodológicas marcadas anteriormente. 104

5 LECTURAS COMPLEMENTARIAS. 115
1 Principios y fines de la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE). 115
2 Propuesta curricular para la Enseñanza del Medio Natural en Educación Primaria. 116
2.1 Principios y objetivos de la enseñanza del Medio Natural en Primaria. 116
2.2 Orientaciones metodológicas para la enseñanza del Medio Natural en Primaria. 118
3 Propuesta curricular para la Enseñanza del Medio Natural en Educación Secundaria. 122
3.1 Objetivos generales de la ESO para el área de las Ciencias de la Naturaleza. 123
3.2 Orientaciones metodológicas de la ESO para el área de las Ciencias de la Naturaleza. 125
4 Nociones básicas sobre la teoría de Piaget. 128
4.1 Sobre el papel de la acción en el desarrollo de la inteligencia, su relación con la percepción. 128
4.2 Distinción entre pensamiento figurativo y operatorio, entre significantes y significados. 130
4.3 La imagen mental. 130
4.4 El lenguaje. 131
4.5 El paso al pensamiento operatorio: descentramiento, abstracción empírica y reflexiva. 132
4.6 Mecanismos cognoscitivos en las explicaciones de los alumnos. 133
4.7 Las conductas tipo , ß y j en los procesos de equilibración. 135
5 Planteamientos neopiagetianos ligados al procesamiento de la información. 136
5.1 Teoría de los operadores constructivos de Pascual-Leone. 137
5.2 La teoría de los automatismos de Case. 139
5.3 Comentarios acerca de los neopiagetianos. 140
6 Un modelo para aglutinar las tendencias específicas y generales de la cognición del alumno. 140
6.1 La teoría de Piaget es poco sensible al contenido específico de la tarea. 141
6.2 La importancia de las variables físicas de la tarea. 143
6.3 Los esquemas cognofísicos. 145
6.4 Explicación de los desfases. 147
7 Experimentos piagetianos. 148

6 BIBLIOGRAFÍA. 179

Prefacio

Algunos meses después de finalizar la licenciatura en Ciencias Físicas (Sevilla, Junio'77), el punto de vista que se mantenía en un artículo sobre un modo de enseñanza -diseñar procesos de enseñanza acomodándolos a las peculiaridades cognoscitivas del alumno (Moreno, M. 1977. La aplicación en la escuela de la teoría de Piaget: la pedagogía operatoria. Cuadernos de Pedagogía, nº27, pp. 8-9)- choca frontalmente con el "estilo universitario" más centrado en la comunicación del mensaje bien estructurado, coherente y sin errores en donde subyace que "lo que es bien enseñado debe ser bien aprendido".

El interés por este punto de vista me llevó a conocer el trabajo piagetiano y de ahí, a conocerle personalmente, intención que desgraciadamente se vio frustrada a causa de su última enfermedad.

Poco a poco, los contenidos científicos de mi formación universitaria, van dando paso a otros sobre enseñanza de las Ciencias, el espacio cognoscitivo que van dejando los primeros -que quedan reducidos al nivel de la mecánica Newtoniana- es ocupado paulatinamente por otros de índole didáctico.

Este proceso de "cambio conceptual y procesual" está jalonado por trabajos que explicarían dicha transformación cognoscitiva:

- En el curso 78-79 realizo estudios sobre la "Evolución de la comprensión de los fenómenos físicos en el niño", con los que se pretendía describir las concepciones de los alumnos de E.G.B (de 2º a 8º) en dos ramas de la Física: Mecánica y Óptica. La experiencia de éste trabajo se aprovechó para diseñar el del año siguiente "Evolución de los conceptos y estructuras explicativas de los fenómenos físicos por estadios de conocimiento" en el que, además de centrarse sólo en Mecánica, se intenta describir y precisar la evolución de las concepciones dividiendo la muestra según su nivel cognoscitivo.
- En el curso 80-81 se llevó a cabo un nuevo trabajo "Análisis crítico del aprendizaje de los conceptos físicos en los libros de texto de E.G.B" en el que se trabaja con dos nuevos conceptos: los indicadores pedagógicos (I.P) y los indicadores para la confección de actividades (I.C.A); tanto unos como otros, son orientaciones fundamentadas en la teoría de Piaget para la toma de decisiones didácticas en la búsqueda de concepciones, en el primer caso, en la enseñanza en el segundo. En el 82 dichos indicadores pasan a denominarse criterios de actuación didáctica (C.A.D).
- Fruto de la actividad docente en la formación de profesorado de E.G.B se van diseñando, además de los CADs, nuevos materiales didácticos que finalmente son publicados (Marín, N. 1991. Criterios de Actuación Didáctica), entre los que cabe destacar:
  - e En el curso 86-87, ante la imposibilidad de evaluar al alumno ciertas destrezas y habilidades referentes al método científico, y utilizando básicamente la idea de que dicho método es fundamentalmente una herramienta y como tal es más útil aprender a utilizarla que a reconocerla descriptivamente, desarrollé una ficha donde el alumno realiza una pequeña investigación.
  - e En el curso 87-88, se enfatizan los aspectos procesuales secuenciando los contenidos de "Didáctica del área de experiencia" mediante una nueva estrategia: dando prioridad a la adquisión de destrezas para diseñar actividades, cada contenido teórico es aplicado inmediatamente después de su exposición en la mejora de dicha ficha. Este continuo vaivén entre teoría y practica mejora la comprensión de la teoría y las habilidades para el diseño de actividades.
  - e En el curso 89-90 se definen un conjunto de criterios de actuación didáctica deducidos de los procedimientos científicos y de algunos aspectos de la filogénesis de la Ciencia, que vienen a complementar las orientaciones didácticas fundamentadas en la Epistemología Genética.
- Entre el año 90 y 94, el trabajo de investigación llevado a cabo para el doctorado supone una actualización y profundización en temas ligados con el aprendizaje de Ciencias desde una perspectiva cognoscitiva.

  Este nuevo material, necesariamente transformado para adquirir su aspecto más didáctico, es utilizado en un buen número de cursos de actualización del profesorado, lo que ha servido para ir precisando, limando aspectos de difícil comprensión, complementando argumentos con otros más asimilables, etc: el producto que ha resultado de este proceso forma parte de la mayor parte de los contenidos del capítulo 3.

Las anteriores elaboraciones, junto con otros contenidos propios de este dominio, configuran los Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

La propuesta didáctica que aquí se mantiene, intenta dar respuestas -desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales- a las demandas educativas de la LOGSE, presentando una serie de orientaciones didácticas bien fundamentadas.

Reducir la formación del profesional de la enseñanza a un compendio de técnicas, recursos y otras "recetas", hace más que probable, debido al carácter particular de éstas, que el horizonte de su actuación didáctica esté marcado por los libros de texto.

Es necesaria una formación fundamentada -aunque no sería el único requisito- si se pretende que el futuro docente sepa acomodar la enseñanza a las peculiaridades del entorno social y natural y a las características cognoscitivas del alumnado, resolver los problemas del aula de forma fundamentada, transformar la realidad social para que esté más de acuerdo con una sociedad con intenciones democráticas, etc.

Ahora bien, conocer o comprender un conjunto de orientaciones didácticas para la enseñanza de las Ciencias no lleva necesariamente a la formación de un docente con las capacidades anteriormente referidas, también se requiere que sean integradas en su bagaje cognoscitivo de modo que puedan ser aplicadas como herramientas didácticas a las peculiariades de cada situación docente.

Así pues, los contenidos que aquí se presentan aportan la componente declarativa (el para qué, el cómo y el por qué de la actuación docente) para la formación del enseñante de Ciencias; la correspondiente componente procesual (ligada a la actuación docente en sí) se hace viable cuando, además, dichos contenidos son adquiridos con una metodología didáctica, que no es otra que la que aquí se propugna utilizar.

Prólogo

La brevedad de espacio que suele requerir el prólogo de cualquier libro -salvo que se pretenda elaborar una segunda versión del mismo- impide en gran medida sintetizar el perfil humano y de elaboración del contenido que subyace en toda obra que tiene realmente algo nuevo que aportar, y este es un buen ejemplo de la aseveración anterior.

El autor de este manual representa en gran medida lo que su obra a lo largo de casi veinte años: perseverancia en las ideas y profundidad de pensamiento. En efecto, desde que conocí a Nicolás Marín hace ya unos diecisiete años, he asistido a una trayectoria que en cierta forma se asemeja a la de un gran río: impulsivo y erosivo en su nacimiento, y con caudal y sedimento en su curso medio. En los inicios de los años 80 nos unía el interés común por la Didáctica de las Ciencias Experimentales y bebíamos con una gran avidez en toda posible fuente de conocimiento, convencidos de su validez social y científica; de cualquier modo algo nos diferenciaba, él, un piagetiano convencido -y muchas veces convincente- filtraba esa información con sus "esquemas piagetianos", aunque a fuer de ser sinceros, lo hacía en una época en que ser seguidor de Piaget era una tarea llevadera.

Los años fueron transcurriendo veloces y otros modos de constructivismo -en especial el denominado movimiento de las concepciones alternativas- fueron adorados, cual becerro de oro, por la gran mayoría de los que trabajábamos en Didáctica de las Ciencias. A pesar de ello, Nicolás Marín seguía "torturándonos" con sus exposiciones públicas en la misma línea de pensamiento y atravesando su particular vía crucis con la obra de Piaget a cuestas. En esta etapa prosiguió incansable su quehacer investigador que culminó en una depurada tesis doctoral, a la que tuve la suerte de asistir como miembro del tribunal. A partir de entonces se han ido sucediendo valiosas publicaciones, siendo ésta la última muestra de esa línea ascendente.

A mi juicio, la Didáctica de las Ciencias Experimentales se halla en un momento crucial de su breve pero intensa historia. Por una parte, le asisten poderosas razones para existir y desarrollarse, esencialmente de corte social: la Ciencia y la Tecnología van impregnando nuestras vidas de un modo creciente (Internet, eficiencia energética, SIDA, etc.) y se hace preciso formar a ciudadanos con un mínimo criterio y responsabilidad para enfrentarse a esa invasión. Por la otra, a pesar de las sucesivas reformas educativas, el cambio de la enseñanza de las Ciencias en las aulas es más teórico que real. La Didáctica de las Ciencias Experimentales está llamada a salvar ese abismo y para ello debe clarificar aspectos esenciales de su propia identidad: ¿qué debe enseñarse a los alumnos?, ¿cómo adecuar la enseñanza a la forma en que aprenden los alumnos?, ¿cómo evaluar los conocimientos adquiridos?, ... En concordancia con mis afirmaciones anteriores, algunos de estos interrogantes se han intentado responder con un espíritu ingenuo, si no superficial, que ha conducido a muchos investigadores a hacerse seguidores de las tendencias en vigor cuales fans de un artista en la cima de su fama.

Como contrapunto a esta postura dúctil y cómoda, tenemos el libro que me ha tocado en suerte presentar. Su contenido cubre un hueco de dimensiones considerables, por cuanto resultan muy escasos los estudios con sus características. Se analiza el status actual de la Didáctica de las Ciencias Experimentales y se hace con rigor y profundidad, no exentos de un espíritu crítico, tanto hacia la propia obra de Piaget como, y muy especialmente, hacia las variantes constructivistas fundamentadas desde la perspectiva científica, que se ven de esta forma despojadas de gran parte de sus ornamentos e integradas en un contexto explicativo del aprendizaje más amplio. Pero el autor no se queda sólo en esa tarea de desmenuzamiento teórico de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, sino que desarrolla una sugerente alternativa para la interpretación del conocimiento del alumno y establece pautas a seguir en la obtención de esa información dotadas de una gran riqueza de matices, en contraste con el escaso celo metodológico que a veces asiste a los autores de los estudios de investigación que hoy día ven la luz.

El resultado de todo ello es un libro denso, difícil en ciertos pasajes -aunque sin llegar nunca a los extremos de los escritos del propio Piaget-, reiterativo en algunos de sus párrafos -lo que ayuda al lector menos introducido en el tema-, de un gran interés para los investigadores -noveles o no- y que aporta sin duda un importante escalón en la lenta ascensión hacia la construcción de una disciplina tremendamente necesitada de iniciativas como la que aquí se ha visto brillantemente plasmada.

F. Javier Perales Palacios

Director del Departamento de Didáctica

de las Ciencias Experimentales de la

Universidad de Granada

Glosario

Modelo de cambio conceptual. CC
Criterios de actuación didáctica. . . . . CAD
Didáctica de las Ciencias Experimentales. . . . . DCE
Didáctica de las Ciencias. . . . . DC
Diseño Curricular Base. . . . . DCB
Formación del Profesorado. . . . . FP
Formación Inicial del Profesorado. . . . . FIP
Historia y Filosofía de las Ciencias. . . . . HFC
Ley General de Educación. . . . . LGE
Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo. . . . . LOGSE
Ley Orgánica de Reforma Universitaria. . . . . LRU
Movimiento de las concepciones alternativas. . . . . MCA
Perspectiva del conocimiento científico. . . . . PCC
Perspectiva del conocimiento del alumno. . . . . PCA
Relaciones Ciencia, Técnica y sociedad. . . . . CTS

El presente trabajo ha sido financiado
parcialmente por la DGICYT como parte del
proyecto PS93-0174 del Programa Sectorial de
Promoción General del Conocimiento

CAPÍTULO 1

DOMINIO DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

1 Introducción

Por la peculiaridad de sus contenidos y sus incidencias sociales, la enseñanza de las Ciencias ha sido objeto de continua atención, tanto por parte del sistema educativo como por las investigaciones educativas.

A pesar de esta insistencia, las distintas estrategias didácticas nunca han dado los resultados apetecidos -tal es la dificultad de esta enseñanza-; la enseñanza por objetivos operativos, la enseñanza por descubrimiento de inspiración piagetiana y la reciente propuesta de cambio conceptual, son ejemplos que inicialmente levantaron unas expectativas no acompañadas por los resultados académicos esperados, aun así, lejos de declinar las investigaciones en este dominio, se han multiplicado, especialmente en los últimos 15 años.

Partimos pues del supuesto de que la enseñanza de las Ciencias es difícil y exigente: se sabe que la buena adquisición de muchos contenidos científicos requiere un lento proceso de cambio de puntos de vista y éste sólo es posible si el alumno lo admite y desea, las adquisiciones procesuales requieren de materiales para llevar a cabo procedimientos de observación, experimentación, verificación, etc, es preciso conocer los esquemas espontáneos ya que el alumno los utiliza como cimientos en sus construcciones cognoscitivas, en las que el docente sólo puede intervenir indirectamente.

Las condiciones reales docentes no dan todo el espacio que necesita la enseñanza de las Ciencias, pero también es cierto que estas limitaciones no deberían servir para justificar "la enseñanza de siempre" y rechazar una buena enseñanza de Ciencias; sólo el conocimiento de cómo se debe llevar a cabo ésta, permitiría obtener los resultados más satisfactorios posibles entre los que se quisieran obtener y los que actualmente se obtienen.

2 Dominio y estatus de la Didáctica de las Ciencias Experimentales

Las investigaciones especializadas que abordan cuestiones y problemas que entran dentro del dominio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, normalmente hacen referencia a ésta con términos como "Didáctica de las Ciencias" "Enseñanza de las Ciencias" o "Educación en Ciencias" (véase por ejemplo, Burbules y Linn, 1991; Gil, 1994a; Moreira, 1994; Hodson, 1994).

Por lo general, "Educación en Ciencias" es la nomenclatura más utilizada por los anglosajones, mientras que "Didáctica de las Ciencias" (abreviadamente DC) es más frecuente en el continente europeo (Gil, 1993b). Será esta última la que se utilice con mayor frecuencia para referir a este dominio y, de un modo más restringido, "Didáctica de las Ciencias Experimentales" (DCE), por ser de este modo como se domina a nivel universitario a esta área de conocimiento.

Además, mientras que en nuestro país la DCE está usualmente asociada a la formación inicial

del profesorado de Primaria, la DC se utiliza en contextos de enseñanza más amplios: desde la educación primaria hasta la universitaria y desde la formación inicial del profesorado hasta la permanente (Furió y Gil, 1989).

Valgan estas aclaraciones para abordar de un modo más amplio y documentado la delimitación de este dominio.

La DC es un dominio de conocimiento con unas características que quedan lejos de las que poseen otras disciplinas, como pudiera ser, por ejemplo, la Física, que por un lado, posee una alta coherencia y capacidad de previsión respecto al plano de los hechos y, por otro, la mayor parte de su cuerpo de conocimientos está consensuada, de manera que el entramado conceptual correspondiente posee un significado unívoco para toda la comunidad científica. Esta convergencia conceptual, hace posible mayores progresos del cuerpo de conocimientos que si éste no está tan consensuado (Bunge, 1981).

No hay acuerdo para establecer cuál es el verdadero estatus de la DC, así existen autores -principalmente aquellos alineados dentro del movimiento de las concepciones alternativas (MCA)- que admiten una respuesta afirmativa (Gil, 1993a; Furió, 1994; Hodson, 1992; Matthews, 1990), otros hacen alusión a la diversidad de planteamientos iniciales, metodologías, contextos teóricos, etc, para concluir que la DC está en una fase constituyente y que falta mucho para llegar a poseer un cuerpo de conocimientos consensuado.

Concretamente, estos dos puntos de vista se pueden establecer del siguiente modo:

- La DC es un cuerpo de conocimiento coherente y específico relativo a aspectos y problemas relacionados con la enseñanza de las Ciencias.

  Fruto de una multitud de investigaciones específicas de este dominio, llevadas a cabo desde comienzos de los 80 hasta hoy, se puede decir que la Didáctica de las Ciencias es un cuerpo de conocimientos en el que se integran coherentemente los distintos aspectos relativos a la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias (Hodson, 1992). La DC es un campo específico de conocimientos y no sólo la suma de contenidos de asignaturas científicas y de psicopedagogía (Mellado y Carracedo, 1993).

  En este sentido, existe una comunidad científica que tiene como campo de investigación los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, con numerosas revistas específicas, departamentos universitarios, realización de congresos, etc (Gil, 1993a).

- La DC es un campo en formación, tanto a nivel internacional como en nuestro país, con ello se quiere indicar que aún falta bastante camino por recorrer, de modo que sin disponer todavía de soluciones para los problemas de aprendizaje de las Ciencias, estamos en situación de poder plantear estos problemas en términos adecuados (Jiménez Aleixandre, 1992a).

  Existe una diversidad de planteamientos iniciales, metodologías, contextos teóricos, etc, (Abimbola, 1988; Gunstone y Watts, 1989; Hewson, 1990; Pozo, 1993; Moreira, 1994) que no permite hablar de un cuerpo de conocimientos coherente y consensuado, de modo que lo más acertado es tomar la propuesta didáctica más acertada según el contenido y contexto de enseñanza (Aliberas y otros, 1989a).

En el área en que se suele fundamentar las propuestas didácticas tomando como referencia las distintas Epistemologías de las Ciencias parece existir cierto efecto acumulativo (véase Hodson, 1992; Gil, 1993a, Gil, 1994a), aunque otros autores que trabajan en este mismo campo resaltan la existencia de divergencias debido precisamente a la diversidad de propuestas para racionalizar la historia de las Ciencias (Sebastia, 1989b; Matthews, 1994a; Duschl y Gitomer, 1991).

Analizando el supuesto grado de coherencia que ha tomado el cuerpo de conocimientos de la DC, no parece ser muy alto cuando no se aprecia efecto de progresión en el área más investigada de este dominio como es el de la delimitación y catalogación de concepciones o ideas previas del alumnado sobre contenidos específicos de Ciencias (Gil, 1994a; Moreira, 1994).

En efecto, muchos autores han denunciado el que se haya llegado a una "sensación de techo", donde poco parece haberse avanzado desde comienzos de la década de los 80 hasta ahora (Millar, 1989; Strike y Posner, 1990; Hewson, 1990; Abimbola, 1988; Marín y Benarroch, 1994; Marín y Jiménez Gómez, 1992; Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994).

Sin embargo, a pesar de que sobre el problema de las concepciones del alumno queda mucho por hacer (Pozo, 1993; Gil, 1994a), actualmente se está pasando a nuevos problemas como son, por ejemplo, el considerar en la enseñanza de las ciencias las relaciones de éstas materias con la técnica y la sociedad (CTS) o el estudio de las epistemologías y actitudes científicas de los profesores y su incidencia en la actuación docente (véase Gil, 1994a), sin haber llegado a soluciones más o menos satisfactorias.

¿Se puede decir, por tanto, que la DC es un cuerpo de conocimientos coherente y consensuado?

Actualmente, a pesar de la ausencia de paradigmas estables y consensuados, en el seno del dominio de la DC se han llevado a cabo continuas aportaciones en los últimos 15 años a través de una gran cantidad de trabajos, tanto desde el marco del MCA (véase revisiones de Carmichael y otros 1990 y Confrey, 1990) como fundamentados en los trabajos piagetianos y neopiagetianos (por ejemplo, Lawson y otros, 1993; Lawson, 1993a; Roth, 1990; Monk, 1990; Niaz, 1991a; Shayer y Adey, 1984; Shayer y Adey,

1992a; Shayer y Adey, 1992b; Shayer y Adey, 1993), que ha generado un cuerpo de conocimientos relativamente amplio, con el suficiente grado de coherencia como para que exista una comunicación fluida, no carente de discrepancias y divergencias, entre los especialistas del área.

Es posible hacer una aproximación a la delimitación de las fronteras del área de conocimiento de la DCE a través del contenido de los artículos que se publican en revistas de gran impacto internacional relacionadas con el área, como son International Journal of Science Education, Journal of Research in Science Teaching, Science Education y, en nuestro país, Enseñanza de las Ciencias.

Una parte significativa de estos conocimientos, los fundamentos de la DCE, se intenta reflejar aquí de un modo articulado y crítico.

3

Objeto de estudio, objetivos y problemas de la Didáctica de las Ciencias Experimentales

La DCE tiene por objeto de estudio los procesos implicados en la enseñanza de las Ciencias Experimentales, de su aprendizaje y la relación entre dichos procesos (Jiménez Gómez, 1994). Los problemas que son propios de esta disciplina son aquellos suscitados en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias (Jiménez Aleixandre, 1992a).

Su campo de actuación es un sistema activo y dinámico, formado por tres elementos principales: el saber científico objeto de enseñanza, el sujeto que aprende, y el profesor que coordina la interacción del alumno con dicho saber (Brouseau, 1987; Artigue y Douady, 1986).

Una mayor precisión sobre cuál es el objeto de estudio de la DCE pasa por establecer claras distinciones entre:

- Enseñar y aprender. Aunque los problemas que conlleva no distinguir entre enseñanza y aprendizaje suelen darse más en el plano práctico de la actividad docente que en el conceptual (Marín, 1991). Es importante tener presente de un modo explícito que un contenido bien enseñado no supone un buen aprendizaje por parte del alumno, puesto que lo primero es tan sólo una condición necesaria para lo segundo, ya que el sistema asimilador del alumno no está necesariamente vinculado a los contenidos de enseñanza (Marín, 1995).
- Una ciencia de referencia consensuada en el seno de la comunidad científica, otra que es objeto de enseñanza y una última que es la que el alumno aprende. El proceso que tiene lugar desde "el saber" científico hasta el que aprende el alumno, y que pasa por el contenido objeto de enseñanza, Chevallard (citado por Martinand, 1986) lo ha llamado transposición didáctica. El cuerpo de conocimientos científicos es filtrado por la estructura cognoscitiva del profesor, después mediante un proceso de transformación didáctica éste lo transmite al alumno que a su vez filtra la información del profesor mediante su estructura cognoscitiva que es bien diferente a la anterior (Terhart, 1988). Estamos pues ante tres versiones de la Ciencia para interpretar una parcela de la realidad que es común a las tres.
- Los contenidos de Ciencias objeto de enseñanza y los de DCE. Mientras que estos últimos son de índole didáctico, aunque referidos y ligados en mayor o menor grado a los de las Ciencias, los primeros, en sí mismos, no contienen la estrategia didáctica que permite su aprendizaje ya que entre éstos y la estructura cognoscitiva del alumno existe una distancia que sólo algún tipo de estrategia didáctica puede salvar, aunque sea tan sencilla como una exposición verbal o escrita del contenido.

  Usualmente las pretensiones de la enseñanza de las Ciencias son algo más que una exposición de contenidos conceptuales, entonces las estrategias de enseñanza deben tener un tratamiento didáctico más elaborado y, consecuentemente, la distancia entre contenidos de Ciencias objetos de enseñanza y los de la DC es mayor.
- Entre la enseñanza de la Ciencias que hace referencia a la acción docente y la DC que trata de dar soluciones de un modo fundamentado a los problemas que se generan tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de las Ciencias.

3.1 Los objetivos de la enseñanza de las Ciencias

Una de las tendencias actuales de la enseñanza de las Ciencias es intentar que los conocimientos adquiridos en el aula puedan ser utilizados por el alumno para resolver problemas cotidianos. Se aprecia, cada vez con mayor intensidad, la necesidad de que la enseñanza de la ciencia conlleve una componente de utilidad social, tanto a nivel de conocimientos como de actitudes (Solbes, Nebot, y Ribelles, 1993; Solbes y Vilches, 1993; M.E.C, 1989).

Por esta razón, es usual en la enseñanza de las Ciencias plantear el desarrollo de una extensa variedad de capacidades y actitudes (Furió y Gil, 1989; Furió, 1994), pero en realidad, salvo en grupos docentes más o menos puntuales, es poco frecuente enseñar en clase algo más que conceptos y teorías científicas (Jiménez Aleixandre, 1992b).

Los objetivos de la DCE se suelen referir al desarrollo, por un lado, de dos tipos de conocimientos, el declarativo y el procesual

(Lawson, 1994; Pozo y otros, 1991a) y, por otro, al campo de las actitudes.

La anterior distinción es, sobre todo, de carácter formal, ya que en un contexto real de aprendizaje, las adquisiciones declarativas, procesuales y actitudinales están interrelacionadas en base al principio de coherencia por la que se rige la estructura cognoscitiva del alumno (Marín, 1995). Los aspectos específicos y generales de la cognición están ligados (Pozo y otros, 1992), los procesos y conceptos científicos se aprenden conjuntamente (Millar y Driver, 1987) y las actitudes científicas dependen en gran medida de los procedimientos didácticos en que se ha implicado al alumno para aprender ciencia (Gil, 1993b).

Además de estos tres tipos de objetivos, bastantes autores enfatizan la importancia de que el alumno desarrolle capacidades propias del pensamiento formal (Inhelder y Piaget, 1972) como un requisito necesario para el aprendizaje de las Ciencias (Pozo, 1992; Shayer y Adey, 1984; Lawson, 1983), principalmente para lograr adquisiciones sobre conocimiento procesual, con el que presenta relaciones muy significativas (Marín, 1995).

En cuanto a las actitudes, es clásica la distinción entre actitud científica (rigor, curiosidad, honestidad, interés, etc) y actitud hacia la Ciencia (valoración del trabajo científico, imagen del avance científico, importancia de la ciencia para la sociedad, etc) (Jiménez Aleixandre, 1992b).

Consecuentemente, una de las tareas más importantes de la DCE es dar respuesta a los problemas de enseñanza y aprendizaje que se plantean al intentar la consecución de los objetivos mencionados.

En § 2.1 y § 3.1 del capítulo 5 se exponen los objetivos que establece la LOGSE para la enseñanza de las Ciencias en Educación Primaria y Secundaria respectivamente.

3.2 Los problemas de la enseñanza de las Ciencias

En tanto los objetivos que se proponen en la enseñanza de las Ciencias son más complejos, los problemas que se generan son más difíciles de dilucidar.

Estos problemas no siempre coinciden con los que frecuentemente se plantean en foros y cursillos, fruto de la actividad docente cotidiana, tales como:

- El gran número de alumnos impide poder aplicar actividades que sigan las nuevas tendencias didácticas.
- Hay alumnos "rebeldes" o con dificultades motrices o cognitivas que impiden mantener un ritmo homogéneo de enseñanza.
- La escasez de material del laboratorio impide desarrollar actividades experimentales.
- Los alumnos vienen con muy mala base de niveles anteriores.
- No es posible enseñar también contenidos procesuales ya que los contenidos conceptuales son muy numerosos y no hay tiempo para terminar el programa.

Aunque para el docente sean auténticos problemas de aula, es necesario disociar los que son de carácter administrativo o de orden de los que son propios del aprendizaje de las Ciencias, susceptibles de ser resueltos mediante investigación didáctica (Jiménez Aleixandre, 1992a).

Problemas específicos de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias, que con frecuencia son objeto de investigación en el dominio de la DCE, son:

- Las dificultades del alumnado para transferir lo aprendido en un contexto a otro distinto, en concreto la persistencia de ideas alternativas en la interpretación de fenómenos naturales.
- Encontrar las condiciones adecuadas de enseñanza para evitar la resolución de problemas de forma mecánica.
- El desarrollo de actitudes positivas (interés, curiosidad, honestidad en ia experimentación, etc.) y críticas hacia la Ciencia, superando la situación actual en la que el interés hacia la Ciencia disminuye a lo largo de la escolarización.
- La realización de trabajos prácticos que supongan una exploración por parte del alumnado, una verdadera investigación y no una aplicación mecánica de las instrucciones o de las "recetas".
- Las posibilidades de las distintas propuestas didácticas para resolver estos problemas y las técnicas para verificar experimentalmente el grado de validez y eficacia de dichas propuestas.
- La relevancia de los contenidos de Ciencias para la vida de las personas; la necesidad de contextualizar la enseñanza de la Ciencia tanto a nivel social como técnico.

Los trabajos didácticos dirigidos a resolver estos problemas ligados a la enseñanza de Ciencias, configuran un campo común de investigación que preocupa a educadores e investigadores de esta materia y, además, existen bastantes propuestas para dar soluciones desde el cuerpo de conocimientos disponibles actualmente, que sin ser definitivas, gozan de un buen grado de consenso en la comunidad integrante de este dominio.

3.3 Los métodos de la enseñanza de las Ciencias

Entre los objetivos y la metodología de enseñanza se puede establecer cierta relación de causa-efecto, así una vez establecidos los

primeros, se sabe qué modos de enseñanza harían difícil la consecución de éstos y qué orientaciones metodológicas la harían más probable, si bien, no es posible establecer relaciones precisas y unívocas ya que los factores que intervienen en el proceso de aprendizaje son múltiples, muchos de los cuales se escapan al control del docente.

Aun así, se sabe que con una enseñanza expositiva es poco probable que se pueden conseguir objetivos procesuales o que el alumno pueda asimilar los conocimientos expuestos de modo que pueda utilizarlos para comprender, explicar o prever acontecimientos cotidianos y resolver verdaderos problemas ya académicos o de su entorno.

Está bastante consensuado actualmente el hecho de que para conseguir estos últimos objetivos se requiere unas estrategias de enseñanza como las que siguen:

- Partir de los conocimientos previos de los alumnos puesto que éste los utiliza para comprender e incorporar los nuevos conocimientos enseñados. Su desconocimiento por parte del enseñante hace que existan menos garantías de poderse asimilar un buen número de contenidos objeto de enseñanza. Los conocimientos específicos del alumno permiten tomar medidas didácticas eficaces, sin embargo, existe más información del alumno de interés didáctico, relacionadas con aspectos generales de su cognición, como reglas por las que se establecen relaciones causales, destrezas manuales e intelectivas, su capacidad operatoria, etc, que permitirían tomar medidas didácticas más cercana al estatus cognoscitivo del alumno (Marín, 1995).
- El alumno debe estar motivado ya que por muy buenas condiciones de enseñanza que se establezcan, si no es así o no presta su atención, será imposible que aprenda nada (Pozo, 1992). Para ello es necesario conectar el tema con los temas de interés del alumno (aficiones, inquietudes), incitarle a hacerse preguntas, hacer de la actitud positiva del profesor un modelo para que ellos se motiven, limitar cantidad y complejidad de estímulos, focalizar la exposición en puntos de interés, etc.
- La enseñanza de aquellos contenidos de Ciencias que lo permitan debe diseñarse de modo que el alumno participe activamente en su propio aprendizaje; éste es un requisito necesario si tenemos en cuenta que el alumno construye sus conocimientos en base a los anteriores.
- Dado que la mayoría de los contenidos de Ciencias poseen una fuerte componente procesual, habría que procurar no hacer girar la actividad docente alrededor de la enseñanza de contenidos conceptuales, tan importante como ésta es la enseñanza de contenidos procesuales y los actitudinales. Los alumnos deben conocer y saber manejar los procedimientos científicos que sirven para crear nuevos conocimientos, confirmar o verificar una idea, contrastar un conjunto de hipótesis, ordenar significativamente unos datos, seriando, clasificando, poniendo en correspondencia, etc; todo lo cual, junto a los contenidos declarativos es necesario para la resolución eficaz de problemas tanto académicos como cotidianos.

En § 2.2 y § 3.2 del capítulo 5 se exponen las orientaciones metodológicas más importantes para la enseñanza de las Ciencias en Educación Primaria y Secundaria respectivamente.

4

Didáctica intuitiva frente a didáctica fundamentada

La DCE está ligada a los problemas de la enseñanza de las Ciencias y, consecuentemente, con la formación de docentes que deben impartir estas disciplinas, por tanto, es de su competencia realizar las aportaciones específicas propias de este dominio.

Si se pretende formar un docente que pueda responder ante las demandas educativas actuales, éste debería poseer, en general, las capacidades para la docencia (Marcelo, 1989; Medina Revilla, 1988; Gimeno Sacristán, 1983; Schön, 1992; Liston y Zeichner, 1991; Camacho, 1991, Pérez Gómez, 1995) como las que se dan a continuación:

1. El conocimiento adquirido debe estar vinculado a la práctica docente, utilizando para su aprendizaje situaciones y contenidos de enseñanza concretos y reales. Habría que evitar un conocimiento enciclopédico de teorías desconectadas de la práctica docente.
2. Evitar la formación de un técnico que aplica recetas didácticas de las que no conoce bien su fundamentación o procedencia (Marín, 1995), más bien se procurará una formación en base a criterios didácticos bien fundamentados que de forma reflexiva y crítica le permita elegir y evaluar la acción educativa más adecuada a la situación o contenido de cada momento, así como comprender por qué utiliza esa acción y que posibles efectos conlleva su utilización.
3. Sus esfuerzos no deben centrarse en la mera transmisión de los contenidos, sino que habría que buscar el desarrollo de otras capacidades del alumno de carácter procesual como son el razonamiento, la transferencia de conocimientos a otros contextos, las habilidades y destrezas tanto motoras como intelectuales, etc.
4. Frente a los problemas que se plantean en el aula, debe tener una actitud crítica, abordándolos de un modo científico (la DCE puede realizar importantes aportaciones en esto) y con la actitud de poseer unos criterios didácticos bien fundamentados y adecuadamente ligados a la práctica.

5. Llevar a cabo en el aula estrategias de investigación-acción como método que dé sentido global y estructurante a los distintos aspectos de su formación anteriormente señalados.

Y en particular, desde la DCE se podrían hacer importantes aportaciones en la formación de las anteriores capacidades en el futuro docente, el cual podría llegar a:

1. Conocer los contenidos de Ciencias que debe impartir:
   - A nivel conceptual, a través de una serie de mapas conceptuales que permitan una revisión general y sintética de éstos.
   - A nivel metodológico, tomar contacto con los procedimientos más usuales en la construcción del conocimiento científico.
   - Tanto a nivel filogenético (cómo llegaron a articularse coherentemente los conocimientos científicos, dónde se presentaron más dificultades, etc) como ontogenético (cómo se forma y organiza el conocimiento del alumno a partir de sus interacciones con el medio).
   - A nivel didáctico, desarrollando actividades de enseñanza para un buen número de contenidos del Medio Natural.
   - A nivel social, estableciendo relaciones entre ciencia, técnica y sociedad (CTS).
2. Tomar conciencia de sus ideas previas sobre cómo enseñar debería ser el modo coherente para iniciar su formación docente (a él se le pedirá que inicie del mismo modo su futura actividad docente). Será importante implicar al alumno en procedimientos de enseñanza-aprendizaje para que tome conciencia de sus ideas previas en enseñanza así como las posibilidades que tiene su "didáctica intuitiva" (Marín, 1991) para desarrollar actividades de enseñanza.
3. Conocer las distintas Epistemologías de la Ciencia y los tipos de aprendizaje en ciencias más usuales para deducir de un modo fundamentado distintas orientaciones y propuestas didácticas a fin de que éstas no se conviertan en meras "recetas didácticas" de las que no se conoce muy bien su razón de ser o su procedencia (Marín, 1991). Esto va a permitir al alumno un "margen de actuación didáctica" amplia y crítica, eligiendo la actuación adecuada para cada situación concreta de aula que se le presente.
4. Establecer vínculos claros entre el conocimiento teórico y las actividades prácticas de enseñanza, para ello no hay que esperar a que se terminen de impartir los contenidos teóricos para después dar los prácticos, al contrario, la interrelación teoría-práctica debe ser tal que cada aportación teórica debe considerar sus correlatos prácticos.
5. Conocer las diversas técnicas de evaluación, complementadas con otras de investigación educativa a fin de que esté posibilitado para:
   - Apreciar los avances del alumno respecto a sus ideas previas espontáneas.
   - Valorar con rigor científico los diseños de enseñanza aplicados, así como detectar en qué partes (identificación, comprensión, aplicación, resolución de problemas experimentalmente, etc) no se ha sido tan eficaz. Los datos que ofrezcan la evaluación deben servir para reestructurar las actividades adecuadamente.
   - Conociendo otras investigaciones en el dominio de la DCE, realizar réplicas acomodadas a las condiciones del aula o realizar nuevas investigaciones.

En síntesis, estas aportaciones específicas de la DCE, al estar en consonacia con el modelo de profesor que se pretende, también colaboran en la formación de aspectos de tipo general de gran importancia:

- Dado el carácter específico de la DCE, esta hace más efectiva la vinculación de la teoría con la práctica docente, utilizando para su aprendizaje situaciones y contenidos de enseñanza relativos al Medio Natural de Primaria.
- Los criterios didácticos bien fundamentados en las epistemologías científicas y en las nociones y destrezas espontáneas del alumno suponen una aportación importante en la formación de ese profesor reflexivo y crítico capaz de elegir y evaluar la acción educativa más adecuada a la situación o contenido de cada momento.
- El alto contenido procesual que posee el significado de los contenidos del Medio Natural puede ayudar eficazmente al desarrollo de capacidades de carácter procesual como son el razonamiento, la transferencia de conocimientos a otros contextos, las habilidades y destrezas tanto motoras como intelectuales, etc.
- Dado que uno de los contenidos que integra la DCE es la metodología científica, ésta colabora, quizá más que otras disciplinas de "letras" a que el futuro maestro afronte los problemas que se plantean en el aula con una actitud crítica, abordándolos de un modo científico.
- Por último, la metodología científica es un aporte fundamental para que el futuro maestro pueda llevar a cabo en el aula estrategias de investigación-acción.

4.1 Las limitaciones de la didáctica intuitiva

Es frecuente encontrar, tanto en el alumnado que inicia la formación docente, como en los enseñantes que están en activo (Gil, 1994a) una serie de concepciones espontáneas sobre cómo enseñar (Furió, 1994) generadas por la interacción con el sistema de enseñanza.

Este conocimiento sobre cómo se debe enseñar surge de las inevitables comparaciones que,

como alumnos, se hacen de los distintos modos de impartir docencia; poco a poco, de un modo más o menos explícito, se van desarrollando criterios y preferencias sobre cómo recibir o impartir enseñanza (Marín, 1991).

Cuando se solicita realizar un plan de enseñanza sobre un contenido de Ciencias cualquiera, utilizando sólo los conocimientos docentes espontáneos, aunque algunos resultados son, en términos generales, aceptables, sin embargo adolecen de algunas limitaciones respecto a los avances más actuales de la DCE, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Las actividades que se desarrollan son un compendio desligado entre sí de cuestiones o experimentos (los resultados de una actividad no se utilizan para hacer la siguiente). Se aprecia que no se han utilizado criterios iniciales para planificar el plan de actividades.
- Las actividades se formulan más como una declaración de intenciones que como propuestas concretas de acciones a realizar con materiales concretos.
- Todo parece indicar que los experimentos contienen en sí mismos la facultad de enseñar un determinado contenido o idea.
- Actividades donde hay que asociar, observar, clasificar, seriar, medir, ordenar datos, realizar inferencias, formular hipótesis, etc, son raramente utilizadas.
- Se aprecia un tipo de enseñanza centrada en la transmisión de conocimientos declarativos-conceptuales. Los contenidos procesuales y actitudinales no parecen existir.
- No se evalúa la factibilidad de las actividades teniendo en cuenta las limitaciones espacio-temporales que supone desarrollarlas en el aula.
- Los posibles recursos didácticos se imaginan ligados al contenido (hay que enseñar "de modo más claro", "realizando experimentos", "de forma más comprensiva", etc), pero desconocen recursos didácticos ligados a la metodología científica (diferentes a la experimentación) o a la construcción de nuevos conocimientos del alumno.

Llamaremos "didáctica intuitiva" a las posibilidades y limitaciones de actuación para realizar un plan de actividades sin otras orientaciones didácticas que las basadas en las ideas previas docentes o concepciones docentes espontáneas (Marín, 1991).

4.2 Necesidad de una didáctica fundamentada

La vaguedad, dispersión y falta de consenso de los criterios que conlleva la didáctica intuitiva hace que las elaboraciones didácticas (trabajos de clase, investigaciones, publicaciones, etc) basadas en la didáctica intuitiva estén muy limitadas ya que:

- A nivel docente, los problemas expuestos en el § 1.3.2 quedan lejos de ser resueltos, así:
  - Al no poner en juego procedimientos de enseñanza procesuales y actitudinales, muchos de los objetivos que plantea el sistema educativo actual quedarían sin ser cubiertos, tales como la transferencia del conocimientos, la resolución de problemas, el desarrollo de la capacidad de razonamiento, etc.
  - La falta de interrelación entre actividades refleja claramente el hecho de que no se ha empleado criterios didácticos previos para estructurar un plan, lo que reduce la efectividad didáctica del conjunto de actividades.
  - Tal y como es utilizada la experimentación y, en general, las distintas propuestas de interacción del alumno, sin más apoyos contextuales y sin que se le dé continuidad con una secuencia de actividades dirigidas a conceptualizar los datos empíricos, hace que estos recursos posean poco o nulo valor didáctico.

    Una de las condiciones para que se dé la flexibilidad y transferencia del conocimiento es que el alumno pueda experimentar con materiales y situaciones novedosas, pero la experimentación aislada no consigue estos objetivos.

  Por tanto, el docente con una formación al nivel de la didáctica intuitiva difícilmente podrá responder a demandas educativas ligadas a la solución de estos problemas.
- A nivel de investigación, la didáctica intuitiva aporta poco o nada al progreso de los conocimientos de este dominio ya que al estar apoyada en un punto de vista muy personal es difícil su aceptación o crítica por otros docentes o investigadores, con lo que no se daría el posible efecto de avance propio de todo conocimiento científico.

  Un trabajo didáctico puede colaborar en el progreso del conocimiento del dominio de DCE si está fundamentado en argumentos o criterios más o menos consensuados, esto permitiría entrar en el juego de la aceptación o rechazo de dicho trabajo.

Se podrían superar las limitaciones de la didáctica intuitiva aportando al futuro docente una serie de técnicas, recursos y sugerencias didácticas que permitieran llevar a cabo una enseñanza con más contenidos procesuales y una mayor interacción del alumno con los datos empíricos, pero esta formación quedaría nuevamente limitada si se queda en "recetas didácticas".

Llamaremos receta didáctica a cualquier medida didáctica desligada del fundamento, empírico o teórico, que permite explicar su razón de ser. Si junto a la receta didáctica se expone su fundamento o fundamentos entonces estamos en presencia de una orientación didáctica fundamentada, por ejemplo:

- Se sugiere con frecuencia en numerosos trabajos y documentos de este dominio, iniciar la enseñanza de un contenido de Ciencias tomando como punto de partida las nociones previas que sobre éste tiene el alumno. El fundamento de esta medida está en la visión constructivista sobre la formación del conocimiento. Otro problema diferente es que, como se ha expuesto en § 1.4.1, existen varios niveles descriptivos sobre el modo con que el alumno construye los nuevos conocimientos, cada uno de los cuales da pautas diferentes de actuación didáctica.
- Una medida didáctica muy consensuada es la utilización de procedimientos propios de la actividad científica para el diseño de actividades a realizar por el alumno. El fundamento, que no es el único, de esta nueva medida reside en la aceptación de que las aportaciones beneficiosas apreciadas en el progreso de las Ciencias puedan serlas también para el alumno trabajando como científico.
- Hacer que, cuando sea posible, el alumno trate de descubrir por sí mismo parcelas del contenido a enseñar, es una medida didáctica muy útil si se quiere potenciar la transferencia de conocimientos. Un fundamento de esta sugerencia didáctica se puede encontrar en la necesidad de activar el juego de la asimilación y la acomodación si se desea incorporar el nuevo conocimiento a un esquema de conocimiento del alumno.

Las orientaciones didácticas así construidas configuran una "didáctica fundamentada" con indudables ventajas sobre la didáctica intuitiva y la que se guía por recetas didáctica, las cuales se derivan principalmente de su carácter fundamentado.

Una analogía culinaria podría ilustrar estas ventajas: conocer varias recetas da la posibilidad de realizar con ciertas garantías de éxito los platos correspondientes, pero conocer además el fundamento de estos buenos resultados relacionado con la combinaciones de alimentos, tiempos de cocción, condimentos, etc, permitiría realizar otros platos sustituyendo algunos ingredientes que no se disponen en el momentos o crear nuevos que se adapten a los productos alimentarios de otro lugar.

De igual modo la didáctica fundamentada aporta un conjunto de criterios flexibles para acomodar con conocimiento de causa las acciones docentes a las peculiaridades del alumno, del aula y del entorno social y económico, de modo que sabiendo que la formación del enseñante depende no sólo de los contenidos declarativos sino de la metodología empleada para enseñarlos, posibilitaría en éste:

- Apreciar y superar con criterios bien fundamentados las limitaciones didácticas que conllevan determinadas creencias sobre cómo enseñar (Furió y Gil, 1989; Baena Cuadrado, 1993; Calatayud y Gil, 1993; Furió, 1994; Gil, 1994a).
- Alcanzar más eficazmente objetivos de enseñanza tales como la adquisición de destrezas y actitudes y la transferencia de conocimientos y habilidades más allá del contexto de aprendizaje para resolver nuevos problemas, principalmente los cotidianos.
- Realizar previsiones aceptables según la estrategia didáctica aplicada, en base al conocimiento de las capacidades y limitaciones del alumno sobre los conocimientos declarativos y procesuales de los contenidos de Ciencias que se le van a enseñar (Shayer y Adey, 1984).
- Afrontar los problemas de la enseñanza de las Ciencias, buscando soluciones con conocimiento de causa en base a los supuestos mecanismos que el alumno pone en juego para adquirir los distintos contenidos (Jiménez Aleixandre, 1992a).

En definitiva, responder a las demandas educativas actuales marcadas por la LOGSE.

Esta didáctica fundamentada no es otra que la que mantiene de un modo más o menos consensuado la comunidad de docentes e investigadores ligada al dominio de conocimiento de la DCE, ya que la norma es que las propuestas didácticas se hagan de un modo fundamentado.

Además, a nivel de investigación, mejora la comunicación de cualquier elaboración didáctica al apoyarse en argumentos más consensuados, con lo que puede colaborar al progreso del cuerpo de conocimientos de la DCE.

Habría que precisar que la didáctica fundamentada no está en la actualidad totalmente consensuada -existen propuestas que gozan de alto grado de consenso, mientras que en otras éste es más reducido e incluso algunas están rodeadas de cierta polémica-, por lo que se puede decir que estamos ante una disciplina en fase constituyente (§ 1.1).

Quizá la didáctica fundamentada habría que plantearla como una cuestión de grados entre la didáctica intuitiva y las propuestas didácticas más consensuadas (no necesariamente las de una elaboración más fundamentada).

4.3 Estrategia para la formación de docentes: de la didáctica intuitiva a la fundamentada

Aunque con posibilidades didácticas limitadas, parece lógico considerar las ideas previas docentes como punto de partida para la formación del enseñante, desde este punto de vista, dicha formación supondría establecer las condiciones necesarias para producir el "cambio didáctico" desde dichas ideas previas sobre cómo enseñar, hacia posturas didácticas más consensuadas en la comunidad de investigadores de este dominio (Carnicer y otros, 1993). Este modo de proceder se encuentra bastante consensuado entre los distintos autores que

trabajan en este tema (Furió, 1994; Gil, 1991; Baena Cuadrado, 1993).

Existen buenas razones para aplicar el anterior procedimiento en la formación del docente, así:

- Hacer que el alumno tome inicialmente conciencia de sus limitaciones didácticas para ir paulatinamente adquiriendo nuevas herramientas didácticas que permiten superarlas, además de motivador, hace más viable la aplicación de dichas herramientas el contexto docente.
- Si el docente en formación aprecia que se ha aplicado sobre él mismo una medida metodológica que se le sugiere utilizar como futuro enseñante, es más factible que la utilice.

5 Revisión de los fundamentos y tendencias actuales en Didáctica de las Ciencias Experimentales

Actualmente la DCE está dominada fundamentalmente por la visión constructivista de la enseñanza en la que básicamente se mantiene que el alumno construye activamente nuevos conocimientos por interacción de éstos con los ya adquiridos anteriormente, de ahí la importancia de las ideas que posee el alumno previas al proceso de enseñanza. Algunos argumentos de relevancia sobre este punto de vista son los siguientes:

- Es imposible comprender nada nuevo sin la presencia de un esquema al cual asimilar dicha información (Pozo y otros, 1991a). En psicología cognoscitiva está muy consensuada esta idea.
- Las concepciones constituyen esquemas activos que actúan dinámicamente como "modos de ver" la realidad y que, a su vez, son utilizados por el alumno para construir un conocimiento posterior (Driver, 1988).
- El aprendizaje significativo se da cuando el contenido a enseñar está relacionado de modo sustancial con lo que el alumno ya sabe, de modo que la nueva información se asimila en los inclusores relevantes que existen en la estructura cognoscitiva (Ausubel, 1982; Novak, 1982).
- En el modelo de cambio conceptual propuesto por Hewson (1981) y Posner y otros (1982) se asume para concepciones que están fuertemente arraigadas en el alumno de forma análoga a los paradigmas en Ciencias (Strike y Posner, 1990), la necesidad de que éste tome conciencia de la inadecuación de sus esquemas conceptuales previos provocando un conflicto cognoscitivo.
- En el entramado conceptual de la teoría piagetiana, la integración de un nuevo dato en la estructura cognoscitiva supone la activación de algunos de sus esquemas, en consonancia con la naturaleza del dato, dándose un proceso de asimilación a dicho esquema y, puesto que dicho dato posee unas connotaciones particulares, se hace necesario un proceso de acomodación de los mismos a estas peculiaridades, sin que la estructura pierda continuidad ni su anterior capacidad asimiladora (Piaget, 1978a, p.9).

  Cuando el sujeto realiza una percepción, ésta es asimilada necesariamente a un esquema o estructura más o menos compleja, siendo esto precisamente lo que permite dar una significación a lo que es percibido o concebido (Piaget, 1980b, p.7). Sin los esquemas, los procesos de asimilación y acomodación no podrían tener lugar, imposibilitándose la evolución cognoscitiva, ya que es su existencia lo que permite al sujeto poder integrar nuevas aportaciones del exterior.

5.1 Existen varios modos de hacer constructivismo

A pesar del aparente alto grado de consenso de la visión constructivista de la enseñanza, es necesario apuntar el carácter superficial de este consenso, así, bajo el mismo término relativo a "lo que el alumno ya sabe" antes del proceso de enseñanza, subyacen diversos modos de entender, plantear, averiguar y conceptualizar esta entidad (Gómez y otros, 1992).

En la década de los sesenta y setenta, los trabajos en Epistemología Genética predominaron a la hora de fundamentar y orientar tanto los trabajos de investigación como los diseños curriculares (López Rupérez, 1990; Pozo y Carretero, 1987), de forma que otras alternativas estaban obligadas, de algún modo, a hacer una revisión crítica de la visión piagetiana (véase por ejemplo, Ausubel, 1982; Novak, 1982).

A finales de la década de los setenta y sobre todo durante los ochenta y hasta el momento actual, se ha ido imponiendo con contundencia un modo de hacer e investigar en educación de las Ciencias denominado movimiento de las concepciones alternativas (MCA) o simplemente constructivismo (Driver y Oldhan, 1986; Novak, 1982; Posner y otros, 1982; Gilbert y Swift, 1985; Millar, 1989; Driver, 1988; Michelene y otros, 1994), con una acogida entre los educadores en Ciencias muy importante, relegando a un segundo término el enfoque piagetiano.

Paralelo a este asentamiento paradigmático del MCA, es curioso resaltar la sobresaliente inclinación de esta tendencia didáctica a llevar a cabo, por parte de educadores e investigadores, una continua crítica a los planteamientos piagetianos (véase por ejemplo, Posner y otros, 1982; Novak, 1982; Gilbert y Swift, 1985; Millar y Driver 1987; Giordan y De Vechi, 1987).

A la vez, habría que señalar que contrariamente a esta tendencia crítica del MCA, los educadores que asumen o consideran dignas de atención las asunciones piagetianas (López Rupérez, 1990; Perales, 1992; Criscuolo, 1987; Adey, 1987; Marín, 1994b; Feldman, 1990; Pozo y otros, 1992) coinciden en que habría que aunar esfuerzos, intentando armonizar lo mejor de las dos tendencias.

Actualmente, del total de trabajos publicados en Educación en Ciencias, algunos -11% para la revista "Enseñanza de las Ciencias" en el periodo 82/92 (Moreira, 1994); se estimaría entre el 10% y el 20% en el resto del mundo- se desarrollan bajo fundamentación piagetiana o neopiagetiana (véase por ejemplo, Monk, 1991; Robinson y Niaz, 1991; Niaz, 1993; Fosnot, 1993; Shayer y Adey, 1993; Trumper y Gorsky, 1993; Marín, 1995), pero la mayoría siguen otras tendencias, entre las que cabe destacar las fundamentadas en la Historia y Filosofía de la Ciencia (Gil, 1993a; Gil, 1994a; Mellado y Carracedo, 1993).

Las diferencias, de hecho, más sobresalientes entre el constructivismo piagetiano y el del MCA son:

- Mientras que el entramado conceptual piagetiano es una teoría en sentido estricto (Bunge, 1981, p.416, p.421, p.559 y p.743, Vuyk, 1985), el MCA es "una convergencia de principios explicativos de los procesos de enseñanza" (Coll, 1992), con connotaciones metodológicas empiristas (Riviere, 1992; Pozo y otros, 1992; Perales, 1993a; Aliberas y otros, 1989a) y muy diversificadas (por ejemplo, Gunstone y Watts, 1989; Hewson, 1990).
- La Epistemología genética piagetiana se ha centrado en aspectos generales de la cognición del alumno (capacidades cognoscitivas, operaciones mentales, causalidad, etc), mientras que el MCA, en los trabajos que se han centrado en el alumno, está más interesado por los conocimientos específicos que posee éste sobre los distintos contenidos conceptuales de Ciencias (fuerza, velocidad, tercer principio de la dinámica, selección natural, nutrición, naturaleza corpuscular de la materia, etc), haciendo caso omiso a los procesuales (clasificación, medición, seriación, control de hipótesis, etc) de los que sí dio buena cuenta Piaget. Mientras que la visión que da el entramado piagetiano sobre el alumno posee capacidad predictiva y es homogénea, el enfoque de las concepciones alternativas, al carecer de teoría constructivista propia, refleja del individuo un cúmulo de datos heterogéneos (Pozo y otros, 1991b; Marín, 1995).
- Piaget construye una epistemología fundamentada en los datos obtenidos del sujeto, filtrados por su teoría de adquisición del conocimiento (por ejemplo, Piaget, 1980b). El MCA rechaza la anterior epistemología (Gilbert y Swift, 1995; Novak, 1982; Giordan y De Vechi, 1987; Millar y Driver, 1987; Gil, 1993a) y se fundamenta en las que han tenido como objeto de estudio el método científico (Hodson, 1985; Koulaidis y Ogborn, 1989; Burbules y Linn, 1991; Hodson, 1992; Erazo y otros, 1994; Gil, 1993a; Matthews, 1994a). Consecuentemente, en el primer caso, las propuestas didácticas son deducidas de la Epistemología Genética, en el segundo de la Epistemología de las Ciencias (véase por ejemplo, Gil y otros, 1988b; Posner y otros, 1982)

A pesar del rechazo a Piaget por parte del MCA, hay que considerar que autores no alineados en este movimiento, han resaltado la existencia de cierto grado de complementariedad entre los dos puntos de vista (López Rupérez, 1990; Perales, 1992), haciendo ver la capacidad predictiva de la teoría cognoscitiva de Piaget para precisar cierto tipo de preconceptos, así como su capacidad interpretativa y explicativa (Carey, 1986; Criscuolo, 1987, Pozo y otros, 1991a), así:

- Muchas concepciones pueden ser explicadas a través de los mecanismos cognoscitivos propuestos por Piaget sobre las explicaciones causales (Pacca y Saraiva, 1989).
- Perales (1992) utiliza determinados planteamientos piagetianos para explicar, de un modo bastante aceptable, las estrategias del cambio conceptual.
- Niaz (1991) pone de manifiesto la importancia tanto del contenido como de las operaciones mentales del sujeto, lo que sugiere la necesidad de modelos que expliquen tanto los aspectos generales y estructurales de la cognición como los específicos relativos a los contenidos (Gómez y otros, 1992; Feldman, 1990).

Entre este sector de autores, se propone como deseable buscar alternativas aglutinadoras o, al menos, lejos de hacer exclusiones, utilizar en función de la naturaleza de la investigación o del tipo de aprendizaje lo mejor de cada tendencia (Herron, 1978; Aliberas y otros, 1989a; Perales, 1992; López Rupérez, 1990; Pozo y otros, 1992; entre otros).

5.2 Contenidos de investigación de la didáctica fundamentada

En cuanto a los contenidos que con más frecuencia suelen ser objeto de investigación, resaltamos los siguientes:

- Planteamiento y aplicación práctica de propuestas de enseñanza de las Ciencias orientadas desde la Historia y la Filosofía de la Ciencia (Moreira, 1994; Mellado y Carracedo, 1993). Está línea de trabajo es la que más actividad investigadora ha conllevado y es, probablemente, emblemática dentro del MCA. Ha permitido una gran diversidad de planteamientos didácticos:
  - Modelo de cambio conceptual. Este modelo de enseñanza ha sido profusamente abordado desde su propuesta inicial (Posner

y otros, 1982; Hewson, 1981), principalmente en trabajos anglosajones, tanto a niveles de fundamentación (Hashweh, 1986; Weil-Barais y Lemeignan, 1991; Strike y Posner, 1990; Sebastia, 1993; Hewson y Thorley, 1989), como de práctica docente (Brna, 1987; Jiménez Aleixandre, 1991; Villani y Pacca, 1990; Hewson, 1990).

- Enseñanza por investigación. Fundamentada en la aceptación acrítica de que el alumno aprendiendo Ciencia como los científicos deberá obtener resultados satisfactorios, más aún en la medida que los diseños de enseñanza se hagan más sensibles a posturas epistemológicas más acertadas para interpretar la producción científica (por ejemplo, Gil, 1993a; Burbules y Linn, 1991; Hodson, 1992).
- Resolución de problemas. Complementa la propuesta didáctica anterior pero, en muchos trabajos, en su mayoría anglosajones, es por sí misma, una línea de investigación bien definida (Martínez Aznar, 1990; Perales, 1993b). La dificultad para que el alumno aprenda a resolver problemas justifica la diversidad de planteamientos para abordar el tema:
  - Se aborda la resolución de problemas caracterizando los elementos diferenciadores entre buenos y malos resolventes. Subyace la posibilidad de extraer recomendaciones de cómo resolver bien un problema para después transmitirlas al alumno (Gil y otros, 1988b, Pozo, 1987).
  - Dirigen sus esfuerzos a elaborar modelos de resolución de problemas, desglosando la complejidad en fases más elementales (por ejemplo, Polya, 1945, 1968). Dichas fases se fundamentan en una heurística deductiva o inductiva propia del razonamiento matemático (Alonso y otros, 1988).
  - Enfatizan la utilización del método científico como la clave para la resolución de problemas: "lo útil sería preguntarse qué es lo que los científicos hacen cuando tienen que vérselas con auténticos problemas" (Gil y otros, 1988a, 1988b).
  - Realizan clasificaciones de problemas para la enseñanza (Borasi, 1986; Martínez Aznar, 1990).
- Cuestionamiento crítico de las propuestas didácticas. En este apartado, frecuente entre los trabajos publicados en este dominio, se cuestionan o se matizan determinadas propuestas de enseñanza en base a su coherencia con las tendencias más recientes sobre Epistemología de las Ciencias (por ejemplo, Duschl y Gitomer, 1991; Gil, 1993a; Mellado y Carracedo, 1993; Matthews, 1994a; Matthews, 1994b).
- Detección y delimitación de "lo que el alumno sabe" antes del proceso de enseñanza. Esto es, con diferencia, el objeto de investigación puntual que ha sido abordado por mayor número de trabajos (Moreira, 1994; Gil, 1994a). El interés se ha debido, principalmente, a la aceptación de la visión constructivista del aprendizaje, consensuada tanto en psicología cognoscitiva como en este dominio: el alumno construye activamente los nuevos conocimientos a partir de sus anteriores concepciones (Marín, 1995). Viennot (citada por Gil, 1994a) se refiere a otra razón más pragmática para explicar la proliferación de tantas investigaciones sobre concepciones: dan lugar a resultados, en periodos razonables, más claros y convincentes que otros estudios. Sin embargo, es necesario señalar ciertas restricciones y sesgos en la información obtenida en el extenso catálogo de concepciones, debido principalmente a un deficiente tratamiento metodológico (Pozo y otros, 1991a; Pozo, 1993; Marín, 1995).
- El nivel cognoscitivo del alumno, como reflejo de las distintas capacidades generales de su cognición (razonamiento, manipulación de datos, interpretación de la realidad, etc) es un factor relevante en el rendimiento académico en Ciencias. Aunque esta línea no goza de la atención de las anteriores, existe un número significativo de trabajos que se publican periódicamente en las revistas de mayor prestigio.

  Una rápida revisión de la breve historia de la DCE pone de relieve que en la década de los sesenta y setenta, coincidiendo con el apogeo de la teoría piagetiana para fundamentar la investigación en enseñanza de las Ciencias (Gómez y otros, 1992), el nivel cognoscitivo del alumno era la variable más importante sobre la que había que fundamentar la selección y secuenciación de los contenidos de enseñanza (Shayer y Adey, 1984), sin embargo, a comienzos de los ochenta, toma una gran importancia lo que sabe el alumno sobre el contenido concreto que se le va a enseñar, ya que se pone de relieve que dichas ideas previas juegan un papel activo y decisivo en la adquisición de nuevos conocimientos (Driver, 1986), olvidando el nivel cognoscitivo ¿acaso esta última variable ha dejado, de pronto, de ser determinante?.

  En esta línea, tanto en su vertiente piagetiana como neopiagetiana, se han realizado trabajos sobre:

  - la influencia del nivel cognoscitivo en el rendimiento en Ciencias (Lawson, 1983; Lawson, 1993b; Lawson y otros, 1993; Niaz, 1991b; Roth y Milkent, 1991)
  - diseños de instrucción para la enseñanza de las Ciencias (Shayer y Adey, 1984; Shayer y Adey, 1992, 1993; Yore, 1993)
  - propuestas para resolución de problemas (Niaz, 1989; Pomes Ruiz, 1991; Mayer, 1986; Robinson y Niaz, 1991; Pozo y otros, 1994)

- interpretación de información del alumno desde perspectivas piagetianas (Criscuolo, 1987; Monk, 1990; Pacca y Saraiva, 1989; Stavy, 1990; Monk, 1991)
- fundamentación didáctica (Adey, 1987; López Rupérez, 1990; Niaz, 1991a; Lawson, 1993a; Pozo y otros, 1991a; Shayer, 1993; Trumper y Gorsky, 1993; Fosnot, 1993; Marín, 1995).

- Respecto a líneas más recientes que prometen un desarrollo futuro fructífero, caben destacar:
  - Actitudes de los profesores ante la enseñanza y la actividad científica. Tradicionalmente, aunque de forma minoritaria, se ha abordado el tema de las actitudes de los alumnos hacia distintos aspectos relacionados con las Ciencias, actualmente se ha focalizado este estudio sobre la figura del profesor. Así se analizan las actitudes que posee el docente hacia la Ciencia y hacia la enseñanza de ésta (Gil, 1994a) y, en el plano cognoscitivo, se hacen estudios para determinar el pensamiento docente espontáneo (Furió, 1994), bajo la hipótesis de que este pensamiento esté ligado a las distintas concepciones, más o menos explícitas, que el profesor posee sobre cómo se produce el avance científico (Salinas y Colombo, 1993). En este sentido es atrayente la idea de iniciar los cursos de formación inicial y permanente del profesorado en Ciencias en base a las ideas intuitivas de éste sobre cómo debe plantearse la enseñanza de las Ciencias (Furió y Gil, 1989; Cañal, 1990; Gil, 1991; Furió, 1994).

    En la línea de las actitudes, también se han estudiado las que poseen los alumnos hacia la enseñanza de la Ciencia, hacia ésta misma, sus actitudes científicas sobre el trabajo de clase y las que posee en relación a su entorno. Esta línea de trabajo ha registrado un pequeño y constante cauce de aportaciones desde comienzos de los 80.
  - Estudios sobre relaciones ciencia-técnica-sociedad (CTS): están referidos a las incidencias mutuas entre el estado y la evolución de los conocimientos científicos, los procedimientos de los que se sirve el hombre para aplicar dichos conocimientos y el pensamiento cotidiano compartido socialmente por los individuos (De Manuel, 1995). Esta línea de investigación nace cuando se aprecia que la enseñanza de la Ciencia está desvinculada de las complejas relaciones que mantiene con la técnica y la sociedad (Solbes y Vilches, 1992), lo que parece que es un factor determinante en la imagen que tiene el alumno de la Ciencia y de la actividad de los científicos (Gil, 1994a).

    Pero las relaciones CTS no son de total dependencia y es posible caer en una visión excesivamente social que podría llevar a una exaltación de la ciencia como factor absoluto de progreso o a un rechazo sistemático a causa de su capacidad destructiva, efectos contaminantes, etc (Gil, 1994a; De Manuel, 1995).

    Un objetivo importante que se persigue al enfatizar las relaciones CTS es intentar una enseñanza de las Ciencias que ayude a los alumnos a resolver problemas de la vida cotidiana en diferentes planos (personal, familiar, profesional, social, económico, político, ético e ideológico) que afectan al desarrollo científico y tecnológico. También se pretende que el alumno pueda evaluar la actividad tecnológica explorando sus consecuencias directas e indirectas, así como que el aprendizaje sea más fácil al situar los contenidos de ciencias en entornos familiares (Solbes, Nebot, y Ribelles, 1993).

    La integración de las relaciones CTS con los contenidos de ciencias se ha realizado inicialmente como apartados o añadidos, lo cual sigue sin evitar la imagen "neutra" de las ciencias, por lo que otra alternativa ha sido partir de centros de interés o problemas (contaminación, averías técnicas, construcción de aparatos, producción de energía eléctrica, uso de la energía nuclear, etc), pero esto supone una perdida de coherencia de los contenidos, por lo que parece más adecuado la integración de las actividades CTS en una enseñanza por investigación incorporadas al hilo conductor del tema y no como meras actividades complementarias (Solbes y Vilches, 1993).

    De un modo más o menos ligado a la CTS, últimamente se le está dando especial importancia a las áreas transversales como son educación medioambiental, educación para la salud, consumo, etc.

5.3 Posiciones adoptadas para presentar los fundamentos de las diversas propuestas didácticas

Como se puede apreciar en esta revisión, la mayoría de las propuestas de enseñanza y de investigaciones realizadas, al menos en el dominio de la DCE, se fundamentan desde la Historia y la Filosofía de las Ciencias (Gil, 1993a), si bien existe una tendencia minoritaria pero significativa de propuestas fundamentadas en contextos que se centran en el aprendizaje del alumno desde una perspectiva psicológica. Así pues, la DCE se nutre principalmente de propuestas didácticas fundamentadas en perspectivas diferentes, no necesariamente disyuntas, las cuales son las siguientes:

- La perspectiva del conocimiento científico (PCC), conformada por disciplinas ligadas a la formación del conocimiento científico, como son la Historia y Filosofía de las Ciencias (HFC), la metodología científica y la epistemología de

las Ciencias (teoría del conocimiento sobre el saber científico, validez de éste y rectitud de métodos), todas ellas, como se puede apreciar, fuertemente solapadas y relacionadas entre si.

- La perspectiva del conocimiento del alumno (PCA), y en general la formación del conocimiento en el individuo. Las teorías más utilizadas de hecho son la de Piaget -y variantes neopiagetianas- y Ausubel (Moreira, 1994; Aliberas y otros, 1989a).

La diferencia más notable entre las dos perspectivas es que mientras los hechos de la primera se toman de la historia del conocimiento científico, los de la segunda los aporta el comportamiento cognoscitivo del sujeto.

Aunque es un hecho que son pocos los trabajos que toman simultáneamente referentes de ambos puntos de vista, se aprecia un número significativo de autores que abogan por una cooperación de ambos puntos de vista como un modo de fomentar el progreso en este dominio (López Rupérez, 1990; Perales, 1992; Criscuolo, 1987; Adey, 1987; Marín, 1995; Feldman, 1990; Pozo y otros, 1992).

Aquí se optará por presentar los distintos puntos de vista, sin exclusiones, de modo sucesivo y, si es posible, resaltando aspectos complementarios, junto a las críticas más relevantes de las que son objeto cada una de ellos.

Concretamente, cada propuesta didáctica se presentará:

- Según su génesis y evolución, es decir, analizando:
  - las condiciones que dieron lugar a dicha propuesta y los problemas que intenta resolver,
  - las dificultades que presenta para resolver dichos problemas,
  - los resultados posteriores que ha conllevado su aplicación.
- Junto a una valoración crítica:
  - de los resultados positivos y negativos que han aportado las investigaciones que han seguido la propuesta didáctica,
  - de sus posibilidades y sus limitaciones,
  - del grado de coherencia con otros contenidos de DCE más confirmados o consensuados, etc.
- Ligando adecuadamente las propuestas con sus fundamentos, a fin de que no se admitan como meras "recetas didácticas" (Marín, 1991, p. 16). Esto va a permitir una aplicación más consecuente en el plano de la enseñanza según las condiciones que se den.

El capítulo 2 estará dedicado a exponer y analizar críticamente las propuestas didácticas desde la perspectiva científica y en el capítulo 3 se hará lo mismo con las fundamentadas desde la perspectiva cognoscitiva.

CAPÍTULO 2

PROPUESTAS DIDÁCTICAS DESDE LA PERSPECTIVA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

1 Introducción

El contexto teórico que con más frecuencia se utiliza para fundamentar las distintas propuestas didácticas en el dominio de la DCE ha sido el de la Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC).

Propuestas epistemológicas sobre la evolución del conocimiento científico como la de Khun (1981), Lakatos (1983) y, en menor medida, la de Toulmin (1972) han permitido moldear distintas propuestas didácticas que con mayor o menor acierto han intentado solventar los problemas que se plantean en la enseñanza de las Ciencias.

Puesto que las distintas epistemologías científicas dan cuenta del desarrollo histórico del conocimiento de Ciencias, y éste se da en un plano diferente al de la cognición del alumno cuando aprende los distintos contenidos objeto de enseñanza, se hace necesario realizar implicaciones didácticas que trasladen argumentos del primer al segundo plano.

En general, la estructura lógica de las distintas propuestas didácticas que se realizan desde la perspectiva del conocimiento científico, es muy semejante:

- Elección de una parte más o menos amplia del entramado teórico ligado a la HFC, que se aprecia puede ser de utilidad didáctica. Esta parte jugará el papel de premisa.
- Utilización de distintas inferencias -usualmente son de tipo deductivo y analógico- tales que partiendo de las premisas, concreten una o varias orientaciones de actuación didáctica en el plano de la enseñanza.

En este proceso subyace la idea de que el alumno, aprendiendo a través de una actividad semejante a la que llevan a cabo los científicos para producir nuevos conocimientos, va a obtener resultados tan satisfactorios como los mismos investigadores.

2 La analogía "el alumno aprendiendo como el científico"

La historia de la Ciencia muestra que la utilización de la metodología científica permite desarrollar conocimientos que explican y prevén satisfactoriamente un número extenso de fenómenos físicos-naturales (Bunge, 1981).

Parece lógico pensar, en una primera impresión, que una enseñanza de las Ciencias que se haga eco de esta actividad científica, permitiría al alumno obtener resultados académicos

importantes, al igual que lo obtienen los científicos.

Más aún, como consecuencia de esta transposición, los resultados académicos de los alumnos deberían mejorar en la medida que los diseños de enseñanza se hagan más sensibles a posturas epistemológicas más acertadas para interpretar la producción científica.

Esta analogía del alumno aprendiendo Ciencias como el científico, es aceptada acríticamente como válida por un gran número de educadores e investigadores en el dominio de la enseñanza de las Ciencias (por ejemplo, Gil y otros, 1988a; Bachelard, 1988; Burbules y Linn, 1991; Hodson, 1992).

Lo cierto es que no faltan argumentos que apoyen la validez de las propuestas didácticas en las que subyace esta analogía, así:

- Permite el diseño de una enseñanza coherente y bien estructurada que posibilita descentralizarse de aquella otra que gira exclusivamente alrededor de contenidos conceptuales (Marín, 1991).
- Evita la visión dogmática y cerrada que una enseñanza expositiva suele inducir en el alumno, potenciando una visión más acertada del desarrollo científico (Matthews, 1994a).
- El conocimiento así adquirido es más flexible y operativo, permitiendo al que lo posee la resolución de nuevos problemas diferentes a los utilizados en su aprendizaje (Gil y otros, 1988b).
- Liga consecuentemente los contenidos de Ciencias con la metodología utilizada para producirlos (Erazo y otros, 1994).
- Posibilitaría apreciar y superar con criterios bien fundamentados las limitaciones didácticas que conllevan determinadas creencias sobre cómo enseñar (Furió y Gil, 1989; Baena Cuadrado, 1993; Calatayud y Gil, 1993; Furió, 1994; Gil, 1994b)
- Permitiría una enseñanza para adquirir también habilidades y aplicarlas fuera de un contexto escolar.

En definitiva, esta vía didáctica posibilita al alumno la adquisición de conocimientos y procedimientos de forma interrelacionada, así como aplicarlos fuera del contexto de enseñanza en el que lo aprendió.

3

Distintos posicionamientos frente a la analogía

La existencia de un procedimiento analógico implícito para delimitar las propuestas didácticas desde la epistemología de la Ciencia, formulado del siguiente modo: "el alumno puede obtener importantes rendimientos académicos si realiza sus actividades de clase siguiendo las pautas propias de los científicos", es posible confirmarlo con los siguientes argumentos:

- Se enfatiza que el trabajo en el aula debe desarrollarse de forma semejante a como se hace científicamente. Así, la resolución de problemas debería presentarse inicialmente sin los típicos datos cuantitativos ya que de este modo el alumno aplicaría en toda su extensión los distintos procesos científicos (Gil y otros, 1988a).

  La propuesta del modelo de cambio conceptual (Posner y otros, 1982) se establece en base a que existen pautas análogas entre el cambio conceptual que se da en el plano científico y el que sufre el alumno cuando debe modificar sus concepciones espontáneas por otras más acordes con las aceptadas por la comunidad científica. Las concepciones del alumno tendrían una funcionalidad semejante a los "paradigmas" de Khun o al núcleo del "programa de investigación de Lakatos". Las mismas condiciones que se aprecian en los cambios conceptuales científicos deben establecerse en la enseñanza.
- Las estrategias didácticas deben presentar una buena concordancia con las epistemologías de las Ciencias más recientes, de modo que de apoyarse en epistemologías menos acertadas, la eficacia didáctica disminuye obstensiblemente.

  Por ejemplo, Burbules y Linn (1991) sostienen que una fundamentación de la enseñanza en orientaciones neopositivistas sería más adecuado que hacerlo en la filosofía positivista.

  Duschl y Gitomer (1991) rechazan el modelo de cambio conceptual (Posner y otros, 1992) por estar fundamentado en una epistemología inadecuada y Matthews (1994b) critica las estrategias didácticas del constructivismo ya que están fundamentadas en una visión empirista de la Ciencia.

  Una epistemología objetivista que asuma que la producción intelectual trabaja con objetos reales asimilados por objetos teóricos sería más adecuada (Matthews, 1994b).

  Señala Gil (1993a) que el fracaso de la enseñanza por descubrimiento se debe a que ésta tiene poco que ver con la visión actual de lo que constituye el trabajo científico. Sin embargo, con la propuesta de enseñanza expositiva de Ausubel hay un progreso ya que se aprecia una más correcta aproximación a la naturaleza de la ciencia, pero fracasa al no considerar un tiempo propio para los alumnos, algo que estaría más en consonancia con la actividad de los científicos.

  Los docentes deberían formarse en las últimas tendencias de la epistemología de la Ciencia con lo que mejorarían la calidad de enseñanza (Hodson, 1985; Koulaidis y Ogborn, 1989; Matthews, 1994a).
- La existencia de analogías entre el desarrollo cognoscitivo del alumno y el que se da en la historia de la Ciencia infiere a ésta la facultad de dar orientaciones didácticas.



En efecto, Wandersee (1985) aprecia que las ideas sobre fotosíntesis de los alumnos corren paralelas a las que se sostuvieron a lo largo de la historia, por lo que ésta podría anticipar propuestas didácticas encaminadas a mejorar la enseñanza de este contenido. De forma semejante razonan Sequeira y Leite (1991) para los conceptos cinemáticos.

Steinberg y otros (1990) sugieren que puesto que el pensamiento de Newton presenta connotaciones semejantes al de los alumnos, un estudio de su obra podría ser útil para la enseñanza.

Saltier y Viennot (1985) aprecian que aunque no se da un paralelismo punto a punto entre historia y alumno, se podrían aprovechar ciertas fases de la historia de la Ciencia como sugerencias para la enseñanza.

4

Propuestas didácticas desde la perspectiva científica

Tomando como referente la historia, filosofía y contenidos de la Ciencia, y utilizando inferencias donde subyace la analogía descrita de un modo más o menos implícito, se han llevado a cabo diversas propuestas didácticas ampliamente aceptadas por la comunidad de educadores e investigadores en enseñanza de las ciencias:

4.1 La propuesta didáctica del cambio conceptual

A comienzos de la década de los 80, Hewson (1981) y Posner y otros (1982) hacen una propuesta de enseñanza que inicialmente se denomina teoría del cambio conceptual (CC).

Según los autores del CC, el aprendizaje es el resultado de la interacción entre lo que se enseña al alumno y sus propias ideas, donde la cuestión básica es cómo cambian éstas al sufrir el impacto de los nuevos conceptos y evidencias, mecanismo racional que da cuenta la filosofía de la Ciencia, por lo que parece lógico utilizar ésta para fundamentar esta propuesta didáctica.

En efecto, el trabajo científico se hace sobre el trasfondo de unos compromisos que precisan qué cuestiones poseen categorías de verdaderos problemas, indican las estrategias a utilizar y especifican criterios para la aceptación de una supuesta solución. Kuhn los llama "paradigmas" y Lakatos "esencia teórica pura" que generan "programas de investigación". El cambio conceptual sucede cuando estos compromisos necesitan alguna modificación, a lo cual, Kuhn llama "revolución científica" y Lakatos "cambio de programa".

Los conceptos centrales raramente están relacionados directamente con la experiencia, de forma que son juzgados más por su capacidad para resolver problemas que por su inmediata capacidad para generar predicciones correctas. Existen pautas análogas de cambio conceptual en el aprendizaje del alumno, por lo que para promover el cambio conceptual en el alumno es necesario que se den las siguientes condiciones:

1. Debe existir descontento hacia la concepción espontánea que se desea cambiar. El sujeto no cambia los conceptos que tienen un papel capital en su pensamiento a menos que le parezca que éstos no resultan ya funcionales. Aun cuando el esquema no funciona bien, se suelen intentar solucionar los nuevos problemas que van surgiendo recurriendo a modestos cambios de éste, a menos que resulte demasiado evidente que sólo una completa revisión de sus conceptos solucionará esa falta de funcionalidad.
2. La nueva concepción debe ser inteligible. El alumno sólo podrá empezar a explorar un nuevo concepto si éste le resulta mínimamente descifrable. Si es incomprensible para sus esquemas y además va contra su intuición es difícil que sea aceptado.
3. La nueva concepción debe parecer verosímil o plausible inicialmente. Para aspirar a ser adoptada no necesita presentarse como verdad, basta con que parezca que puede serlo. Esta plausibilidad inicial depende de su potencial para resolver o dilucidar problemas que no resuelven las concepciones espontáneas del alumno.
4. La nueva concepción debe ofrecer la posibilidad de hacer previsiones y no solo que tenga capacidad de resolver los problemas actuales. Debe parecer capaz de convertirse en una herramienta de pensamiento útil.

Siguiendo la analogía, Posner y colaboradores consideran que además de estas condiciones, el alumno sólo emprenderá una reorganización si es favorable el estado en que se encuentra su ecología conceptual al interaccionar sus concepciones con las que se le intentan imponer (Toulmin, 1972) y esto dependerá concretamente de:

1. Los fallos o anomalías específicos del las concepciones espontáneas.
2. De las posibles analogías o metáforas utilizadas para presentar los nuevos conceptos.
3. De los compromisos epistemológicos del sujeto: dependencia del campo específico donde se haga el cambio conceptual, criterios de elegancia, economía, parsimonia, etc.
4. Creencias metafísicas sobre el orden, simetría, relaciones causales del universo, etc o la elevación de conceptos específicos a rango de universales (p.e. el tiempo y el espacio absoluto).
5. Conocimiento de otras áreas de investigación y de concepciones opuestas.

4.1.1 Tipos y propuestas concretas de cambio conceptual

Desde su publicación original, la teoría del cambio conceptual tuvo una gran aceptación,

principalmente por los seguidores del movimiento de las concepciones alternativas (véase, por ejemplo, Gilbert y Swift, 1985), lo que dio como resultado una proliferación de trabajos que supuso distinción de tipos y propuestas concretas de cambio conceptual.

Hewson (1981) señala que las condiciones del cambio conceptual no llevan necesariamente a un cambio de la concepción espontánea por la académica ya que también puede ocurrir:

1. Que se produzca una evolución de la espontánea, aumentando en extensión a lo largo de sucesivas instrucciones hasta ser coherente con la académica. A este proceso se denomina integración o captura conceptual. Por ejemplo: noción de ser vivo.
2. Que la idea espontánea y la académica sean irreconciliables. En cuyo caso sólo es posible estrategias de intercambio.

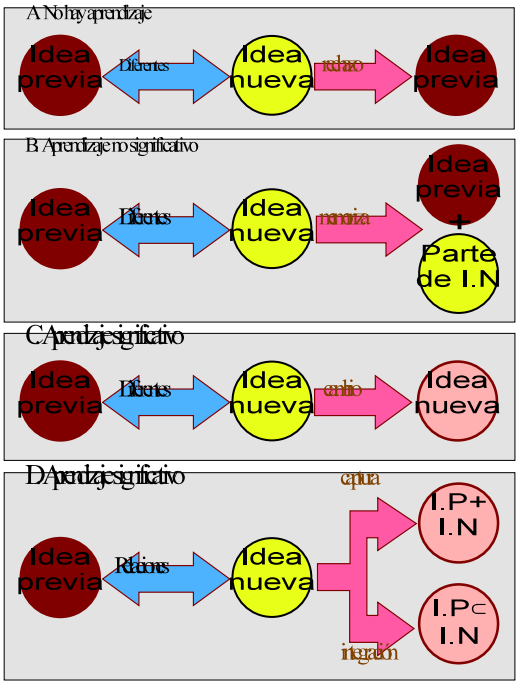
De forma análoga Hashweh (1986) también distingue el verdadero cambio conceptual -reestructuración cognoscitiva- que ocurre cuando la estructura cognoscitiva antigua y el nuevo concepto entran en conflicto, de otras situaciones de aprendizaje:

1. Un esquema espontáneo en que está en parte o totalmente implícito para el sujeto, es posible explicitarlo a través de ejemplos.
2. A veces 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.
3. En los casos en que la interacción del sujeto no ha permitido desarrollar un esquema sobre un determinado contenido, es posible hacerlo diseñando un conjunto de experiencias.
4. Muchos de los 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 existen diferentes visiones del cambio conceptual que se podrían tipificar en las siguientes:

1. 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 que existe un conocimiento verdadero que hay que suplantar al falso).
2. 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.
3. 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.

Jiménez Aleixandre (1991) hace una síntesis de las distintas posibilidades de interacción entre las ideas previas y las nuevas ideas (ver esquema).



4.1.2 *Precisiones, revisiones y críticas del cambio conceptual*

Bastantes experiencias de enseñanza siguiendo las pautas del cambio conceptual han ofrecido resultados poco satisfactorios (Hewson y Thorley, 1989; Martínez Torregrosa y otros, 1993), lo que ha llevado a precisar y revisar la propuesta del cambio conceptual así como analizar determinados aspectos admitidos inicialmente acríticamente como son el campo de validez del CC, precisar las condiciones para que se de conflicto cognoscitivo, lo que se debería entender por "concepción previa del alumno", etc.

Los mismos autores del CC (Strike y Posner, 1990) reducen la aplicabilidad de éste 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 los aprendizajes que supongan captura y no permutas conceptuales el CC no es válido.

Hewson y Thorley (1989) señalan que es necesario realizar una extensión del CC en términos de cambio del estatus de una concepción, de modo que los resultados del cambio habría que establecerlos por el aumento o disminución de este estatus. Desde este punto de vista, tan importante como conocer la concepción del alumno es conocer el estatus que éste le da, para lo cual hay que analizar si es:

- inteligible, en el sentido de si sabe qué significa.
- plausible, apreciando si cree que es verdadera y si es consistente con otras



- útil, es decir, si le encuentra algún valor, si permite resolver cualquier problema o si le sugiere nuevas ideas

Las críticas más reiteradas que ha sufrido el CC se podrían formular del siguiente modo:

- La propuesta de CC tiene una aplicación muy 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, 1991).
- 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 CC puede que sea necesario pero no suficiente (Hewson y Thorley, 1989; López Rupérez, 1990; Sebastia, 1993; Pozo y otros, 1991). 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 que lo que el CC supone, ya que admite más posibilidades (Pozo y otros, 1991; Strike y Posner, 1990; Martínez Torregrosa, 1993; Hewson y Thorley, 1989). Es frecuente que "convivan" las ideas previas con las académicas, utilizándose unas u otras en función del contexto donde se van a aplicar (Sebastia, 1993).

Las notables diferencias entre conocimiento científico y cotidiano, cuyos modelos de racionalidad son diferentes, hace que un supuesto cambio desde un modelo científico no suponga un cambio en el plano del conocimiento espontáneo o intuitivo (Hewson y Thorley, 1989; Strike y Posner, 1990).

4.2 Modelo de enseñanza por investigación

La hipótesis fundamental del modelo de enseñanza por investigación (MEPI) afirma que, del mismo modo que la superación del paradigma aristotélico/escolástico sólo fue posible -después de siglos de vigencia- cuando se introdujo una nueva forma de pensar basada en imaginar nuevas posibilidades, en ir más allá de lo obvio, en pensar en términos de hipótesis -y no de certezas- que debían ser sometidas a contrastaciones rigurosas y controladas, es razonable pensar que ocurrirá lo mismo con los alumnos si se consigue que proceda de modo semejante (Martínez Torregrosa y otros, 1993).

Además, se parte de un rechazo de la concepción empirista de la Ciencia, del experimento por el experimento, para resaltar otros aspectos del trabajo científico como el planteamiento de problemas, la formulación de hipótesis, los diseños experimentales, etc, ligando consecuentemente los contenidos de Ciencias con la metodología utilizada para producirlos (Erazo y otros, 1994).

Para que los alumnos vean más atractivas las concepciones científicas que las suyas es necesario poner en práctica los procedimientos, criterios de producción y verificación propios del trabajo científico, es decir, intentar fomentar el cambio en el modo de pensar (Martínez Torregrosa y otros, 1993).

El pensamiento cotidiano está condicionado por unas reglas ampliamente compartidas y aceptadas (Pozo y otros, 1991a; Martínez Torregrosa y otros, 1993), lo que las hace arraigadas y difíciles de modificar, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Es un conocimiento en el que la parte perceptiva de una transformación es más decisiva para llegar a una conclusión que su componente estructural.
- Se tiende a prestar más atención a lo que apoya las ideas propias (verificacionismo) que a los aspectos que podrían contradecirlas; esto refuerza continuamente la utilidad de las ideas espontáneas.
- Predominan los criterios de conveniencia pragmática que los de coherencia lógica, de modo que no se utilizan criterios científicos para medir la validez de una idea. Criterios tales como "naturalidad", "proximidad afectiva", "validez local e inmediata" (Hewson, 1990) son habitualmente utilizados y compartidos en la producción y aceptación del conocimiento cotidiano.
- Se tiende a explicar los cambios, no los estados y se centra más en el estado final de una transformación que en su estado inicial, lo que dificulta la posibilidad de retener los factores que se conservan (Piaget e Inhelder, 1971).
- Las relaciones de causa y efecto se rigen por reglas de contiguidad espacial y temporal (Pozo y otros, 1991a).

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

1. Plantear situaciones problemáticas que -teniendo en cuenta las ideas, visión del mundo, destrezas y actitudes de los alumnos y alumnas- generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.
2. Proponer al alumnado el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones para acotar problemas precisos (ocasión para que comiencen a explicitar funcionalmente sus ideas).
3. Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, lo que conlleva, entre otras cuestiones a:
    - La invención de conceptos y emisión de hipótesis (ocasión para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones).
    - La elaboración de estrategias de resolución (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para la

contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.

- La resolución y el análisis de los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica. Ello puede convertirse en ocasión de conflicto cognitivo entre distintas concepciones (tomadas todas ellas como hipótesis), obliga a concebir nuevas hipótesis, etc.

4. Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones para hacer posible la profundización y afianzamiento de los mismos, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia/Técnica/Sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones) y dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene la ciencia.

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

Martínez Torregrosa y otros (1993) mantienen la hipótesis -confirmada con trabajos de aula- de que además de la anterior secuencia de enseñanza, ayudaría a fomentar el cambio conceptual y epistemológico, la organización y secuenciación de los contenidos de enseñanza mediante criterios de coherencia, sencillez y capacidad predictiva, los mismos que se utilizan en el avance de la Ciencia para reemplazar una teoría por otra nueva.

Por último, indicar que la MEPI parece ser una propuesta didáctica que va más allá del CC, ya que mantiene que éste solo es posible si se intenta también un cambio en el modo de pensar del alumno (cambio epistemológico). Más adelante (§ 2.5) se realizará el correspondiente análisis crítico de esta propuesta.

4.3 Resolución de problemas como investigación

En la línea del MEPI, se expone esta propuesta didáctica con connotaciones más específicas para la resolución de problemas (Gil y otros, 1988a; Gil y otros, 1988b).

Parte de que las elevadas tasas de fracaso que se dan en la resolución de problemas se debe principalmente a:

- La falta de reflexión cualitativa previa. Habitualmente se aborda la resolución de problemas de un modo mecánico.
- Un tratamiento superficial del problema que no presta atención a la clarificación de conceptos.

Las soluciones que dan las investigaciones sobre resolución de problemas basadas en las diferencias existentes entre expertos y novatos subyace la idea de que es posible extraer recomendaciones de cómo resolver bien los problemas -en base a las características encontradas en el experto- y transmitirlas a los alumnos como forma efectiva de ayuda. Sin embargo habría que cuestionar este supuesto dado el fracaso constatable que se da cuando se pide resolución de otros problemas diferentes a los utilizados como modelo.

Usualmente en el aula, los "problemas" son explicados como algo que se sabe hacer, como algo cuya solución se conoce y que no genera dudas ni exige tentativas: el profesor conoce la situación -para él no es un problema- y la explica linealmente, "con toda claridad", consecuentemente, los alumnos pueden aprender dicha solución y la repiten ante situaciones idénticas, pero no aprenden a abordar problemas verdaderamente nuevos y cualquier pequeño cambio les supone dificultades insuperables, provocando con frecuencia el abandono.

Es por tanto necesario plantear el problema a los alumnos como tal, es decir, como una situación que presenta dificultades para las cuales no hay soluciones evidentes y caben serias dudas de si éstas se encontrarán. Sería útil preguntarse qué es lo que lo que los científicos hacen cuando tienen que vérselas con auténticos problemas. Parece lógico que esta búsqueda se haga mediante una metodología científica, que aunque no posee una clara significación unívoca, posee unas características que permiten hacer las siguientes consideraciones:

- Lo científico supone un cambio de un razonamiento basado en "evidencias" a un razonamiento en términos de hipótesis, que es a la vez más imaginativo (es necesario ir más allá de lo que parece evidente, a imaginar nuevas posibilidades) y más riguroso (es necesario fundamentar y después someter a prueba cuidadosamente las hipótesis, dudar del resultado, buscar la coherencia global). Se propone dirigir las estrategias de resolución mediante hipótesis que eviten procesos simples de ensayo y error.
- No se deberían incluir datos en el enunciado del problema -la medida auténticamente novedosa de esta propuesta respecto a la que mantienen otros trabajos- ya que esto orienta su resolución hacia el manejo de unas determinadas magnitudes sin que ello responda a una reflexión cualitativa ni a las subsiguientes hipótesis. De este modo el alumno se ve abocado a buscar aquellas ecuaciones que pongan en relación los datos e incógnitas proporcionados por el enunciado, cayendo así en un puro operativismo. La presencia de los datos en el enunciado responde a concepciones inductivistas.

  Así, por ejemplo, el enunciado: "sobre un móvil de 5000 kg. que se desplaza con una velocidad de 20 m/s., actúa una fuerza de frenado de 10000 N,



¿qué velocidad llevará a los 75 m. de donde comenzó a frenar?" se debería cambiar por el siguiente: "un automovilista comienza a frenar al ver la luz amarilla, ¿qué velocidad llevará el automóvil al llegar al semáforo?"

- La cuestión no es "reconocer" ya que las estrategias de resolución no derivan automáticamente de los principios, que lo único que hacen es enmarcar y delimitar lo que es posible hacer; las estrategias de resolución son también tentativas -que parten del planteamiento cualitativo realizado, de las hipótesis formuladas y de los conocimientos que poseen del dominio particular- pero que exigen imaginación y ensayos.
- El análisis de los resultados constituye un aspecto esencial en la búsqueda de soluciones ante un verdadero problema: se trata de verificar la validez del resultado con relación a las hipótesis emitidas. La conclusión podría suponer la necesidad de una revisión que llegue a la completa redefinición del problema o ser el origen de nuevos problemas.

Consecuentemente con lo anterior, en esta propuesta de resolución de problemas como investigación, como una de las vías plausibles, se podrían establecer los siguientes pasos:

1. Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema. Esto es lo que realizan habitualmente los expertos ante un verdadero problema. Pero los alumnos, ahora, se ven obligados a realizar dicho análisis cualitativo: no pueden evitarlo lanzándose a operar con datos e incógnitas, porque no disponen de ellos.
2. Emitir hipótesis fundadas sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia. La emisión de hipótesis es quizás la forma más eficaz de conectar con los preconceptos de los alumnos, puesto que expresan en ellas sus ideas intuitivas. Hay que plantear dicho aprendizaje como un cambio conceptual, a partir de las ideas intuitivas de los alumnos.
3. Elaborar y explicar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error. Buscar distintas vías de resolución para posibilitar la contrastación de los resultados obtenidos y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone.
4. Realizar la resolución verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, operativismos carentes de significación física.
5. Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados.

Las orientaciones precedentes no se ofrecen como un algoritmo que pretenda guiar paso a paso la actividad de los alumnos sino como indicaciones genéricas para evitar las resoluciones mecánicas, pensar en términos de hipótesis y no de certezas, analizar posibles caminos alternativos de resolución, poner en duda y analizar los resultados, etc.

4.4 Orientaciones didácticas fundamentadas en procedimientos científicos

La componente procesual de los contenidos de Ciencias a enseñar, hace que los distintos procedimientos de la metodología científica puedan servir para planificar progresiva, sistemática y racionalmente buen número de actividades (Marín, 1991).

Algunas de las limitaciones de la didáctica intuitiva podrían ser superadas utilizando los procedimientos y la lógica del método científico, tales como:

- Secuenciar las actividades ligándolas entre sí utilizando algunas secuencias lógicas del método científico.
- Desarrollar actividades procesuales donde hay que asociar, observar, clasificar, seriar, medir, ordenar datos, realizar inferencias, formular hipótesis, etc.
- Ir más allá de la enseñanza centrada en la transmisión de conocimientos declarativos.
- Diferenciar la enseñanza de un contenido del propio contenido, utilizando las herramientas didácticas que ofrecen los procedimientos científicos como recurso para presentar tanto la parte declarativa como la procesual del contenido.
- Permitiría una enseñanza para adquirir habilidades y aplicarlas fuera de un contexto de enseñanza.

Las actividades de enseñanza y aquellas propias de los científicos, si bien se desarrollan en contextos diferentes, tienen un punto en común: van dirigidas a incrementar o mejorar los esquemas cognoscitivos del sujeto mediante la adquisición de nuevos conocimientos; es lógico pensar que las virtudes características del método científico, de probada eficacia a lo largo de la historia de la Ciencia, pueden serlas también en el terreno de la enseñanza si hacemos que el alumno actúe como el científico.

Ahora bien, la metodología y procedimientos propios de la actividad científica se dan en un plano diferente al de la actividad del alumno cuando éste aprende los distintos contenidos objeto de enseñanza, por lo que se hace necesario por tanto, realizar una acomodación del método científico al plano de la enseñanza a través de una serie de orientaciones didácticas.

Estas orientaciones parten de premisas extraídas de alguna parte del método científico:

- de los procesos científicos: problema, hipótesis, experimentación, inferencias, observación, medición, explicación, etc,

- de los procedimientos generales: inducción, deducción, analogía, etc,
- de las características de la metodología: sistematicidad, objetividad, coherencia entre las partes, continua verificación de las ideas, etc,

que de entrada puedan ser susceptibles de algún tipo de aplicabilidad didáctica, y mediante inferencias analógicas o deductivas se irán configurando conclusiones que son presumiblemente válidas y aplicables en el dominio de la enseñanza.

La estructura lógica de las orientaciones didácticas será siempre la misma, distinguiéndose dos partes:

- Elección de alguna característica o procedimiento del método científico que se aprecia puede ser de utilidad didáctica. La parte elegida jugará el papel de premisa.
- Utilización de distintos procedimientos deductivos o analógicos tales que partiendo de las premisas, concreten una o varias orientaciones didácticas en el plano de la enseñanza.

Aunque el número de orientaciones didácticas puede ser bastante más amplio, como extenso es el número de procesos, procedimientos y características del método científico, se presentan aquellas que consideramos importantes y relevantes para el diseño de actividades didácticas:

4.4.1 Distinción entre el método inductivo e hipotético-deductivo

Se distinguen en el seno del método científico dos grupos de procedimientos perfectamente diferenciados que pertenecen a su vez a dos modos de proceder que se han dado a lo largo de la historia de la Ciencia (Marín, 1991):

- Método inductivo. Integrado por procesos científicos como: observación, clasificación, seriación, medición e inferencias inductivas. Su característica más importante es que, partiendo de los datos particulares elaborados a partir de la observación y mediante un proceso intermedio de ordenación de datos, se llega mediante distintos tipos de inferencias, a conclusiones de carácter más general que las proposiciones empíricas de partida.
- Método hipotético-deductivo. Abarca, además de los procesos científicos ya mencionados, los siguientes procesos específicos de este método: planteamientos de problemas, formulación de hipótesis, control de variables, diseño de experimentos, inferencias deductivas y construcción de modelos. Aquí la dirección particular-general es una mera posibilidad que se realiza en determinadas fases del mismo. La importancia de este método frente al inductivo reside en que, partiendo de proposiciones generales (hipótesis), se llega a través de inferencias deductivas a otras de carácter concreto que son las que permiten ser contrastadas.

En los primeros esbozos de cualquier rama de la Ciencia, donde los esquemas conceptuales están en fase constituyente, el científico opera con el método inductivo. Después, cuando existe un cuerpo teórico más o menos coherente, es el método hipotético-deductivo el procedimiento de investigación científica más usual.

Esta diferenciación tiene una doble aplicación en el terreno didáctico:

- Si queremos presentar las actividades en orden creciente de dificultad colocaremos en primer lugar actividades inductivas, para finalizar con las hipotético-deductivas.
- Coincide que los niños de enseñanza Primaria están capacitados para desarrollar procesos científicos inductivos, no así procesos científicos propios del método hipotético-deductivo que son más adecuados para Secundaria. Este hecho puede ser utilizado para realizar una primera aproximación al nivel de exigencias de las actividades a las capacidades cognoscitivas del alumno.

4.4.2 Búsqueda intencionada de actividades que puedan ser desarrolladas mediante algún procedimiento del método científico

Así como el científico orienta la investigación utilizando hipótesis, las actividades de clase se podrían diseñar utilizando como hipótesis la siguiente: "actividades que han sido diseñadas desde la didáctica intuitiva se pueden mejorar transformándolas con procedimientos del método científico".

Tomando como criterio la anterior hipótesis, se puede hacer una búsqueda intencionada de actividades que inicialmente giran sobre la componente declarativa del contenido, con el fin de intentar desarrollar también la parte procesual; esto permite crear nuevas actividades que difícilmente pueden imaginarse sin el contexto que ofrece el método científico.

Un ejemplo puede ilustrar y aclarar esta orientación didáctica: ante la necesidad de diseñar actividades para el contenido "los huesos del cuerpo humano", se plantea la necesidad de realizar algunas actividades observacionales; dado que los huesos no pueden observarse a simple vista, siguiendo la anterior hipótesis, se podría caer en la cuenta de que es posible tomar contacto con éstos palpándolos con la mano.

Así, tomando como referente esta idea se podría diseñar un conjunto de actividades: inicialmente palpamos y se registran los datos, después se hacen algunas clasificaciones según la longitud, forma o función de los huesos, por último, el alumno podría comparar sus resultados con los de sus compañero y después con los del libro de texto.

4.4.3 Creación de actividades estructuradas a modo de pequeña investigación

La eficacia del científico de estructurar su actividad a través del método científico se puede trasladar al plano didáctico siempre que el



contenido a tratar lo permita, procurando desarrollar uno o varios grupos de actividades, o si es posible todo el diseño de la instrucción, siguiendo algún orden inspirado en el método científico a modo de pequeña investigación, dicho orden dependerá, como es lógico, de la naturaleza del contenido en cuestión. El siguiente ejemplo, ilustra esta orientación con el contenido "fases de la luna":

De entrada, si se quiere aplicar algunos procedimientos del método científico es necesario acomodar el tiempo de realización de las actividades a la duración real del fenómeno, por tanto, un mes aproximadamente, del siguiente modo:

- Observar periódicamente (aproximadamente cada 5 días) la Luna, registrando los datos, preferentemente con dibujos y datos concretos, de su posición y tamaño en viñetas preparadas al efecto. Si son actividades dirigidas a Primaria, se debería dar una ficha de observación con viñetas vacías a rellenar donde se indican los periodos de observación y lo que debe ser observado (posiciones y tamaño), tal medida está justificada por el tipo de pensamiento concreto que posee este alumno. En Secundaria, los periodos de observación y el modo de tomar los datos se puede dejar que sea el alumno quien los determine, dándole sólo alguna ayuda orientativa.
- Con los datos ordenados, se realiza un análisis de regularidades y obtención de conclusiones a través de varios tipos de inferencias.
- Se podrían terminar las actividades con la verificación de las conclusiones, de modo que a partir de éstas, se intentaría prever la posición y tamaño de la Luna al siguiente mes.

4.4.4 El problema es un recurso didáctico útil

El planteamiento de problemas, seguido de las hipótesis que intentan dar soluciones, es lo que orienta y motiva al científico y usualmente marca el inicio de la investigación; también para secuenciar las actividades de enseñanza se podrían utilizar estos procedimientos ejerciendo una función semejante al situarlos al comienzo de éstas; se continuaría con un grupo de actividades estructuradas a modo de una pequeña investigación cuyo objetivo es resolver los problemas planteados.

Así las actividades para enseñar el contenido "la erosión del suelo", se pueden comenzar planteando un problema: ¿Cómo se produce la erosión?, a continuación se plantean una serie de hipótesis, por ejemplo: a) la erosión se debe al mismo suelo que poco a poco se va hundiendo, b) en realidad no existe erosión, el aspecto de la tierra no cambia con el tiempo y c) la erosión del suelo se debe a la lluvia y al viento. Después de una discusión sobre las hipótesis planteadas, se puede llevar a la práctica un modelo consistente en un suelo a escala hecho de arcilla, tierra, arena, etc sobre el que hacemos caer pequeños chorros de agua desde una botella a la que se le ha practicado unos agujeros. Por último se elige la hipótesis que concuerde más con los datos observados y se obtienen conclusiones. Cuando se trate de alumnos de Primaria, sería más adecuado darle los problemas, las hipótesis, los experimentos, y los modelos de erosión, para que su actividad sea sólo realizar elecciones, en Secundaria, dichos procesos podrían formar parte de las actividades de los alumnos.

4.4.5 El método científico como método para evitar el dogmatismo en la enseñanza de las Ciencias

Una de las características más importantes de las metodologías científicas es que el cuerpo de conocimientos generado por éstas no posee más credibilidad que la que le da la continua verificación empírica o su coherencia con el conjunto de conocimientos con los que se relaciona, sin embargo, ocurre que ciertos modos de enseñanza inducen en los alumnos una imagen dogmática de la Ciencia donde los hechos, leyes, principios y teorías se presentan más como algo en lo que hay que creer que como ideas razonables y razonadas que poseen una buena capacidad de previsión y explicación, las cuales son susceptibles de poder ser sustituidas, en un momento determinado, por otras mejores.

La utilización de procedimientos científicos podrían evitar esa visión dogmática que es ajena a la misma naturaleza de las Ciencias. Algunas medidas a tomar siguiendo esta orientación podrían ser:

- Integrar la formulación de problemas en las distintas fases del proceso de aprendizaje, induciendo al alumno a plantear nuevos problemas sobre lo enseñado, y si esto no es posible, haciéndole ver en relación con el contenido enseñado la existencia de problemas cuya solución es difícil, tiene varias interpretaciones o bien no se conoce.
- Relacionando los enunciados teóricos con datos experimentales:
  - La regularidad de los datos empíricos nos lleva necesariamente a crear un nuevo concepto o relación entre conceptos, por ejemplo: midiendo el ángulo de incidencia de un rayo de luz que incide sobre un espejo para distintas posiciones del rayo incidente y el ángulo de reflexión, podemos llegar a la idea que los ángulos de incidencia y reflexión son iguales para cualquier rayo que incida sobre una superficie que refleje la luz.
  - Una fórmula o una afirmación se ajusta, explica o prevé una serie de datos observacionales, por ejemplo, la fórmula $f_1 x l_1 = f_2 x l_2$ permite explicar o prever el comportamiento de los distintos géneros de palanca.

En definitiva, habrá que diferenciar claramente el plano de los hechos con el de las explicaciones, lo cual no siempre es evidente para los alumnos, y hacerle ver que el segundo debe dar razón del primero, que tampoco es evidente en muchos casos.

4.4.6 Las exigencias didácticas de la experimentación

Si bien la experimentación puede ser un buen recurso didáctico, no lo es tanto si no se tiene en cuenta una serie de precisiones, sin las cuales se reduce el supuesto beneficio didáctico a, prácticamente, la curiosidad de ver qué sucede. Los datos empíricos de un experimento no poseen significado por sí mismos sino que lo toma del entramado conceptual de la teoría científica en el que se desarrolla (Bunge, 1981; Matthews, 1994b).

Del mismo modo, si se quiere que el experimento sea un recurso didáctico eficaz para el alumno, habrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En una estrategia hipotético-deductiva, el experimento científico se planifica cuidadosamente siguiendo objetivos preconcebidos, que están generalmente matizados por hipótesis que a su vez se han generado para dar solución a un problema. Esta planificación debe llevarse a cabo también en las actividades de modo que el experimento cumpla una función clara de continuidad con las que le preceden. Este contexto es el que da sentido y significado al experimento en el concierto del conjunto de actividades.

  Si el experimento se desarrolla dentro de una estrategia inductiva, la ausencia de hipótesis, se deberá suplir indicando la función que va a cumplir éste.
- La actividad científica no acaba cuando el experimento se ha hecho, todo lo contrario, a partir de este momento se desarrolla una importante actividad de ordenación de datos, clasificación, catalogación, etc a fin de encontrar regularidades que dejen entrever, utilizando diversos tipos de inferencias, la confirmación o negación de las hipótesis, el descubrimiento de alguna nueva idea, la matización de un planteamiento, etc. Así pues, la continuidad de una actividad experimental pasa necesariamente por actividades de ordenación de datos con el fin lograr materializar la intencionalidad con la que se diseñó.

4.4.7 Considerar los errores de los alumnos como un recurso didáctico útil

Todas las ramas de la ciencia, hasta las más actuales, han sufrido un proceso evolutivo tal que partiendo de conceptos intuitivos, empíricos y erróneamente planteados y utilizando usualmente procesos inductivos, han ido paulatinamente depurando, seleccionando, definiendo nuevos conceptos, para desembocar en teorías más fructíferas (véase por ejemplo, Crombie, 1979; Koyre, 1977). Conceptos no aceptados actualmente, en su momento fueron necesarios para conformar los posteriores y en esa evolución dieron lugar a los actuales. Frases como "una mala hipótesis es mejor que no poseer ninguna" o "la función de una teoría no es la de ser verdadera, sino la de ser útil" mantenidas como válidas en contextos científicos, ilustran lo anterior.

En esta evolución, la distintas ramas de la Ciencia han pasado por contextos diferentes definidos por el predominio de un retículo de ideas (paradigmas) que han determinado el objeto de preocupación, el modo de observar, de precisar los problemas, de abordar éstos, hasta el punto que cuando el predominio de estas ideas disminuye y son sustituidas por otras, ya nada vuelve a ser como antes (Khun, 1981).

Es posible utilizar el error como un recurso didáctico eficaz desde perspectivas diferentes:

- Valorar y admitir aquellas actividades que pongan de manifiesto los errores más frecuentes de los alumnos, como paso necesario y conveniente para la construcción de sus nuevos conocimientos.
- Introducir determinados contenidos secuencialmente, de modo que se presentan inicialmente en su versión más elemental e incompleta, y después de hacer ver que no es válida para explicar determinados fenómenos; después se presentan en su versión más elaborada, mostrando que ésta permiten comprender y explicar mejor los mismo fenómenos.
- Retomar las ideas que posee el alumno sobre un contenido, para plantearle situaciones que las pongan en entredicho de modo que puedan apreciar que las ideas científicas permiten una explicación más satisfactoria de éstas.
- Habría que admitir que si los alumnos poseen esquemas de conocimiento diferentes a los del profesor, no habría que dar por supuesto las interpretaciones, las evidencias y los conflictos del alumno. En este terreno un poco de flexibilidad por parte del docente será la postura más conveniente, así como realizar actividades donde el alumno se ejercite para diferenciar claramente entre la descripción de lo observado y la interpretación que hacen de ello.

Además, al hacer intervenir los errores en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se consiguen otros objetivos didácticos como son:

- Hacer más familiares los conocimientos de Ciencias, en la medida que pierde fuerza la imagen de la ciencia como cuerpo de conocimiento acabado, dogmático y sólido. En la Ciencia se han cometido y se cometen errores del mismo modo que ocurre en el alumno.
- Hacer ver que no ha sido nada fácil el progreso de la Ciencia, como tampoco lo es el estudio de ésta por parte del alumno.



5

Limitaciones de la analogía "el alumno aprendiendo como el científico"

La validez de la analogía didáctica que asume que "el alumno trabajando como el científico va a mejorar su aprendizaje en Ciencias puesto que este modo de trabajar ha mostrado su eficacia a lo largo de la historia de la Ciencia" descansa en la existencia de ciertas semejanzas entre los mecanismos de aprendizaje del alumno y los que se ponen en juego en la producción científica del investigador. También, en el hecho de que las orientaciones didácticas fundamentadas en la Historia y Filosofía de la Ciencia han mostrado ser eficaces al aplicarlas a contextos prácticos de enseñanza (Gil, 1993a).

Se podría afirmar entonces que la existencia de elementos diferenciadores entre alumno y científico haría perder cierto grado de validez didáctica a la analogía anterior, en esta dirección, algunos de los autores que realizaron la primera propuesta de cambio conceptual como una estrategia de amplia aplicación (Strike y Posner, 1990), reducen posteriormente las posibilidades de este modelo didáctico (Posner y otros, 1982) a aquellos contenidos de Ciencias sobre los que el alumno posee "concepciones que juegan un rol generativo y organizativo en su pensamiento, análogo al papel en el desarrollo científico de los paradigmas de Kuhn".

Así, se aprecia por tanto que las posibilidades didácticas de la analogía quedan limitadas en cuanto se dan diferencias entre el conocimiento científico y el del alumno.

5.1 Diferencias entre el plano del conocimiento científico y el del alumno

Veamos pues, en diferentes planos de comparación, algunas importantes y significativas diferencias:

5.1.1 Entre las concepciones de los alumnos y las aparecidas a lo largo de la historia de la Ciencia

Matthews (1994a) indica que no es evidente el paralelismo entre el desarrollo del conocimiento científico y el que se da en el plano individual y sólo a un determinado nivel de simplificación se puede admitir que las ideas de los alumnos reflejan el desarrollo científico. En este sentido, Saltier y Viennot (1985) critican como actitud simplista la de los que utilizan los términos "aristotélico" o "pre-galileano" para tipificar las concepciones de los niños, como el que se analice y prediga las concepciones, solamente en base a consideraciones históricas, puesto que no existe un paralelismo fuerte que legalice esta transposición (Apostel, 1986).

Un análisis de los trabajos que detectan bastantes puntos de coincidencia (véase por ejemplo, Sequeira y Leite, 1991; Wandersee, 1985) permite apreciar que los autores centran sus esfuerzos en la búsqueda de semejanzas, pero entonces habría que admitir que hubiera sido más objetivo analizar las diferencias que parecen ser muchas más; así, el razonamiento hipotético-deductivo de Aristóteles, los cálculos sobre áreas de figuras geométricas de egipcios y griegos, los conocimientos astronómicos de los Babilonios, las apreciaciones sobre hidrostática de Arquímedes, son ejemplos que muestran que esta fase precientífica de la Ciencia no puede de ningún modo hacerse corresponder con los preconceptos y prerrelaciones observadas en los alumnos.

Un estudio serio del paralelismo entre el desarrollo cognoscitivo del alumno y el de la historia de la Ciencia debería considerar:

- Las producciones a lo largo de la historia de la Ciencia que no se encuentran en las manifestaciones intelectivas del alumno.
- Las reacciones típicas del sujeto ante diversas tareas que no se pueden encontrar en la filogénesis.
- Si es que se aprecian semejanzas, habría que precisar a qué nivel se pueden establecer correspondencias, y determinar de qué tipo son: procesual, declarativo, operatorio, dependiente del contenido físico, metodológico, etc.

No se puede ligar ligeramente la Historia y Filosofía de la Ciencia con la enseñanza de la Ciencia a través de un proceso de racionalización (Matthews, 1994a).

5.1.2 Entre la génesis de las ideas y los métodos de producción de éstas

En cuanto al pensamiento individual está ampliamente aceptado que el sujeto va construyendo sus conocimientos a través de múltiples interacciones con el entorno.

Este conocimiento sólo pretende dar respuesta práctica a los problemas típicamente cotidianos y el "esfuerzo cognoscitivo" termina con el logro de resultados más o menos satisfactorios, incluso, buscando otras alternativas o "dando un rodeo" (Piaget, 1977a; Pozo y otros, 1991b; Gil, 1994b).

Sin embargo, la génesis y producción del conocimiento científico tiene connotaciones bien diferentes al pensamiento individual, en efecto:

- A nivel del propio investigador, se dan procedimientos cognoscitivos como son la formación inicial de éste en base al cuerpo de conocimientos científicos del momento, la dedicación intensiva sobre una problemática concreta, el rigor y la lógica empleada, la necesidad de exponer sus descubrimientos, al menos buena parte de ellos, utilizando el entramado conceptual y simbólico consensuado por la comunidad científica que son bien diferentes a los que se dan en el pensamiento individual. El científico se ve obligado, para presentar sus trabajos, a utilizar unos conceptos consensuados (Khun, 1981; Holton, 1976), quedando finalmente

reducido el proceso de creación a una reconstrucción escrita más sencillo y lineal de como se dio en la fase real de investigación.

- A nivel del progreso de las teorías como conocimiento compartido por la comunidad científica se dan procedimientos (Khun, 1981; Lakatos, 1983) bien diferentes a las regulaciones que tienen lugar en el sujeto por sus interacciones naturales (Piaget, 1978b) y sociales. Las aportaciones individuales al cuerpo de conocimientos científicos sufren una reconstrucción racional por parte de la comunidad científica, de modo que es usual que las distintas aportaciones parezcan relacionadas causalmente cuando nada de esto se dio en realidad (Holton, 1976; Holton, 1982).

5.1.3 Entre contenidos conceptuales objeto de enseñanza y los "contenidos" del alumno.

Si la génesis de las ideas y los métodos de producción se dan en el desarrollo cognoscitivo del sujeto de forma diferente a como se opera en el desarrollo científico, es lógico que los "productos" de ambos sean también diferentes.

Con el término "contenidos del alumno" hacemos referencia a todas aquellas manifestaciones intelectivas, a partir de las cuales se pueden delimitar sus características cognoscitivas, entonces podemos afirmar que existen notables diferencias entre estos contenidos y los que son objeto de enseñanza en Ciencias.

Así, entre los contenidos académicos y los que son propios del alumno, se pueden dar los siguientes casos:

- Los contenidos académicos tienen un cierto grado de significado para el alumno. En este caso puede ocurrir que el contenido del alumno sea muy similar al académico o tan solo que presente ciertas analogías.
- Los contenidos académicos no tienen significado para el alumno, generalmente a consecuencia de que el sujeto no posee esquemas cognoscitivos que le permita asimilarlos.
- Los contenidos del alumno son tan sumamente específicos de su propia ontogénesis que no suelen presentar ningún tipo de correspondencia o analogía con los contenidos académicos; dicho de otro modo, la respuesta o enfoque del alumno frente a un determinado problema es muy diferente a como se puede abordar desde una perspectiva científica o académica.

Por otro lado, el grado de correlación entre los contenidos del alumno y los académicos es, sobre todo, un problema de carácter evolutivo. Así, en niveles cognoscitivos formales las concepciones se asemejan más a las académicas. No ocurre igual en un contexto preoperatorio, donde el carácter egocéntrico, fruto de una indiferenciación entre las acciones que lleva a cabo el sujeto con los objetos y las que son creadas por la interacción de los objetos entre sí, le confieren unas peculiaridades muy diferentes a las científicas (Piaget, 1977b).

5.1.4 En los procedimientos para interpretar los datos empíricos y en los utilizados para dar soluciones a problemas planteados.

Las concepciones de los alumnos, como constructos teóricos que dan el perfil conceptual del alumno y que se deducen de sus esquemas explicativos (Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994), pueden considerarse parte del contenido de los alumnos, que se rigen por reglas de carácter pragmático diferentes a las que se utilizan en el método científico (Pozo y otros, 1991b).

Además, lo que es objeto de ser tratado como problema por el alumno es considerablemente diferente a los problemas del científico (Piaget, 1977b; Sebastia, 1989a; 1992), así 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 e Inhelder, 1971; Piaget e Inhelder, 1948) son contenidos cognoscitivos del alumno bastante diferentes a los que se dan en el seno del cuerpo de conocimientos en ciencias y, sin embargo, tienen una gran importancia para entender las concepciones y la evolución cognoscitiva del alumno.

Numerosos trabajos han mostrado que el niño presenta en cada fase de su desarrollo evolutivo unas limitaciones y capacidades que se ponen de manifiesto en sus reacciones frente a problemas planteados (Piaget, 1977b) y que son diferentes a los procedimientos utilizados en la actividad científica. En la formación de los esquemas cognoscitivos y antes de que éstos adquieran características operatorias (Marín, 1994a), presentan en su capacidad asimiladora ciertas características como son centramiento, representación estática, yuxtaposición, etc y, posteriormente inversión, reciprocidad, identidad, etc (Piaget, 1977a).

Esta caracterización del desarrollo cognoscitivo del sujeto es bien diferente a las utilizadas por las diversas epistemologías científicas.

5.2 La necesidad de una acomodación didáctica

El principal problema con el que se enfrentan las distintas propuestas didácticas desde la perspectiva científica se debe básicamente a las diferencias comentadas entre el plano en que se mueve la cognición del alumno cuando aprende un contenido y el plano donde se genera paulatinamente el cuerpo de conocimientos científicos, así:



- La propuesta de cambio conceptual propone una estrategia, inspirada en la epistemología científica, de modo que creando conflictos cognoscitivos en el alumno, le provoca un cambio conceptual tal que sus ideas previas se verán sustituidas por las académicas.

  Las posibilidades de asimilación de nuevos conocimientos son, tomando como referencia datos tomados directamente del alumno, muchos más variados y complejos que los previstos por el cambio conceptual (Piaget, 1978a).

  Principalmente el problema radica en haber supuesto que las asimilaciones del alumno son análogas a las que se producen en el cuerpo de conocimientos científicos, de aquí provienen todas las críticas que se le hacen a la propuesta de cambio conceptual, que se concretan en que:

  - la propuesta de cambio conceptual se aprecia restrictiva en cuanto a los contenidos sobre los que se puede aplicar,
  - una exquisita planificación de enseñanza no garantiza que se dé el pretendido conflicto cognoscitivo.

- El MEPI y la resolución de problemas por investigación, no son propuestas que conlleven el necesario ajuste a "lo que el alumno ya sabe", cuando esto se considera una condición necesaria para muchos objetivos de enseñanza.

  Es conocida la dificultad que poseen los sujetos preoperacionales y de operaciones concretas para desarrollar hipótesis, contrastarlas, controlar variables, etc (Inhelder y Piaget, 1972), por lo que no sería aconsejable iniciar la resolución de problemas a partir de las hipótesis del alumno si el alumno tiene este nivel cognoscitivo ya que la demanda de un problema debe ser adecuada al nivel cognoscitivo del resolutor (Shayer y Adey, 1984). Además, los trabajos más optimistas muestran que sólo un 30% del alumnado de Secundaria llega a desarrollar sus operaciones mentales (Shayer y Adey, 1984; Marín, 1986).

  De hecho, si se propone resolver un problema que debe ser resuelto experimentalmente, solicitando de los alumnos que realicen las hipótesis, la mayoría se muestran inactivos sin saber qué hacer (Marín, 1984a). Sólo hay aprendizaje cuando el problema va siendo orientado por el profesor o por instrucciones escritas (sin necesidad de que la información sea relevante para la solución) siguiendo estrategias de enseñanza por descubrimiento. La efectividad en el aprendizaje se obtiene cuando se diseñan las actividades con un margen de permisividad tal, que quedan a medio camino entre las propuestas directivas de la enseñanza programada y las actividades con poca instrucción para las que el alumnado no sabe qué hacer o da respuestas muy divergentes (Marín, 1984a).

- Dado que los mecanismos procesuales de observación, ordenación de datos, inferencia, etc que pone en juego el alumno son diferentes a como se llevan a cabo desde una perspectiva científica, la utilización de los procedimientos del método científico como fundamento para diseñar actividades, por muy sutiles que éstas sean, no garantiza que éste pueda realizar las actividades.

  Es necesario evitar el poner en juego procesos experimentales o intelectuales con un nivel de exigencia que el alumno no puede abordar, para ello se precisa analizar previamente el nivel cognoscitivo del alumno ante los procedimientos implicados en las actividades, adecuando nivel de exigencia con nivel cognoscitivo.

Se puede apreciar que todas las propuestas didácticas desde la perspectiva científica adolecen de un mismo problema: no tener en cuenta los conceptos, procesos y mecanismos de asimilación que pone en juego el alumno en su aprendizaje, suponerlos análogos a los de la Epistemología de la Ciencias queda, en términos generales, desautorizado debido a las importantes diferencias -tanto a nivel conceptual como procesual- entre los dos planos.

Sin negar las mejoras para la enseñanza que suponen las propuestas didácticas desde la perspectiva científica, sería necesario realizar una verdadera acomodación de los procesos de enseñanza a las peculiaridades cognoscitivas del alumno, procurando no delimitar éstas desde una perspectiva científica -las diferencias entre ambos planos lo desaconseja- sino desde contextos más cercanos al alumno, cometido que se llevará a cabo en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTOS DIDÁCTICOS DESDE LA PERSPECTIVA DEL CONOCIMIENTO DEL ALUMNO

1 Introducción

Si las limitaciones de las propuestas didácticas desde la perspectiva científica provienen del hecho de que existe una distancia entre el plano del conocimiento científico y el del alumno, se impone por tanto buscar otras propuestas que estén fundamentadas en entramados teóricos más próximos a los mecanismos cognoscitivos del alumno cuando aprende.

Las propuestas didácticas fundamentadas en la Epistemología de la Ciencia son válidas en tanto permiten una primera aproximación para solucionar los problemas que tiene planteados la DCE, pero habrá un mayor ajuste a la realidad cuando se utiliza un contexto teórico cuyo objeto de estudio sea la formación del conocimiento individual.

Las propuestas didácticas más utilizadas en el dominio de la DCE realizadas desde la perspectiva cognoscitiva del alumno se deducen de las teorías de Ausubel y Piaget (Moreira, 1994) y en menor medida de la psicología del procesamiento de la información en su vertiente piagetiana (Aliberas y otros, 1989a); son estas las que se van a analizar.

2 La propuesta de aprendizaje significativo de Ausubel

Una propuesta didáctica interesante está contenida en la teoría del aprendizaje de Ausubel, que consiste básicamente en la estructuración de los requisitos cognoscitivos necesarios para que las ideas a enseñar puedan ser relacionadas de un modo sustancial con lo que el alumno ya sabe (Ausubel, 1982, p. 56). Cuando el alumno establece estas relaciones se dice que ha habido aprendizaje significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1986, p. 37).

Novak (1982, p. 71), discípulo y colaborador de Ausubel, se expresa en términos parecidos, pero mientras él se centra principalmente en el aprendizaje de conceptos, su maestro diferencia tres tipos: de representaciones, de proposiciones y de conceptos. Para Novak un nuevo concepto es aprendido significativamente cuando el individuo lo puede relacionar con otros que ya posee en su estructura cognoscitiva, denominados inclusores (es más frecuente en Ausubel el término ideas de afianzamiento).

Para conseguir esta relación es necesario que entre los conceptos a enseñar y los inclusores se establezcan puentes cognitivos a través de conceptos, más generales que los que se van a

enseñar, denominados organizadores previos, que cumplen la función de salvar el abismo que existe entre lo que el alumno ya sabe y lo que necesita saber (Ausubel, 1982, p. 179).

El proceso de subsumisión es descrito por Ausubel a través del principio de asimilación, según el cual se produce una ligera modificación tanto del concepto asimilado como de su inclusor, debido a que interactúan entre ellos. Tras sucesivas asimilaciones de nuevos datos el inclusor sufre cambios sustanciales, así como un proceso de desarrollo y diferenciación. Con el paso del tiempo, la información asociada al inclusor se va perdiendo lo que no quiere decir que éste vuelva a su estado inicial, sino que mantiene sus modificaciones y diferenciaciones (inclusión obliterativa), (Ausubel, 1982, pp.126-7).

El aprendizaje significativo es más eficaz si se estructuran los contenidos a enseñar en una jerarquía conceptual, de modo que las ideas más generales e inclusivas se presentan primero, y luego se diferencian progresivamente en función de detalles y de especificidad (Ausubel, 1982, p.183) según un proceso de diferenciación progresiva. En la diferenciación de conceptos, puede que uno o varios se presenten bajo una nueva perspectiva o significado, esto puede suponer al alumno una disonancia cognitiva que se puede clarificar creando una reconciliación integradora, es decir, descendiendo en la jerarquía conceptual para diferenciar y ascendiendo para resaltar las nuevas relaciones entre los conceptos supraordenados y los nuevos significados de los subordinados (Novak, 1982, pp.85-89).

Cuando la nueva información no se puede relacionar con inclusores se produce el aprendizaje memorístico, aunque esto no se puede dar en términos absolutos, ya que siempre existe algún elemento de la estructura cognoscitiva con la que se pueda relacionar, por lo que el problema se centra en el grado en que el nuevo aprendizaje es significativo, dependiendo no sólo de los procesos de enseñanza, ya descritos, sino también de la predisposición del alumno hacia las propuestas de aprendizaje y del grado de desarrollo de los inclusores (Novak, 1982, pp.77).

3

Propuestas didácticas desde la perspectiva piagetiana

La teoría de Piaget, centrada en el estudio de la génesis y evolución del conocimiento en el sujeto, presenta importantes posibilidades para realizar aportaciones didácticas, las cuales se pueden deducir de las distintas partes que integran este entramado teórico, en base a la siguiente ideas:

- La estructura cognoscitiva del sujeto explica y determina sus conductas intelectivas, así que un enriquecimiento de la primera significa una mejora en las respuestas del segundo frente al medio natural y, por tanto, una mejor adaptación a éste.
- Conociendo los mecanismos que utiliza el sujeto para adquirir nuevos conocimientos en su estructura cognoscitiva, se buscarán las condiciones adecuadas de enseñanza para fomentar o poner en juego dichos mecanismos cognoscitivos, de modo que los contenidos objeto de enseñanza una vez adquiridos sirvan para desarrollar la estructura cognoscitiva. De este modo, el sujeto puede sacar provecho de los nuevos conocimientos, utilizándolos en la medida de lo posible para los típicos requerimientos académicos y también para describir, explicar, comprender, manipular, anticipar, etc, sobre y en su medio cotidiano.

La exposición de la obra de Piaget, y en particular las aportaciones más relevantes que se han utilizado en la confección de las orientaciones didácticas, se exponen en § 5.4

3.1 Orientaciones didácticas fundamentadas en la teoría de Piaget

La teoría piagetiana es lo suficientemente amplia y profunda como para deducir un gran número de criterios didácticos, por eso habrá que señalar que la lista de implicaciones didácticas no está acabada con las que aquí se presentan. Como se verá, estas orientaciones aportan estrategias didácticas generales referidas a procedimientos, orden, modos de proceder, sugerencias, medidas a tener en cuenta, etc en el diseño de actividades de enseñanza.

3.1.1 Intensificar y diversificar las interacciones del alumno con situaciones y objetos tanto cotidianos como novedosos, ligados al contenido objeto de enseñanza

La interacción sujeto-objeto tiene un papel decisivo, no sólo en la integración de nuevos conocimientos por mecanismos de asimilación y acomodación, sino como principal motor de la génesis de su estructura cognoscitiva: la creación de los esquemas de acción y su posterior maduración y coordinación se deben a la continua interacción física del sujeto con el medio que le rodea.

Los primeros esbozos de pensamiento se construyen a partir de la interiorización de los esquemas de acción creados en el nivel sensomotor, a través de las interacciones del juego simbólico, y los saltos a estructuras más estables están provocados por el intento del sujeto de armonizar sus representaciones y

esquemas mentales con la evidencia empírica; de ahí que la fase última de cada estadio esté caracterizada por un continuo proceso de aproximación a la realidad por tanteos sucesivos, donde la interacción del sujeto frente al medio juega un papel decisivo en la superación de las dificultades características de cada nivel cognoscitivo (p.e. salto del nivel IB al IIA). En este caso la acomodación prevalece sobre la asimilación, mientras que la aparición de un nuevo estadio fundamenta su estabilidad en la rigidez de los nuevos esquemas: la asimilación tiene prioridad sobre la acomodación.

Como consecuencia utilizaremos estrategias didácticas para que las interacciones sean lo más activas posibles, diversificadas y cualitativamente diferentes a las que se puede encontrar en su entorno natural.

En particular, se buscarán interacciones con objetos y situaciones que no son frecuentes en su entorno cotidiano, a fin de que éstas supongan un desarrollo y enriquecimiento de sus esquemas en extensión y, por tanto, en capacidad asimiladora.

3.1.2 Diferenciar y enfatizar el significado del contenido a enseñar frente al significante. El primero, ligado a los esquemas, requiere mayor tiempo de aprendizaje

Desde un punto de vista formal, en la mayoría de los contenidos de Ciencias se pueden distinguir dos componentes:

- el significante, que puede identificarse con la descripción estrictamente verbal o escrita del contenido, y su asimilación requiere la utilización exclusiva de procesos nemotécnicos, p.e. "la velocidad es igual al espacio partido por el tiempo" es un mero significante que puede ser aprendido si repetimos la frase un buen número de veces. La importancia de considerar en la enseñanza el significante reside en que permite el ordenamiento e interrelación interna de conocimientos, así como su comunicación externa.

- el significado, que por estar ligado a las interacciones del sujeto con su medio natural y social y, por tanto, a su experiencia acumulada ante una gran diversidad de situaciones físicas, se encuentra formando parte de la matriz de transformaciones de la estructura cognoscitiva (Piaget, 1977a).

  Su adquisición es más laboriosa y requiere una mayor atención en los procesos de aprendizaje. Por ejemplo, el significante de la palabra "árbol" queda reducido a su expresión verbal o escrita, mientras que para un niño de 3 años su significado es la suma de experiencias que ha llevado a cabo con los árboles; nuevas experiencias enriquecen dicho significado con el paso del tiempo y evoluciona obviamente junto a la estructura cognoscitiva, mientras el significante se mantiene idéntico.

La importancia del significado de un contenido es por tanto si cabe mayor que la del significante, en tanto que una vez adquirido por algún esquema o esquemas del alumno permite mejorar sus respuestas frente a problemas que le plantea el medio, transferir sus conocimientos a nuevas situaciones, utilizarlos alejados del momento en que fueron asimilados, etc.

Si en la enseñanza de los contenidos de Ciencias se enfatizan principalmente sus significantes, se hace que el alumno trabaje más a nivel de procesos nemotécnicos, todo lo más, en determinados casos, comprender el mensaje verbal si es que existen esquemas que le puedan dar significado, pero existen en este caso enormes dificultades para que se den los procesos de asimilación y acomodación, con lo que el nuevo conocimiento, al no poderse integrar en algún esquema ya establecido, no se puede transferir a nuevas situaciones y es muy probable que sea olvidado con relativa rapidez. Todo ello explicaría en un tipo de enseñanza donde predominen los significantes, que los items evaluativos referidos a identificación de conceptos ofrezcan resultados más satisfactorios que las cuestiones relativas a transferencias de conocimientos y, además, que de todo lo enseñado en un curso se recuerden pocas cosas en el siguiente.

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

La integración de nuevos conocimientos y destrezas en la estructura cognoscitiva, en un buen número de casos, no tiene carácter lineal, en el sentido de que el sujeto no asimila según la secuencia lógica con que está estructurado un determinado contenido; 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 del sujeto a la evidencia empírica.

Sugerencias didácticas

- La enseñanza de nuevos conceptos no debe marcar un ritmo preestablecido y lineal, un tipo de enseñanza abierta, donde pueda entrar en juego la duda, el error y los tanteos tanto empíricos como mentales del sujeto parece ser lo más apropiado, en tanto que se ajusta mejor al modo con que la

estructura cognoscitiva integra nuevos datos o conocimientos.

- No parece que sea lo más indicado determinar a priori los períodos temporales en los procesos de aprendizaje, o por lo menos, en caso de ser prefijados, se debería hacer dejando un margen de indeterminación temporal, puesto que el tiempo que el alumno necesita para integrar un nuevo conocimiento o destreza, depende en gran medida de las características cognoscitivas del nivel en que se encuentra, toda vez que éste no es el mismo para los miembros de un curso. Si el proceso de aprendizaje se aplica en años sucesivos, es posible reducir este margen, conociendo el tiempo empleado en desarrollar un determinado proceso de aprendizaje en cursos anteriores.

3.1.4 Adecuación del nivel de exigencia de los procedimientos implicados en la enseñanza a las posibilidades y limitaciones cognoscitivas del alumno

Un modo de optimizar el aprendizaje se consigue evitando procesos experimentales o intelectuales que el alumno no puede abordar; p.e. si el alumno se encuentra en el estadio de operaciones concretas, difícilmente podrá desarrollar actividades que exijan realizar diseños experimentales, control de variables, hipótesis deductivas, etc. Una ordenación y estructuración del aprendizaje según la lógica adulta, dificulta la participación activa del alumno, que se verá ajeno en cierta medida a las propuestas de aprendizaje debido principalmente a que sus planteamientos lógicos difieren de los del adulto.

Sugerencias didácticas

Se distinguen dos vías para realizar una acomodación eficaz a las peculiaridades cognoscitivas del sujeto:

- en primer lugar, conociendo sus limitaciones evitaremos implicar a éste en el desarrollo de procesos que sencillamente no tiene capacidad de realizar y
- en segundo lugar, procuraremos ordenar las actividades según sugiere la génesis de estos en aquellos procesos que sabemos que el alumno tiene capacidad de asimilar y desarrollar.

Un modo de llevar esto en la práctica, para un buen número de procesos científicos y ciertos dominios físicos, sería a través de la gran diversidad de experimentos piagetianos (ver § 5.5), en los que se puede apreciar las reacciones típicas de los alumnos según sus niveles cognoscitivos.

3.1.5 Poner en juego la variabilidad de los distintos factores que intervienen en las actividades, tanto a nivel figurativo como estructural, en una diversidad de situaciones específicas

Tanto el desarrollo de destrezas intelectivas como la capacidad para establecer relaciones causales, controlar variables, emitir hipótesis y poner en juego estrategias para verificarlas, así como otras manifestaciones del pensamiento procesual, están íntimamente ligados a la formación de los esquemas operatorios de modo que habría que conocer los mecanismos de formación de estos para poder tomar medidas didácticas adecuadas que permitan el desarrollo de destrezas.

Las operaciones mentales las define Piaget (1977b) como acciones interiorizadas y reversibles que se coordinan por leyes que se aplican al sistema como un todo.

Las operaciones mentales proceden por abstracción refleja de otras de rango inferior o de las coordinaciones generales de la acción, mientras que los hechos y las leyes se descubren por abstracción empírica, dando cuenta de los mismos las explicaciones causales, mezcla de abstracción empírica y refleja generando modelos sobre los objetos y su comportamiento (Piaget y García, 1973, pp. 24-25).

La aparición de las operaciones viene desencadenada por los desequilibrios ocasionados por estructuras compuestas por esquemas de acción irreversible que ponen en funcionamiento compensaciones reguladoras que se orientan en dirección inversa o recíproca a la de la perturbación, lo cual equivale a anularla (inversión) o a neutralizarla en cuanto perturbación (reciprocidad) (Piaget, 1978a, p. 33).

Sugerencias didácticas

Habría que resaltar en primer lugar que las operaciones mentales se generan por mecanismos de abstracción refleja a partir de esquemas específicos generados por abstracción empírica, por lo que al no estar "en primera línea, donde se producen las interacciones del sujeto con su medio" queda lejos de los efectos (aprendizaje) de una determinada estrategia de enseñanza.

El desarrollo de los esquemas específicos, generados por abstracción empírica a partir de las interacciones del sujeto con su medio, es relativamente más rápido que el de los esquemas operacionales que requiere una reestructuración lenta (entre un estadio y otro pasan unos cuatro años), por lo que no se puede esperar resultados espectaculares en periodos de aprendizaje relativamente cortos, aunque la enseñanza esté específicamente diseñada y optimizada para el desarrollo de las operaciones, lo que no quiere decir que sea difícil o casi imposible este aprendizaje, como lo demuestran trabajos recientes (Shayer y Adey, 1992a, 1992b y 1993).

Lo cierto es que si no se crean las condiciones adecuadas en la enseñanza (como es usual en la enseñanza actual), las operaciones tendrán un desarrollo pobre o simplemente se estancarán (Shayer y Adey, 1984; Marín, 1986). Sujetos que interaccionan con un medio indolente pueden no pasar del nivel preoperacional (Bringuier, 1977, p.68).

Estudios dirigidos a dar respuestas a este problema señalan que esto es posible pero se requieren condiciones de enseñanza coherentes, "especiales" y a largo plazo:

- Mediante estrategias de entrevistas individuales (Marín, 1995, p. 149-151) apoyadas en experimentos diseñados para generar en el sujeto conflictos cognoscitivos entre previsiones y datos empíricos (Inhelder y otros, 1975) se consiguió que los sujetos de la muestra mostraran cambios estables respecto a su comportamiento operacional.
- Siguiendo el modelo piagetiano del desarrollo cognoscitivo, Shayer y Adey (1992a, 1992b y 1993) desarrollaron estrategias de enseñanza dirigidas a aumentar la metacognición y el nivel cognoscitivo de los alumnos. Un análisis de los efectos tres años después de su aplicación puso de manifiesto un aumento en el rendimiento académico y, a la vez, se comprobó que los aprendizajes eran permanentes.
- Bastantes trabajos dirigidos a la consecución de la conservación de la cantidad de materia y de la longitud dieron resultados positivos (Mayer, 1986).
- Un tratamiento de enseñanza adecuado consiguió un desarrollo eficaz del pensamiento hipotético-deductivo en los alumnos y, a la vez, mostró que los sujetos requieren este tipo de pensamiento para la adquisición de conceptos específicos (Lawson, 1993a).
- A través de técnicas de enseñanza interactiva que "involucraba al alumno activamente en la construcción de esquemas operacionales" se comprobó que mejoraba el rendimiento de éstos ante un test que mide el nivel operacional (Robinson y Niaz, 1991).

En estos trabajos subyacen una serie de condiciones para que se dé un enriquecimiento de las operaciones mentales o para que el sujeto dé un salto cualitativo de un estadio a otro:

- Las estrategias de enseñanza deben ser consecuentes con el modelo piagetiano de la adquisición de conocimientos (Shayer y Adey, 1993) y de la formación de las operaciones mediante abstracción reflexiva de la coordinación de las acciones. Al fin y al cabo, es la teoría de Piaget la que ha estudiado con mayor profundidad y extensión el comportamiento operatorio del individuo, por lo que es lógico que ésta contenga multitud de claves para crear unas condiciones de aprendizaje adecuadas, permitiendo, además, una actuación didáctica consecuente, así como dar la coherencia y continuidad necesaria para un tipo de enseñanza de largo plazo. Muchos experimentos piagetianos ofrecen pautas para un buen desarrollo de estrategias didácticas (Inhelder y Piaget, 1972; Piaget e Inhelder, 1971; Piaget y otros, 1973, etc).
- Es necesario que las condiciones de aprendizaje contemplen la variabilidad (operaciones externas) de los distintos factores que intervienen en un determinado diseño de enseñanza (Marín, 1995):
  - Variando (incrementando o decreciendo) el valor de una determinada variable significativa de la situación planteada, mediante una manipulación física de ésta (variabilidad estructural), solicitamos en qué afecta los cambios respecto al estado anterior de la situación.
  - Realizando cambios en el aspecto figurativo de los elementos que intervienen en la situación sin variar lo estructural de forma que se siga conservando una relación, una cantidad, un factor, etc.
  - Transformando el estado inicial de una situación física, se solicitan previsiones sobre el estado final de ésta.
  - Provocando un determinado fenómeno donde subyace una determinada relación causal en el que alguno de los factores que intervienen no son observables como la causa o la transmisión entre causa y efecto.
- Los diseños de enseñanza deben enfrentar a los alumnos con procedimientos que requieran tanteos, rectificaciones, verificaciones (conflictos cognoscitivos), en definitiva, un margen de permisividad, un tiempo para la reflexión y los reajustes cognoscitivos que posibiliten la activación de la abstracción reflexiva del sujeto (Marín, 1985a).
- Si las operaciones se generan de la coordinación de las acciones, sería procedente que las condiciones para el desarrollo de cada una de éstas se realice ante una diversidad de contenidos. En un contexto de enseñanza, las operaciones mentales requieren de un contenido para poder ejercitarse, pero es necesario una diversidad de éstos para que se puedan constituir como verdaderos esquemas con capacidad para activarse ante condiciones análogas y ante diferentes contextos. Repetición, generalización y diferenciación son tres condiciones básicas para la

formación de esquemas operacionales (Richmond, 1980), tal es la dificultad inherente al aprendizaje de operaciones.

3.1.6 Diseñar actividades en un contexto de enseñanza expectante que logre desequilibrios y reequilibrios en los esquemas cognoscitivos del alumno

Ante una posible adquisición cognoscitiva caben una serie de posibilidades:

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

  1. Se haga caso omiso, p.e. la reacción de un alumno de primaria ante el concepto de ión (los significantes tanto en lo definido como en la definición son desconocidos).

  2. Sólo sea posible la memorización de los significantes del concepto o del acontecimiento novedoso, por ejemplo, la explosión de un globo le lleva al sujeto sensomotor a memorizar la sensación de temor sentida ante la imposibilidad de racionalizar el acontecimiento.

- Que lo que se va a adquirir sea familiar a algún esquema del sujeto en cuyo caso puede que:

  3. Exista una comprensión del contenido a adquirir o se pueda dar un significado a los significantes, pero no se integre en un esquema, así, se puede comprender la explicación del profesor pero si falta interés por mantener la información, no existe necesidad de retenerla o no se ponen las condiciones adecuadas de aprendizaje, dicha información cae en el olvido después de un cierto periodo de tiempo. Puede ocurrir que mediante un estudio comprensivo se llege a comprender el contenido, se utilice satisfactoriamente en el examen y después se olvide.

  4. Se creen las condiciones adecuadas de interés y necesidad en el sujeto y unas condiciones de aprendizaje (pueden estar ligadas unas y otras) tal que la nueva adquisición se pueda integrar en uno o varios esquemas formando parte de éstos, de tal manera que el nuevo conocimiento permite una mejora de las conductas intelectivas del sujeto, permitiéndole actuar, explicar, prever los acontecimientos del medio cotidiano.

     Adquirir los nuevos conocimientos de este modo no es tarea fácil (ni para el docente ni para el alumno) si nos atenemos al modelo de adquisición de nuevos conocimientos propuesto desde la Epistemología Genética.

En este modelo de adquisición cognoscitiva el enriquecimiento de un esquema no se da mediante simples añadidos de nuevas incorporaciones, más bien se hace de forma análoga a como se realiza la incorporación de un alimento para desarrollar nuestro organismo biológico, mediante procesos de asimilación y acomodación.

Las nuevas incorporaciones suponen perturbaciones que suelen provocar desequilibrios más o menos acusados en los esquemas, y es el esfuerzo del sujeto para buscar nuevos equilibrios lo que produce el avance cognoscitivo de éste (se postula que el sujeto siempre trata de mantener su equilibrio, externo con el medio e interno entre los distintos esquemas).

Las perturbación pueden venir:

- De las interacciones de los esquemas con los datos que le llegan del exterior. Por ejemplo, refiriéndonos al experimento piagetiano de la conservación del peso (Piaget e Inhelder, 1971) ante la previsión del niño de que pesa más un trozo de plastilina alargado, le puede provocar desequilibrios cuando aprecia con una balanza que pesa igual que un trozo de igual cantidad con forma redonda.

- Una coordinación deficiente entre los mismos esquemas. Por ejemplo, el alumno posee el esquema de la verticalidad y el de compensación de masas pero una deficiente coordinación entre ellos le impide prever cuándo caerá un paralelepípedo de madera que se va inclinando (Marín, 1995).

- Una deficiente integración de un esquema en totalidades organizadas de la estructura cognoscitiva. Esta perturbación se distingue de la anterior en que se establece entre organizaciones de distinto nivel jerárquico, mientras que las anteriores se establecen entre niveles semejantes. P.e. el esquema formal de la coordinación de dos sistemas de referencia conlleva leyes de composición (INRC) diferentes a la de los esquemas que lo conforma: grupo de desplazamientos, en este caso la integración en el esquema formal es cuestión de asimilación y las diferenciaciones exigen acomodaciones.

Obsérvese que el requisito del desequilibrio no se dará si:

- el sujeto no quiere entrar en el juego de la asimilación y acomodación de lo nuevo (indolencia, desmotivación, falta de interés, etc),

- si producido éste, el sujeto vuelve a su anterior equilibrio rechazando o negando la perturbación (predominio de su esquema por encima de otras evidencias),

- si lo que se propone como elemento de perturbación es para él algo irrelevante,



- si el dato es tan novedoso que es imposible la asimilación.

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

Ante una perturbación externa se puede apreciar tres tipos de conductas según que el esquema sea o no modificado y el modo de compensar la perturbación:

- 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, en cuyo caso se está en presencia de conductas de tipo . Así, si un carácter que la experiencia hace evidente, contradice la anterior descripción del sujeto, despreciará el nuevo carácter incompatible con la descripción, o lo deformará a fin de plegarlo al esquema retenido para la descripción; por otro lado, si un objeto inesperado no se puede clasificar según el criterio dado anteriormente, continuará construyendo su colección sin tener en cuenta las diferencias o hará una colección aparte sin retocar sus anteriores disposiciones, y si aparece una relación no integrable en un esbozo de seriación hasta ese momento suficiente, en caso de que se empezara a hacer pares o tríos, los nuevos elementos se colocarán en un segundo trío en lugar de modificar el primero aumentando su extensión (Piaget, 1978a, pp. 73-74).
- Si el elemento perturbador surgido del exterior se integra en el sistema de modo que la compensación no sea una anulación o rechazo, sino una modificación por "desplazamiento del sistema" hasta hacer asimilable el hecho inesperado, se está ante conductas de tipo j; en este caso la modificación no consiste en anular la que introduce el objeto perturbador, sino en modificar el esquema de asimilación mismo para acomodarlo al objeto y seguir su orientación, así la descripción será mejorada, la clasificación refundida para coordinar la clase nueva con las demás y la seriación extendida o distribuida en dos dimensiones (Piaget, 1978a, pp. 74-75).
- Finalmente, las conductas de tipo j consisten en anticipar 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, así en los sujetos en posesión de estructuras de perspectiva, la proyección de una sombra o cono luminoso, no constituye una perturbación ya que se integrará en las transformaciones que pueden ser inferidas, de forma que cada transformación puede ser completamente anulada por su inversa o invertida por su recíproca, y el sentido de la compensación será el de una simetría inherente a la organización del sistema (Piaget, 1978a, p. 76).

Compensada la perturbación se llega a un nuevo equilibrio donde los esquemas mejoran su capacidad asimiladora (equilibración maximizadora, p.34) de varios modos:

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

Sugerencias didácticas

Si la pretensión de enseñanza es la de desarrollar el conocimiento del alumno con el fin de lograr una mejor adaptación a su medio, se deberían crear condiciones de enseñanza dirigidas a romper el equilibrio de los esquemas cognoscitivos para que las compensaciones cognoscitivas permita nuevos equilibrios con esquemas más evolucionados.

Para integrar un contenido de enseñanza en los esquemas del sujeto, habría que diseñar un proceso de enseñanza donde se distingue varias fases:

- Desarrollo de actividades que permitan generar en el sujeto desequilibrios cognoscitivos más o menos acusados. El nivel de exigencia de las actividades así como las nociones que en estas se impliquen deben estar al alcance de la capacidad asimiladora del sujeto, por lo que previamente se debe conocer su nivel cognoscitivo y sus esquemas explicativos en situaciones donde están implicadas las nociones que se desean enseñar (garantizar la asimilación). En esta fase se deben plantear las actividades al alumno de modo que se comprometa a entrar en un proceso que lleve a dar una solución, aclarar una cuestión problemática, mejorar un procedimiento para obtener más precisión o para evitar errores iniciales, etc. Además de evidencias que generen contradicciones, suponen también desequilibrios las cuestiones y problemas para los que el alumno no tiene solución inicial o evidente.
- Las actividades de enseñanza de la fase de reequilibración deben estar encaminadas a:
  - Marcar la dirección de trabajo, así como evidencias conceptuales o empíricas que

permitan al alumno ir compensando la perturbación desequilibradora.

- Invitar al alumno a reflexionar en determinadas direcciones, ya que la reequilibración al ser un proceso interno al sujeto requiere un tiempo de reflexión para reajustar sus esquemas iniciales, con el fin de incorporar los nuevos conocimientos (acomodación).

Tanto en una fase como en otra, mostrar soluciones al comienzo es poco menos que inhibir las reconstrucciones cognoscitivas necesarias para llegar a la reequilibración.

Obsérvese que el control del docente sobre los reequilibrios es más indirecto que el que se pueda realizar sobre los desequilibrios, pero tanto en un caso como en el otro, no existe el nivel de control que pudiera existir al enseñar de memoria por repetición unos cuantos significantes (p.e. los ríos de España). En este caso la motivación y las construcciones internas del alumno tienen la última palabra de su aprendizaje por muy buenas condiciones de enseñanza que diseñemos.

Las condiciones de enseñanza y aprendizaje deben también considerar, con la misma importancia que el aprendizaje cognoscitivo, las condiciones afectivas para que el alumno entre con interés al desarrollo de las actividades que le conducen a una adquisición cognoscitiva. Se pueden establecer las condiciones precisas que posibilitan un desequilibrio, pero si no es aceptado como tal por el alumno, porque no está motivado o le falta interés, no hay nada que reequilibrar o lo que es lo mismo, no existe aprendizaje.

Buscar una actitud de compromiso por parte del alumno para entrar en el juego que propone este tipo de enseñanza, es condición previa para tener posibilidades de éxito. En la práctica docente siempre se encuentra un grupo de alumnos dispuestos a tomar el compromiso, pero también existen otros grupos para el que no entra en sus planes hacerlo suyo: su compromiso es meramente aprobar la asignatura.

Existe en el dominio de la enseñanza de las Ciencias el mito de que si el contenido va acompañado de una buena experimentación hay una mayor garantía de que este será adquirido. Sin embargo, por si misma, la experimentación, si es desarrollada mecánicamente, sin las condiciones de aprendizaje donde se hace interaccionar a los esquemas con los datos empíricos por procesos de asimilación y acomodación (desequilibrios-reequilibrios) no pasa de la mera curiosidad del fenómeno; por ejemplo, obsérvese lo que queda en el alumno después de realizar las experiencias de un museo de Ciencias.

El experimento toma mayor efectividad didáctica si se utiliza como una pieza más que juega un papel bien determinado dentro de un contexto de desequilibrios y reequilibrios e introducimos al alumno en un ambiente de enseñanza expectante (p.e. enseñanza por descubrimiento dirigido) donde los datos empíricos le podrían dar luz a sus indagaciones para resolver un determinado problema (Marín, 1984a).

Otro mito didáctico que hay que descartar es la posibilidad de sustituir un esquema del alumno por otro generado por un contenido académico (cambio conceptual).

Según el punto de vista que se ha expuesto en esta orientación, no es posible el anterior cambio conceptual ya que cualquier nueva adquisición requiere de uno o varios esquemas del alumno para su asimilación. Lo más cercano al cambio conceptual es la asimilación de un contenido académico por un esquema seguido de una diferenciación progresiva, generándose dos nuevos esquemas con capacidades asimiladoras diferentes.

Por otro lado, el cambio conceptual sólo prevé perturbaciones entre datos externos y esquemas, no entre los mismos esquemas o entre estos y las estructuras más generales. Tampoco prevé la diferenciación de esquemas, por lo que se puede decir que la propuesta didáctica contenida en el modelo de cambio conceptual es restringida y esto es así porque dicha propuesta se hace originalmente por analogía entre la actividad del alumno y la del científico que como es bien sabido son bien diferentes.

3.2 Implicaciones didácticas neopiagetianas

Es un hecho constatable que a pesar de las críticas recibidas durante más de 60 años, Piaget es el autor más citado (Carretero, 1983, p. 208) y su teoría, a pesar de presentar algunas debilidades (ver § 4.2 más adelante), posee grandes cualidades relativas a la descripción de pautas generales e invariantes del desarrollo cognoscitivo, que ha llevado a numerosos autores a proponer nuevos enfoques para precisar, profundizar, mejorar y reformular la dirección marcada por Piaget (Vuyk, 1985, p. 567; Carretero, 1983, p. 223) y que de algún modo, consiguen paliar las deficiencias piagetianas.

Esta continuidad de la obra piagetiana ha sido especialmente fructífera al insertarse en su seno constructos, procedimientos y métodos inspirados en la psicología del procesamiento de la información (Vuyk, 1985, p. 570; Carretero, 1983; Rodríguez López, 1983). Es por ello, que se va a hacer una breve exposición de las implicaciones didácticas hechas desde supuestos neopiagetianos:



Niaz (1989, 1991), en base a investigaciones donde la variable dependiente era el rendimiento del alumno en Ciencias, aprecia que las capacidades intelectuales exigidas para la adquisión de los contenidos de Ciencias son:

1. Habilidad para transformar y procesar los datos del problema en varias direcciones.
2. Capacidad para poner en juego simultáneamente los distintos esquemas que le exige el problema o tarea.
3. Habilidad para separar información relevante de aquella que no lo es.
4. Tener adquiridos significativamente los distintos conocimientos específicos que se ponen en juego en el problema o tarea.

La relevancia de estos factores se puede apreciar en otros trabajos (Lawson, 1983; Lawson y otros, 1991; Monk, 1990; Roth, 1990; Shayer y Adey, 1993;) en los que se ponen de manifiesto que factores como el nivel cognoscitivo (Piaget, 1977a), el estilo cognoscitivo (Witkin y otros, 1977) la memoria a corto plazo (Pascual-Leone, 1979) y los esquemas específicos de los alumnos (Driver, 1986) son buenos predictores del rendimiento del alumno en Ciencias.

Lawson (1983) señala que si se pretende un buen rendimiento en conocimiento declarativo entonces "lo que el alumno sabe" antes del proceso de enseñanza sería la variable importante a considerar, sin embargo, si lo que quiere es el éxito en conocimiento procesual (operativo, en un contexto piagetiano) entonces el nivel cognoscitivo es la variable más importante a considerar. Para contenidos como la selección natural donde se requiere el procesamiento simultáneo de varios tipos de información, entonces la memoria a corto plazo o capacidad mental (MCP) es la variable relevante. Finalmente, el éxito en el rendimiento global en Ciencias parece requerir un proceso analítico propio del independiente de campo, el proceso menos analítico y global usado por los dependientes de campo al resolver problemas lleva a peores resultados. Lawson y otros (1991) muestran concluyentemente que para la adquisición de conceptos nuevos en un dominio específico es necesario el uso de un modelo general de razonamiento hipotético-deductivo.

Así pues, los factores cognoscitivos del alumno que han mostrado ser más relevantes en la adquisión de conocimientos declarativos y procesuales son:

- El nivel cognoscitivo. Caracterizado por la capacidad operatoria del sujeto para resolver cuestiones problemáticas (Piaget, 1977b). Los esquemas operacionales son generados por el sujeto por abstracción refleja a partir de esquemas de rango inferior o de las coordinaciones generales de la acción (Piaget y García, 1973, pp. 24-25) y son definidos como acciones interiorizadas y reversibles y coordinadas en sistemas caracterizados por leyes que se aplican al sistema como un todo (Piaget, 1977a, pp. 16-32). Según Piaget dichos esquemas son determinantes del comportamiento cognoscitivo del sujeto, sin embargo, un buen número de trabajos muestran que, a pesar de su relevancia, son sensibles al contenido del problema por lo que factores dependientes de aspectos específicos de la cognición del sujeto deben ser también relevantes (Marín, 1994a).
- La memoria a corto plazo (MCP). Los trabajos que enfatizan dicho factor están enmarcados dentro de las teorías cognoscitivas neopiagetianas. Pascual-Leone (1979) la define de dos modos diferentes: a) como la cantidad limitada de energía mental que puede utilizarse para activar los esquemas relevantes que podrían resolver un problema y b) como un espacio de memoria limitado donde se colocan los esquemas para resolver el problema. Este concepto permite explicar los desfases piagetianos al hacer notar que tareas con la misma exigencia operatoria requieren la activación de un número diferente de esquemas. Si el sujeto no posee suficiente espacio de memoria operativa no podrá simultanear todos los esquemas necesarios (Pascual-Leone, 1983). Case (1983) mantiene una visión de la MCP que difiere sensiblemente de Pascual-Leone: La MCP no cambia con la edad y sí la eficacia operacional del individuo, de manera que la automatización de operaciones deja espacio libre para introducir más esquemas.
- La dependencia-independencia de campo (DIC). Witkin y otros (1982) señalan que la DIC es un constructo que mide la habilidad de desenmascaramiento de tareas perceptivas, permitiendo diferenciar a los sujetos según una variable continua y bipolar en dependientes de campo, dominados fuertemente por la percepción global del campo perceptivo de forma que lo asimilan tal cual, y los independientes de campo, que consiguen distinguir y analizar por separado las partes que integran el campo perceptivo.

  La DIC está relacionada en la teoría de Piaget con el concepto de centramiento y la dependencia de los esquemas no operatorios de los aspectos figurativos y con la teoría de Pascual-Leone cuando en tareas donde existen aspectos figurativos engañosos hacen que el operador F intervenga, produciéndose un deficiente procesamiento de la información de forma que se utiliza mal la MCP (Carretero, 1983).
- El bagaje de conocimientos específicos. Actualmente está ampliamente consensuada la relevancia de los conocimientos específicos del sujeto sobre el problema a resolver, pero que éstos constituyan el único factor o el más relevante, como parece entender el MCA, es algo que no concuerda con los datos actualmente disponibles (Pozo y otros, 1992), en efecto, la imagen heterogénea que del alumno da la información que aportan las concepciones, delimitadas según la visión del MCA, es puesta en entredicho por la existencia

de correlaciones significativas en tareas formales (Pozo y otros, 1991a) o cuando los datos empíricos sobre concepciones admiten ser interpretados por los estadios piagetianos (Criscuolo, 1987; Monk, 1991).

Los conocimientos específicos del alumno son referidos, por una mayoría de autores, con términos como ideas previas, concepciones, esquemas alternativos, etc, (Jiménez Gómez, Lozano y Marín, 1994), en este trabajo se les hará referencia con el término de esquema cognoscitivo específico o simplemente cognofísico (Marín, 1995) ya que con esta noción se refleja mejor la actividad y organización cognoscitiva del sujeto, en efecto:

- La noción de concepción es un constructo delimitado de un modo inductivo, empírico y descriptivo (Hashweh, 1988; Millar, 1989; Abimbola, 1988; Posada, 1993, Sebastia, 1989b, entre otros) y en ningún momento hace referencia a la organización o a la actividad cognoscitiva del sujeto, mientras que la noción de esquema se ajusta mejor al modo con que el sujeto organiza su cognición fruto de sus experiencias cotidianas. La génesis de los esquemas se explica a partir de las interacciones del sujeto con su medio, mediante procesos de abstracción empírica y refleja (Piaget e Inhelder, 1976, p. 14; Piaget, 1981, pp. 42-43; Piaget y García, 1973, pp. 24-25).
- La concepción está ligada al pensamiento declarativo, es decir, "lo que el alumno sabe" está limitado a su conocimiento sobre los contenidos conceptuales a enseñar (Perales, 1992; Millar y Driver, 1987; Millar, 1989; Posner y otros, 1982, entre otros) mientras que los esquemas cognoscitivos dan cuenta tanto del conocimiento declarativo como del procesual. Como esquemas generados por la interacción del sujeto con su medio son utilizados por éste tanto para jugar al tenis, cruzar la calle después de estimar la velocidad de un coche, etc, como para comprender la explicación del profesor sobre cinemática (Marín, 1994a).
- Mientras que las concepciones del alumno ofrecen una imagen heterogénea y de difícil previsión (Pozo y otros, 1992), la noción de esquema dentro de un contexto piagetiano permite prever y explicar los comportamientos del sujeto ante determinadas tareas (Case, 1983), junto a nociones como asimilación, acomodación, equilibración, etc (Piaget, 1980; Piaget, 1978a). La noción de esquema permite explicar fenómenos de adquisión y recuperación del conocimiento (Pozo y otros, 1992; Davidoff, 1989).
- Unos pocos esquemas específicos y operacionales, junto a las reglas de asimilación por las que se rigen, permiten explicar una diversidad amplia de reacciones de una muestra de individuos ante una determinada fenomenología (Marín, 1994b)
- Mientras que el "conocimiento específico" (concepciones, ideas previas, ideas erróneas, etc) no es un constructo específico de los distintos factores señalados como importantes en la enseñanza de las Ciencias, la noción de esquema específico es significativa en la medida que se relaciona con la MCP ya que sería uno de los elementos que se deben establecer previamente en ésta para resolver un problema (Pascual-Leone, 1979), con la DIC puesto que se puede explicar el comportamiento de los dependientes de campo argumentando que éstos utilizan deficientemente sus esquemas para procesar información o tienen dificultades para llevar los esquemas necesarios a su MCP (Carretero, 1983; Pascual-Leone, 1983)

  Finalmente, se relaciona con la noción de operación mental (determinante del nivel cognoscitivo del sujeto) ya que éstas se generan por abstracción refleja de los esquemas específicos (Piaget y García, 1973, pp. 24-25).

Por tanto, los constructos más relevantes que intervienen en la adquisición de contenidos declarativo y procesuales son:

- Esquemas específicos
- Esquemas operatorios
- Memoria a corto plazo
- Dependencia-independencia de campo

Analizamos en primer lugar las condiciones de aprendizaje relacionadas con cada constructo, para después, sintetizando, hacer una propuesta fundamentada sobre qué condiciones de enseñanza permitirían mejorar las distintas capacidades del alumno:

3.2.1 Aprendizaje relacionado con los esquemas específicos

Respecto al aprendizaje de los conocimientos específicos del alumno en el área de las Ciencias es necesario tener presente que integración de un nuevo dato en la estructura cognoscitiva descrita por Piaget, supone la activación de algún esquema cognoscitivo en consonancia con la naturaleza del dato, dándose un proceso de asimilación a dicho esquema y, puesto que el dato posee unas connotaciones particulares, se hace necesario un proceso de acomodación del mismo a estas peculiaridades sin que la estructura pierda continuidad ni su anterior capacidad asimiladora (Piaget, 1978, p.9).

Sin los esquemas, los procesos de asimilación y acomodación no podrían tener lugar, imposibilitándose la evolución cognoscitiva; es la existencia de éstos lo que permite al sujeto poder integrar nuevas aportaciones de su exterior.

La propuesta de Piaget, además de dar pautas para diseñar la enseñanza a fin de que los contenidos académicos sean comprendidos por

parte del alumno (familiaridad del contenido para que pueda ser asimilado por el esquema), contiene orientaciones bien fundamentadas para que los nuevos contenidos puedan ser asimilados y acomodados a los esquemas del alumno, de forma que este conocimiento pueda ser transferido a otros contextos.

De esta propuesta de adquisición de nuevos conocimientos se pueden extraer algunas condiciones de enseñanza ya expuestas como orientaciones didácticas en el apartado dedicado a las implicaciones didácticas de la teoría de Piaget (§ 3.1).

El desarrollo de los esquemas exige una enseñanza donde el alumno participe lo más posible en su propio aprendizaje, a ser posible con actividades experimentales y diversificadas.

3.2.2 Aprendizaje relacionado con los esquemas operatorios

Las propuestas para el desarrollo de las operaciones mentales, están íntimamente relacionadas con la adquisición del conocimiento procesual (inferencias, verificación, control de hipótesis, relaciones causales, etc). Se debe considerar como fundamento básico que la génesis de las operaciones es más compleja y requieren mayor tiempo que la formación de esquemas específicos.

En efecto, los esquemas operatorios se desarrollan lentamente a partir de los específicos o como señala Piaget (1981, p. 43) las operaciones proceden por abstracción refleja de la coordinación de las acciones. Así, el desarrollo de los esquemas específicos, generados por abstracción empírica a partir de las interacciones del sujeto con su medio, es relativamente más rápido que el de los esquemas operacionales que requiere una reestructuración lenta (entre un estadio y otro pasan unos cuatro años), por lo que no se pueden esperar resultados espectaculares en periodos de aprendizaje relativamente cortos, por más que las condiciones de aprendizaje estén específicamente diseñadas y optimizadas para el desarrollo de las operaciones, lo que no quiere decir que sea difícil o casi imposible este aprendizaje. Lo cierto es que si no se crean las condiciones adecuadas en la enseñanza, las operaciones tendrán un desarrollo pobre o simplemente se estancarán (Shayer y Adey, 1984; Marín, 1986). Sujetos que interaccionan con un medio indolente pueden no pasar del nivel preoperacional (Bringuier, 1977, p.68).

Estudios dirigidos a dar respuestas a este problema señalan que esto es posible pero se requieren condiciones de enseñanza coherentes, "especiales" y a largo plazo, las cuáles se han expuesto en la orientación didáctica 3.1.5 en el apartado dedicado a la teoría de Piaget (§ 3.1).

3.2.3 Aprendizaje relacionado con la memoria a corto plazo y con la dependencia-independencia de campo

Las condiciones para mejorar el rendimiento de la memoria a corto plazo y la DIC dependen, en buena medida, de las descritas para desarrollar los esquemas, tanto específicos como operatorios, por varios motivos:

- La MCP no incrementa su capacidad con la maduración sino que son las estrategias que utiliza reiteradamente el sujeto, las que con el tiempo van automatizándose con lo que requieren menos espacio en la MCP para ejecutarse (Case, 1983; Mayer, 1986; Pozo y otros, 1994).
- Los esquemas recién adquiridos o poco maduros requieren del sujeto una gran cantidad de MCP que sólo la ejercitación y maduración de éstos hacen que ocupen una menor cantidad de MCP (Case, 1983; Marín, 1994b).

No obstante, procesos encaminados a potenciar la atención y motivación del alumno permiten mejorar el rendimiento de la MCP (Pozo, 1992).

Case (citado por Lawson, 1983) sugiere que las situaciones que requieren bastante memoria de trabajo, pueden hacerse menos difíciles al minimizar el número de items de información que los estudiantes deben atender y maximizar la familiaridad e importancia de la información.

Pascual-Leone cree que la capacidad de la MCP aumenta con la maduración del sujeto aproximadamente una unidad cada año, de modo que éste puede colocar un mayor número de esquemas en la MCP, aumentando su capacidad operativa. Según esta idea, la secuencia de los estadios de Piaget se podría explicar como una característica numérica (Pascual-Leone, 1979, p. 224).

Si esta propuesta de Pascual-Leone supone que el desarrollo cognoscitivo depende de su grado de maduración, pocas medidas didácticas se podrían tomar, además de las ya descritas para los esquemas cognoscitivos, por el contrario, si la evolución de la MCP se liga a la estadios cognoscitivos piagetianos, entonces las condiciones señaladas para el desarrollo de las operaciones mentales serían válidas para la MCP ya que éstas últimas son, según Piaget (1977b) el indicador más significativo de cada estadio.

Los datos parecen indicar que la DIC es una variable del sujeto que evoluciona poco a lo largo de su desarrollo cognoscitivo, de forma que un dependiente de campo a los 7 años tiene una gran probabilidad de que lo siga siendo durante toda su vida (Witkin y otros, 1977).

Pascual-Leone (citado por Carretero, 1983) considera que la independencia de campo no depende sólo del estilo cognoscitivo sino que es el resultado del aumento del espacio mental del sujeto (MCP), de modo que la adquisión de contenidos de Ciencias depende tanto de la capacidad analítica del sujeto como de la amplitud del espacio mental, y la DIC sería una dimensión cognoscitiva no esencialmente evolutiva, lo que se traduce en una dificultad para encontrar condiciones de aprendizaje adecuadas que posibiliten un progreso del polo dependencia a independencia de campo.

3.3 Conclusiones para la enseñanza de Ciencias

El aprendizaje que lleva al desarrollo integral del alumno es complejo, difícil y requiere un periodo de tiempo largo de aprendizaje coherente (Pozo y otros, 1994).

Se impone actuar en periodos largos de aprendizaje coherentemente con un modelo didáctico de probada eficacia. Si se está hablando de periodos de varios cursos académicos y de que el alumno aplique sus operaciones a una diversidad de contenidos, se está implicando en este proceso a un buen número de docentes que de no tener una actuación didáctica coherente con un modelo didáctico, es muy posible que los logros de unos utilizando estrategias operativas se vean truncados por la enseñanza expositiva de otros docentes.

El modelo piagetiano (Shayer y Adey, 1993) desarrollado en este trabajo podría significar el substrato que diera dicha coherencia a las estrategias de enseñanza, al fin y al cabo es, como se puede comprobar por la bibliografía consultada, el más utilizado en aquellas investigaciones llevadas a cabo en el dominio de la enseñanza de las Ciencias que poseen contexto teórico (Moreira, 1994). Básicamente este modelo está fundamentado a su vez en una representación del alumno con una estructura cognoscitiva bien organizada en esquemas específicos y operatorios, los cuales utiliza tanto para asimilar nueva información antes de ser almacenada en la MLP, como para recuperar ésta. Esta visión del alumno coherente, que reacciona de inmediato para solucionar a su modo conflictos cognoscitivos, procurando estructuras cada vez más estables (Piaget, 1978a), permite predecir y explicar en buena medida su rendimiento académico, una vez conocido su nivel cognoscitivo (Shayer y Adey, 1984; Lawson y otros, 1991).

4

Análisis crítico de los fundamentos de la perspectiva cognoscitiva

Al igual que se realizó un estudio crítico de la perspectiva científica para fundamentar propuestas didácticas, resta hacer lo mismo para los distintos fundamentos de la perspectiva cognoscitiva.

4.1 Análisis crítico de la teoría de Ausubel

En ausencia de una determinada trama conceptual propiamente piagetiana (operación mental, abstracción simple y refleja, esquemas de acción, etc), Ausubel al apoyarse en los estadios piagetianos para describir la evolución cognoscitiva, presenta indiferenciaciones y desajustes que le llevan a expresar desacuerdos y críticas con la teoría de los estadios del conocimiento. De haber trazado su propia evolución utilizando la trama conceptual que le caracteriza, posiblemente no le hubiera llevado, debido a su visión continuista y acentuada en la abstracción que define los conceptos, a marcar cambios sustanciales en dicha evolución, reduciéndola a incrementos de conceptos y sus relaciones, que tendría, en última instancia, que explicar.

Ahora bien, Piaget (1984, 1977a, 1977b) desarrolla su teoría del conocimiento a partir de un número reducido de supuestos axiomáticos (la continuidad biológica-cognoscitiva, la interacción sujeto-objeto como elemento generador del conocimiento, la continua equilibración -adaptación- de la estructura cognoscitiva con su medio por mecanismos de asimilación y acomodación análogos a los biológicos), diferenciando todo su entramado conceptual, ayudado permanentemente por los datos empíricos que le aportan sus entrevistas clínicas con los niños, consiguiendo una coherencia tanto de coordinación como de subordinación de las distintas partes, realmente seductora.

¿Qué se puede decir de Ausubel al respecto? en primer lugar, los conceptos ausubelianos de índole psicológica son presentados y definidos operativamente por su comportamiento en el plano de la enseñanza (conceptos primarios y secundarios, diferenciación progresiva, inclusión obliterativa), quedando siempre cierto malestar por no quedar clara la entidad psicológica de algunos de estos conceptos, lo que le confiere más un carácter de técnica educativa que de teoría psicológica. Creemos que la postura correcta estaría en fundamentar los planteamientos de enseñanza y de aprendizaje en el plano psicológico y no a la inversa, si bien esta última dirección puede aportar útiles elementos de constatación empírica a los planteamientos psicológicos. Este punto de vista del carácter no teórico de la propuesta ausubeliana es también confirmado por otros autores (Cawthron y Rowell, 1978, citados por Aliberas, 1989a).

En este orden de cosas, habría que señalar que tanto Ausubel (1982, p.63-4) como Novak (1982, p.90-2) consecuentes con los fundamentos del aprendizaje significativo, subrayan, creemos que de forma muy acertada, las diferencias entre significado lógico y psicológico de un contenido de enseñanza: el primero, es inherente a la propia naturaleza del contenido y a sus relaciones dentro del cuerpo de conocimientos científicos; el segundo, se refiere a la presentación del contenido de modo que se pueda producir aprendizaje significativo en la estructura cognoscitiva. A este respecto, Novak se queja de que la mayor parte de los profesores y libros de texto siguen un orden más lógico que psicológico. Además, habría que matizar que una diferenciación lógica no tiene por qué ser

psicológica y, esto es más cierto, a medida que se consideran niveles cognoscitivos más alejados e inferiores al nivel formal, donde las diferencias entre la lógica científica y aquella que hace uso un individuo preoperacional son bastante considerables.

¿Cuál es la propuesta de Ausubel y Novak para estructurar y presentar un contenido de enseñanza de forma significativa? Las instrucciones son claras, es necesario investigar lo que ya conoce el alumno sobre el contenido y tener en cuenta este factor para fundamentar el diseño de enseñanza. Sin embargo, buscando los procedimientos que indiquen cómo utilizar el contenido de la estructura cognoscitiva relativo al material a enseñar, para elegir los organizadores previos, establecer una relación inclusiva por diferenciación progresiva, y para decidir en qué punto del entramado jerárquico es necesario proceder con una estrategia de reconciliación integradora, sólo se aprecian definiciones de los términos, razones, funcionalidad, ventajas y quejas, por lo que la famosa indicación ausubeliana tendría que llevarse a la práctica de una forma lógica.

Más aún, siendo los inclusores tan vitales en la teoría ausubeliana, sorprende que no se proponga una metodología para su búsqueda, ya que tendrían que aportar la necesaria y suficiente información para estructurar un contenido a enseñar, según las conocidas indicaciones que da esta teoría para provocar un aprendizaje significativo.

Finalizar esta valoración de la teoría ausubeliana indicando que el organizador previo tiene significación didáctica en contenidos donde predominen los conceptos clasificatorios y las relaciones inclusivas (por ejemplo, Biología), en determinados contenidos de enseñanza, donde los aspectos operacionales predominan, como es el caso de la Física, tiene una mayor significación y determinación el nivel operativo del alumno al que va dirigido el contenido (Shayer y Adey, 1984). Es curioso observar que todos los ejemplos utilizados por Ausubel y Novak para ilustrar la diferenciación progresiva y la reconciliación cognoscitiva son de índole clasificatorio, coincidencia lógica cuando se considera la estructura cognoscitiva conteniendo un entramado conceptual jerarquizado por relaciones inclusivas y donde las operaciones mentales, las acciones irreversibles interiorizadas, las sucesivas descentralizaciones del sujeto, etc, no tienen cabida.

4.2 Análisis crítico de la teoría de Piaget

Para hacer el análisis crítico vamos a apoyarnos en el extenso trabajo de recopilación crítica realizado por Rita Vuyk (1985) para realizar su valoración crítica de la teoría piagetiana ya que recoge de un modo casi sistemático las críticas hechas a este autor.

Dada la dispersión de los argumentos críticos, se ha llevado a cabo una labor de síntesis y agrupamiento, obteniendo las siguientes categorías:

4.2.1 El contenido es tan determinante como la estructura lógica de una tarea

Este argumento es, con diferencia, el que con mayor frecuencia se presenta a lo largo del trabajo recopilatorio de Vuyk y se plantea de las más diversas formas y contextos, por citar algunos: existen muchas variables que facilitan la resolución de una tarea (p. 481; pp. 504-506), el contexto de la tarea también influye (pp. 484-485), no se presta atención a los modos diferentes en que se desarrollan los individuos dentro de cada estadio, pasando por alto las diferencias individuales (p. 450; p. 512), la capacidad de reversibilizar del sujeto depende de la novedad de la tarea (p. 523), no es cierto que con las operaciones mentales la forma se hace independiente del contenido (p. 518-519) o se han encontrado importantes desfases entre la capacidad de seriación de la longitud y el peso (p. 489).

4.2.2 Críticas sobre los estadios

Aparte de las anteriores críticas que pueden verse como argumentos en contra de los estadios, al estar estos definidos por la estructura lógica de la estructura cognoscitiva del sujeto, existen otras que resaltan la falta de criterios para definir el periodo formal (p. 513), las propiedades estructurales de los distintos estadios no se describen de un modo satisfactorio (p. 380), o el hecho de que existen imágenes anticipadoras en el nivel preoperacional (pp. 415-416). En otro orden de cosas, es curioso apreciar argumentos relativos a la existencia de adelantos de edad a la que se alcanza un estadio, respecto a los anunciados por Piaget (p. 480; p. 537), como relativos a atrasos (p. 501; p. 507).

4.2.3 El entramado piagetiano tiene carácter descriptivo

La primera toma de contacto con este argumento dio la impresión de ser totalmente gratuito, sin embargo es necesario señalar que aparece con cierta frecuencia en distintas partes de este trabajo crítico, así se señala al grupo INRC como una mera descripción de los fenómenos físicos que se presentan al niño (p. 359), el concepto de esquema comenzó siendo una descripción de la capacidad de la tarea, siendo reformulado posteriormente para ser una explicación de esta capacidad (p. 387), las estructuras no pueden explicar la conducta, porque sólo describen ésta o la tarea (p. 394), o los estadios no tienen entidad explicativa ya que no existen variables antecedentes que sean responsables de los cambios, ni existen procedimientos para medir dichas variables independientemente de los cambios de conducta (p. 465).

4.2.4 La teoría de Piaget está formulada en términos tan vagos que es imposible falsarla

No es un argumento que aparezca con frecuencia, y resulta chocante si se tiene en cuenta que es la teoría que más diseños experimentales ha sugerido con el fin de contrastarla empíricamente, pero en consideración a los autores que tienen en cuenta este extremo, se exponen algunos de sus argumentos, como el que señala que la concepción adaptativa del desarrollo cognoscitivo es tan amplia, abstracta y compleja que es difícil encontrar la manera de comprobarla empíricamente (p. 374), o el que indica que las estructuras piagetianas suelen relacionarse con los datos empíricos sólo de manera muy indirecta (p. 380), o que el carácter metateórico de las estructuras, de la equilibración, las hace inverificables empíricamente, o el que argumenta que Piaget nunca admite las falsaciones de su teoría o de parte de ella, haciendo infalsable su posición (p. 530).

4.2.5 La descripción del pensamiento natural en términos de estructuras lógicas no es la más adecuada

Este aspecto es, a la vez, uno de los logros más depurados de la teoría de Piaget y uno de los más criticados, incluso por los propios neopiagetianos (p. 347; Shayer y Adey, 1984; Pascual- Leone, 1983; Case, 1983), así se le critica que: a) el grupo INRC es una descripción trivial de los fenómenos físicos que se le presentan al niño (p. 359), b) la idea de que la lógica proposicional representa un nivel más avanzado de complejidad que la lógica de las relaciones o la lógica de las clases (p. 360) y, c) la utilización de la lógica proposicional para explicar los resultados de los experimentos realizados por Inhelder y Piaget es una elección poco afortunada y debería ser sustituida por la lógica dialéctica (pp. 366-367).

Piaget se defendió de las anteriores acusaciones, mostrando cómo la lógica de proposiciones es superior a las clases, o negando la existencia de la lógica dialéctica, ya que lo que es dialéctico en la lógica es su desarrollo histórico y no la propia lógica, argumento que está de acuerdo con la opinión de los dialécticos rusos actuales (p. 367). Termina Vuyk señalando la existencia de autores que valoran el intento de Piaget de descubrir una lógica del pensamiento natural y que en lugar de enfrentarse a él habría que aunar esfuerzos (p. 368).

4.2.6 Muchas críticas que se hacen a Piaget poseen poco fundamento o están mal documentadas

Vuyk admite que resulta desagradable tener que realizar la anterior afirmación, pero es un hecho real que ocurre con cierta frecuencia y que, por tanto, es necesario denunciar. Así, ante ciertas críticas, Vuyk señala que:

- [A propósito de un comentario crítico] Esa misma idea ya fue expresada por Piaget (p. 496).
- El crítico no está hablando de lo mismo que Piaget (p. 531).
- Hay tanta diferencia entre la replica de la tarea piagetiana que comenta el crítico y la referenciada que los datos no valen para refutar nada (p. 480).
- No se puede culpar a Piaget por no haber estudiado todo el campo de la conciencia (p. 426).
- Parece superflua la crítica de la devaluación de la influencia del entorno social cuando Piaget nunca negó este extremo (p. 421).
- Ante las críticas sobre la edad en la que se logran los estadios se aclara que ésta noción no requiere una concurrencia estricta (p. 448).
- Ya Piaget comprobó que las variaciones en el estímulo influyen en los resultados (p. 494).
- A veces, se ataca o demuestra la incorrección de afirmaciones que nunca hizo Piaget (p. 507).
- Sobre el periodo formal existe un número importante de críticas e investigaciones irrelevantes (pp. 508-512).
- No se puede criticar a Piaget por lo que no investigó (p. 512; pp. 563-564).
- Muchos críticos se documentan en obras pasadas (pp. 419-20; p. 425; p. 428; p. 515). Recientemente Kitchener (1992) se ha manifestado en esta dirección al señalar que Piaget ha sido objeto de múltiples críticas poco fundamentadas, principalmente por un desconocimiento de su obra, puesto que sólo fueron traducidos a la lengua inglesa cinco de sus libros y, la mayoría de sus críticos, desconocen los experimentos piagetianos.

4.2.7 No hay una argumentación crítica suficientemente valida que aconseje abandonar el trabajo de Piaget que, aunque criticable, merece aunar esfuerzos para su continuidad

Este argumento aparece una y otra vez a lo largo del trabajo de Vuyk, así se resumen las discrepancias sobre la formalización lógica del pensamiento haciendo ver que hay tantos autores que rechazan el formalismo piagetiano, como aquellos que valoran mucho dicho intento formalizador, por lo que sería mejor que algunos críticos aunarán esfuerzos en lugar de enfrentarse a Piaget (p. 368); en este sentido son frecuentes los comentarios tales como: "muchas teorías han sufrido una fuerte influencia de Piaget, pero difieren en el grado en que el resultado final sigue siendo "piagetiano"" (p. 369), "hay muchos datos que, de un modo u otro, confirman su teoría" (p. 440; p. 443; p. 494), "es posible defender a Piaget de la crítica de que no se puede falsar" (p. 530), "Piaget se ha formulado los interrogantes correctos" (p. 562), "muchos críticos opinan que el método de Piaget es útil en una primera aproximación" (p. 564), "miles de niños de 4 a 11 años han dado obedientemente respuestas en réplicas exactas de las situaciones dispuestas por Piaget" (p. 565),



"otros investigadores han ido más allá de Piaget..,.. recientemente se han producido avances en Ginebra [seguidores de Piaget]" (p. 567). Finalmente decir que se dedica un apartado sobre los autores que dan continuidad a Piaget (p. 567-573).

La recopilación de Vuyk acaba citando los argumentos que daba el propio Piaget sobre una valoración de su teoría, de entre los cuales se entresaca lo siguiente:

"Tengo la convicción, ilusoria o fundamentada y de la que sólo el porvenir mostrará la parte de verdad o de simple tenacidad orgullosa, de haber despejado un esqueleto general más o menos evidente, pero aún lleno de lagunas, de tal manera que al colmarlas uno se verá llevado a diferenciar en él, de múltiples maneras, las articulaciones, sin por esto contradecir las grandes líneas del sistema. La historia de las ciencias experimentales abunda en ejemplos instructivos al respecto. Cuando una teoría sucede a otra la impresión inicial es que la contradice y la elimina, mientras que la continuación de las investigaciones conduce a retener de aquéllas más de lo previsto. Mi ambición secreta es que las tesis que se podrían oponer a las mías aparezcan finalmente no como contradictorias con ellas, sino como resultantes de un proceso normal de diferenciación" (Bringuier, 1977, p.247).

5

Conclusiones sobre los fundamentos de DCE

El análisis crítico precedente permite, además de posicionar al lector en la ponderación de las distintas propuestas didácticas, precisar la postura aquí adoptada sobre los distintos fundamentos.

5.1 Análisis crítico a las propuestas didácticas fundamentadas desde la perspectiva del conocimiento científico

Se ha podido apreciar que las connotaciones diferentes entre los contenidos cognoscitivos del sujeto y los que son propios de la producción científica, hace que la Epistemología del individuo no pueda presentarse como un caso particular, ni se pueda reducir a una Epistemología de la Ciencia. Cada una aborda tipos de conocimiento diferentes, el cotidiano y el científico.

El problema de toda analogía es que sus limitaciones comienzan a ser evidentes allí donde se hacen más palpables sus diferencias con el sector de lo real que pretende modelizar. Por esto, las orientaciones didácticas fundamentadas en la Epistemología de la Ciencia, son válidas en tanto permiten una primera aproximación para solucionar los problemas de enseñanza en Ciencias, pero en la medida que existe un mayor acercamiento a la realidad cognoscitiva que se pone en juego en el proceso de enseñanza, sería más adecuado llevar a cabo la fundamentación didáctica con un contexto teórico cuyo objeto de estudio sea la formación del conocimiento individual.

Consecuentemente, las propuestas de enseñanza hechas desde la Epistemología de las Ciencias deberían ser revisadas, así por ejemplo:

- Las propuestas de cambio conceptual tan aplaudidas como criticadas (Strike y Posner, 1990; Sebastia, 1993; Claxton, 1986; Weil-Barais y Lemeignan, 1991; Villani y Pacca, 1990), en los casos en que las concepciones estén fuertemente arraigadas, deberían ser matizadas y, en otros casos, ampliadas por propuestas didácticas fundamentadas en mecanismos cognoscitivos más cercanos a cómo se da la adquisición de nuevos conocimiento en el alumno, como son los mecanismos de equilibración cognoscitiva propuestos por Piaget (1978a).
- Las propuestas de resolución de problemas desde la metodología científica (por ejemplo Gil y otros, 1988a) podrían matizarse y ampliarse estableciendo nuevas condiciones de aprendizaje que considere factores tan significativos como la capacidad de la memoria operativa, el nivel y estilo cognoscitivo, etc (Niaz, 1991b; Lawson y otros, 1991; Monk, 1990; Roth, 1990; Shayer y Adey, 1993).
- La metodología utilizada desde la perspectiva que da el contenido objeto de enseñanza para delimitar las concepciones del alumno es restrictiva, en tanto sólo toma información del alumno relativa a dicho contenido, y sesgada, puesto que las diferencias entre contenidos del alumno y científicos convierte a estos últimos en esquemas inadecuados para interpretar los datos que ofrece el alumno. Se hace necesario configurar una metodología fundamentada en un contexto teórico cuyo objeto de estudio haya sido, entre otros, la formación de dichas concepciones como es el caso de la Epistemología Genética (Marín, 1995).

Finalmente indicar que las propuestas didácticas desde la perspectiva científica sobre cambio conceptual, resolución de problemas o detección de ideas previas, presentan cierto carácter disyunto ya que parten de supuestos explícitos o implícitos tomados de diferentes partes de la Epistemología de la Ciencia, así:

- El cambio conceptual toma su fundamento en las epistemologías propuestas por Khun y Lakatos.
- La propuesta para la resolución de problemas se fundamentan claramente en procedimientos característicos de la metodología científica.
- La búsqueda de concepciones está orientada fundamentalmente por la estructura científica del contenido académico o la evolución histórica de éste (Marín, 1995).

Esta escasa coherencia no debería darse si tenemos en cuenta que los mecanismos cognoscitivos (del alumno) que se enfrentan al cambio conceptual son los mismos que los que lo hacen para resolver problemas y, a su vez, ponen en juego esquemas cognoscitivos que son los causantes de las concepciones.

Por el contrario, las orientaciones didácticas para diseñar estrategias de enseñanza que se deducen de un contexto neopiagetiano son las mismas o se complementan ya estén dirigidas al cambio conceptual o a resolución de problemas (Marín, 1991), ya se refieran a un contexto de enseñanza o a un contexto de detección de concepciones (véase Marín, 1995).

Por tanto, las aportaciones novedosas de los fundamentos desde la perspectiva del alumno respecto a la científica son las siguientes:

- Da un sentido más coherente a las propuestas didácticas.
- Se acerca más consecuentemente a los mecanismos cognoscitivos del alumno que pone en juego en su aprendizaje.

5.2 Análisis crítico a las propuestas didácticas fundamentadas desde la perspectiva del conocimiento del alumno

Como es lógico, tampoco las propuestas didácticas desde la perspectiva del conocimiento del alumno se salvan de críticas, la mayoría de ellas, como hemos visto en § 3.4, se centran en las mismas teorías que las fundamentan.

Algunas críticas sobre las limitaciones didácticas de las propuestas de la perspectiva del conocimiento del alumno (Aliberas y otros, 1989a) son:

- Respecto al modelo piagetiano, se centran en el hecho de que la epistemología genética no conduce unívocamente a un modelo de aprendizaje y, principalmente, en las dificultades de la teoría para explicar el papel de los contenidos en la enseñanza (Pozo y otros, 1991a). Por otro lado, la transferencia de conocimientos tendría que ser mayor que la encontrada en la práctica.
- Respecto al modelo de Ausubel, ha decepcionado el que no se hayan cumplido muchas de sus expectativas: los organizadores previos han permanecido inconcretos, difíciles de construir y distinguir de otros similares como puede ser la introducción a un tema. Los conocimientos previos se han revelado más resistentes de lo que el modelo prevé, mostrándose incapaz de explicar el cambio conceptual que supone una reestructuración más profunda que lo que propone la diferenciación progresiva o la reconciliación integradora. En un contexto ausubeliano, los errores adquieren el carácter de equivocaciones que hay que corregir, más que puntos de partida para la comprensión gradual de otros conceptos científicos. En definitiva, la teoría no establece las condiciones que garanticen un aprendizaje significativo.

La propuesta de Ausubel establece condiciones, primordialmente, para conseguir la comprensión de los contenidos conceptuales de la enseñanza obviando los contenidos procedimentales (Mathieu y Thomas, 1985; Herron, 1978; Lawson, 1983), por el contrario las implicaciones didácticas de la teoría de Piaget pretende la adquisición de todo tipo de contenidos objeto de enseñanza por procesos de asimilación y acomodación, es decir, busca la integración del nuevo conocimiento en algún esquema del sujeto que forma parte de su bagaje cognoscitivo, de forma que el alumno utilice los contenidos académicos como esquemas asimiladores semejantes a los que se derivan de su interacción con el medio (Marín, 1995).

Por esta razón, se ha apreciado que ambos modelos poseen cierto grado de complementaridad, así cuando se trate de enseñar contenidos declarativos o nuevos conocimientos que encajen fácilmente -sin conflictos- en los anteriores es preferible el modelo de Ausubel, pero cuando se trate de saber el cómo de las cosas (conocimiento procesual) resultará más útil el modelo piagetiano (Aliberas y otros, 1989a).

Ahora bien, si la pretensión de la enseñanza es llegar a la posibilidad de que el sujeto utilice ese nuevo contenido como una parte más de su bagaje cognoscitivo en sus conductas intelectivas ante el medio, la propuesta de Ausubel es insuficiente por varios motivos:

- Es un hecho el que se puede comprender una información verbal y al poco tiempo olvidarla, pero si se adquiere por asimilación y acomodación, es decir, si el nuevo conocimiento se integra en un esquema de la estructura cognoscitiva, entonces la probabilidad de olvido es semejante a la que podría sufrir el juego que se aprendió en la infancia.
- Desde la psicología del aprendizaje parece haber unanimidad en que este acto de comprensión no implica por sí solo una adquisición duradera (Beltrán, 1993).
- El conocimiento teórico de un sujeto no se refiere sólo al conjunto organizado de conceptos; también lo constituyen las estrategias y reglas que permiten la valoración individual de los hechos y acontecimientos, así como los procedimientos que permiten utilizar y justificar este conocimiento (Duschl y Gitomer, 1991).

Todo ello permite afirmar que la comprensión ausubeliana es condición necesaria pero no suficiente para que se dé una adquisión duradera y, por tanto, las propuestas desde la teoría de Ausubel estarían más limitadas que las realizadas desde la de Piaget.

5.3 Aspectos complementarios entre propuestas desde la perspectiva científica y cognoscitiva

En la búsqueda de concepciones en el alumno, desde la perspectiva científica los aspectos generales de la cognición del alumno (nivel cognoscitivo u operacional, memoria a corto plazo y DIC) han sido, por un sector amplio de investigaciones, sistemáticamente olvidados u omitidos, centrando su interés principalmente en la búsqueda de aquellas ideas del alumno relacionadas con los contenidos conceptuales de Ciencias (Marín, 1995).

Por otro lado, antes de que esta perspectiva tomara rango paradigmático, coincidiendo con el apogeo de la teoría piagetiana para fundamentar la investigación en enseñanza de las Ciencias (Gómez y otros, 1992), el nivel cognoscitivo del alumno era la variable más importante sobre la que había que fundamentar la selección y secuenciación de los contenidos de enseñanza (Shayer y Adey, 1984). La noción de nivel cognoscitivo, junto al andamiaje conceptual piagetiano ofrece una imagen del alumno como un organizador de su información bastante coherente, homogénea y predecible (Pozo y otros, 1991a).

Sin embargo, el conocimiento espontáneo o natural del sujeto no es tan homogéneo como lo describía Piaget, ni tampoco tan heterogéneo como pretende el MCA: las operaciones mentales se manifiestan muy dependientes del contenido y existen correlaciones significativas en tareas formales que no pueden predecir las concepciones, es decir, los datos parecen reclamar niveles de generalidad intermedia entre ambos puntos de vista (Pozo y otros, 1991a).

Son muchos los autores que han criticado la tendencia de la perspectiva científica por centrarse exclusivamente en aspectos de la cognición específica del alumno, no considerando los logros que el trabajo piagetiano aportó tanto en aspecto específicos como generales de la cognición del sujeto (López Rupérez, 1990; Perales, 1992).

La teoría piagetiana posee capacidad predictiva para delimitar un tipo de preconceptos, posteriormente determinados empíricamente, y por su capacidad interpretativa y explicativa (Carey, 1986; Criscuolo, 1987). Muchas concepciones pueden ser explicadas a través de los mecanismos cognoscitivos propuestos por Piaget sobre las explicaciones causales (Pacca y Saraiva, 1989). Perales (1992) utiliza determinados planteamientos piagetianos para explicar, de un modo bastante aceptable, las estrategias del cambio conceptual. Niaz (1991) pone de manifiesto la importancia tanto del contenido como de las operaciones mentales del sujeto, lo que sugiere la necesidad de modelos que expliquen tanto los aspectos generales y estructurales de la cognición como los específicos relativos a los contenidos (Gómez y otros, 1992; Feldman, 1990). Esto hace que se proponga como deseable buscar alternativas aglutinadoras o, al menos, lejos de hacer exclusiones, utilizar en función de la naturaleza de la investigación o del tipo de aprendizaje lo mejor de cada tendencia (Herron, 1978; Aliberas y otros, 1989a; Perales, 1992; López Rupérez; 1990; Pozo y otros, 1992; entre otros). Un modelo cognoscitivo que aglutina las manifestaciones específicas y generales del aprendizaje del alumno se presenta en § 5.6.

El capítulo 4 está dedicado a establecer una metodología para delimitar información de interés didáctico que el alumno puede aportar al educador, a fin de ajustar lo más posible los diseños de enseñanza a sus peculiaridades cognoscitivas, coherentes con las propuestas didácticas presentadas.

CAPÍTULO 4

INFORMACIÓN A OBTENER EN EL ALUMNO DE INTERÉS DIDÁCTICO

1 Introducción

En la enseñanza de las Ciencias existe actualmente 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 (por ejemplo, Solbes y Vilches, 1993; Furió, 1994; Gil, 1994a; M.E.C, 1989). Mejorar esta adaptación supone no olvidarse de la enseñanza de contenidos procesuales y actitudinales asociados a los contenidos declarativos.

Las propuestas didácticas que se utilizan en las investigaciones del dominio de la DCE que pretenden la consecución de los objetivos anteriores, asumen que para conseguirlos se hace necesario utilizar los planteamientos que se deducen de la visión constructivista de la enseñanza.

También las propuestas oficiales de enseñanza, asumen objetivos semejantes a los anteriores, y han optado claramente por los planteamientos constructivistas (M.E.C, 1989; BOJA, 9/6/92).

En términos generales, la visión constructivista asume que el alumno construye sus nuevos conocimientos tomando como base y referencia los suyos propios, por lo que un paso previo a los diseños de enseñanza es conocer "lo que el alumno sabe" sobre el contenido objeto de enseñanza.

Uno de los problemas de mayor importancia en el dominio de la DCE y que ha generado una multitud de publicaciones (Carmichael y otros, 1990, Confrey, 1990) en las dos últimas décadas, ha sido determinar el conocimiento del alumno sobre los contenidos de enseñanza a fin de encontrar pautas adecuadas que permitan diseños de enseñanza acomodados a sus peculiaridades cognoscitivas.

De hecho, se puede afirmar que cuanta mayor información 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.

No es difícil comprender, por tanto, la importancia que tiene para el investigador en Didáctica dicha acomodación, ya que cualquier modelo didáctico que no considere las variables inherentes al alumno, no puede garantizar una buena asimilación de los contenidos de enseñanza (Shulman, 1989).

2 Dependencia entre objetivos de enseñanza, información requerida del alumno y rentabilidad didáctica

Es necesario relativizar la importancia que tiene "lo que el alumno sabe" sobre el contenido objeto de enseñanza; obsérvese que si el objetivo de enseñanza es que el alumno memorice un determinado contenido, posiblemente no sería

necesario conocer sus concepciones sobre dicho contenido.

Según sea el grado de adquisición con el que se pretende enseñar un nuevo contenido al alumno, así será la información que requiere el docente de éste.

2.1 Diferencias entre memorizar, comprender y asimilar. Implicaciones didácticas

Existen grados en la adquisición de un contenido de enseñanza que van de la simple memorización a la modificación de esquemas de conocimientos, pasando por los distintos niveles de comprensión de dicho contenido:

- Asimilar un nuevo conocimiento supone integrarlo en algún esquema cognoscitivo, modificándolo sustancialmente, de modo que a partir de ese momento el sujeto lo puede utilizar como lo hace con los conocimientos que integran su bagaje cognoscitivo: para dirigir sus conductas intelectivas frente al medio, comprenderlo, explicarlo y actuar sobre él de un modo más adecuado.
- Comprender se da cuando el sujeto relaciona el nuevo conocimiento con los que él ya posee de modo que podría expresarlo "con otras palabras". En un entorno de enseñanza, el mayor alcance de la sola comprensión "académica" puede ser una exposición satisfactoria en un examen.
- Memorizar es el modo de adquisición más sencilla, supone la capacidad de reproducir o copiar lo adquirido; aunque puede ocurrir que lo que el sujeto cree que es copia no coincida con lo copiado (Piaget e Inhelder, 1968).

La complejidad para distinguir memorizar, comprender y asimilar, lleva a dejar claro que más que resolver la cuestión en el plano conceptual y teórico, se intentará hacerlo de un modo operativo en lo que se refiere a su aplicación en el plano de la enseñanza.

Memorizar no supone comprender, ya que se puede retener una frase sin comprenderla o recordar un gráfico sin comprender sus significado.

Comprender tampoco supone asimilar; es posible comprender una información verbal y al poco tiempo olvidarla, pero si se adquiere por asimilación, es decir, si el nuevo conocimiento se integra en un esquema de la estructura cognoscitiva, entonces la probabilidad de olvido es semejante a la de cualquier juego que se aprendió en la infancia (trompo, tabas, canicas, etc). Algunos argumentos que apoyan esta diferencia son:

- Desde la psicología del aprendizaje parece haber unanimidad en que el acto de comprensión no implica por sí solo una adquisición duradera (Beltrán, 1993).
- Comprender sin asimilar permite al sujeto poder expresar el mensaje "con otras palabras", pero nunca poder utilizarlo para resolver un problema nuevo o inferir algún tipo de conducta intelectiva frente al medio.
- Lo comprendido sin proceso de asimilación es susceptible de olvido, por lo que parece plausible suponer que el proceso de asociación a un significado se da en una zona diferente a la memoria a largo plazo (MLP): posiblemente la memoria de trabajo (MT) o memoria a corto plazo (Mathieu y Thomas, 1985, p. 241).

Creemos plantear el problema en sus términos justos cuando se señala que las condiciones de aprendizaje para que lo comprendido en la MT pase a la MLP, son más complejas que las que se requieren para llevar a cabo la comprensión, hasta el punto de que esto último hay que verlo como requisito de lo primero.

Las condiciones de aprendizaje que se requieren para responder a todas las cuestiones de un modo más o menos satisfactorio deben llevar a integrar la información comprendida en la estructura cognoscitiva, mediante la participación de uno o varios esquemas ya existentes por procesos de asimilación y acomodación (Piaget, 1977a); de este modo el conocimiento integrado en un esquema:

- Se hace operativo y se puede aplicar en contextos diferentes.
- Podría formar un nuevo esquema por diferenciación (Piaget y García, 1973).
- Es susceptible de extender su capacidad asimiladora mediante nuevos procesos de asimilación y acomodación ante lo adquirido por nuevas interacciones del sujeto.

El paso de comprender a asimilar no es fácil y conlleva un alto coste en recursos didácticos y en tiempo de aprendizaje (habría que cuestionarse su rentabilidad didáctica) pues requiere del sujeto además de la comprensión:

- Coherencia en el nuevo conocimiento.
- Apreciar que el nuevo conocimiento responde satisfactoriamente a las demandas que le plantea su entorno.
- Que el medio le plantee problemas para cuya solución sea necesario o más conveniente utilizar el nuevo conocimiento.

Desde perspectivas dadas por la Epistemología de la Ciencia, los requisitos son los mismos que los anteriormente dados: útil, plausible, fructífero e inteligible (por ejemplo, Posner y otros, 1982; Hewson y Thorley, 1989).

Los objetivos de enseñanza de las Ciencias se refieren a la adquisición de los contenidos de enseñanza por asimilación ya que la transferencia del conocimiento no es posible si dichos contenidos no se insertan en algún esquema de conocimiento.

Sin embargo, es necesario que el docente sea consciente del coste didáctico que supone pasar de comprender a asimilar, de modo que, más que tomar los objetivos como metas, habría que

considerarlos como orientaciones que dan coherencia a un determinado tipo de enseñanza.

2.2 La información requerida del alumno depende de los contenidos y objetivos de la enseñanza de las Ciencias

Es muy posible que la información que le aportan al docente las concepciones previas de los alumnos no sea un requisito imprescindible para que estos aprendan la componente declarativa de contenidos como "partes de una flor", "los ríos de España" o "huesos del cuerpo humano"; la exposición verbal de los contenidos, junto a recursos gráficos y nemotécnicos serían suficientes, sin embargo dichos recursos no serían suficientes cuando se trata de enseñar contenidos que han mostrado ser difíciles como "el concepto de inercia", "el principio de acción y reacción" o "la formación de los accidentes geográficos".

Se podría afirmar que para aquellos contenidos que poseen una fuerte carga de significados ligados, en mayor o menor medida, con lo que el alumno sabe, se puede mejorar la comprensión o adquisición de éstos si se posee un buen conocimiento de las concepciones del alumno.

Depende de qué contenidos se desean enseñar para que el docente tenga mayor o menor necesidad de conocer las concepciones previas del alumnado.

Por otro lado, también los objetivos de enseñanza determinan qué información se requiere del alumno, así:

- Si el objetivo de enseñanza es que el alumno memorice un determinado contenido, para un buen número de éstos, no sería necesario tener un conocimiento de sus concepciones relativas a dicho contenido, la aplicación de recursos nemotécnicos adecuados sería suficiente.

  Ahora bien, está consensuado que la existencia de un determinado esquema de conocimiento permite una memorización eficaz (Davidoff, 1989), así, el esquema de la orientación permite memorizar más eficazmente la ubicación de parajes, carreteras, edificios, etc que si el sujeto no lo posee.

  Si esto es así, incluso cuando las pretensiones de enseñanza sean la mera memorización, para aquellos contenidos sobre los que el alumno posee algunos esquemas, sería deseable conocer el grado de desarrollo de éstos.

- Si se pretende que el alumno comprenda la información verbal de un contenido de enseñanza, entonces el docente deberá conocer al menos los conceptos previos del alumno relacionados con dicho contenido a fin de diseñar una exposición verbal para que "enganche" con éstos, de lo cual vendrá la comprensión.

- Si la pretensión es aprender el contenido de enseñanza de forma que pueda ser aplicado fuera del contexto escolar, y además, desarrollar la capacidad operatoria y de razonamiento, entonces será necesario que el nuevo contenido se integre, modificándolo, en algún esquema de conocimiento del alumno. En este caso, la información que sería deseable poseer para conseguir las anteriores pretensiones estaría relacionada con dicho esquema y/o con sus manifestaciones.

Por esto, en buena medida, los objetivos que se pretenden conseguir con los alumnos determinan la necesidad de conocer sus concepciones y el tipo de información necesaria.

Una revisión de trabajos sobre concepciones muestra claramente que lo que se busca son las ideas de los alumnos sobre la parte declarativa de los contenidos a enseñar (Jiménez Gómez, Solano, Marín, 1994), sin embargo, a la luz de los planteamientos anteriores, la información requerida del alumno depende de los contenidos y objetivos de enseñanza que se planteen:

- Si con el contenido "parte de la flor" se pretende que el alumno aprecie por él mismo dichas partes, éste tendría que realizar clasificaciones con las partes de la flor, previa separación de éstas, según analogías y diferencias y elaborar definiciones en función de características comunes. En tal caso será necesario conocer las capacidades y limitaciones que posee el alumno para hacer clasificaciones.

- Si abordamos el contenido "el crecimiento de las plantas" a partir del planteamiento del problema "cuál es la causa de que algunas plantas jóvenes mueran en poco tiempo" será necesario plantear actividades de control de variables y donde se establezcan relaciones causales entre dichas variables. Será conveniente saber del alumno que capacidades posee para controlar variables y, en general, qué nivel cognoscitivo posee.

- Si se pretende que el alumno adquiera un buen conocimiento de la propiedades de los materiales cotidianos interrelacionados con las posibilidades de éstos para hacer construcciones (los progresos de unos se reflejan en los otros y viceversa), con el fin de que pueda hacer algunos juguetes sencillo con material de bajo coste o de desecho y de material didáctico sencillo, la información que sería deseable conocer de él sería al menos, por un lado sus conocimientos sobre las propiedades de los materiales y, por otro, sus habilidades manipulativas con los materiales y las herramientas al hacer construcciones.

En definitiva, dependiendo de cuáles sean los contenidos objeto de enseñanza y los objetivos que pretendamos con ellos, además de tomar del alumno información sobre sus nociones previas ligadas a los conceptos a enseñar sería conveniente otra relacionada con:

- Sus habilidades para ordenar datos empíricos.

- Su capacidad para realizar inferencias (razonamientos) tanto inductivas como deductivas.
- Las limitaciones y posibilidades que posee para controlar variables, así como para abordar los problemas mediante la formulación de hipótesis.
- Las habilidades motoras para hacer construcciones o montar experiencias.

3

Terminología para referirse al conocimiento del alumno sobre los contenidos objeto de enseñanza

La entidad de "lo que el alumno sabe" sobre el contenido que va a ser objeto de enseñanza, no goza de un consenso unívoco entre los autores que abordan esta problemática (Jiménez Gómez, Solano, Marín, 1994). Existe una multitud de términos para denominar dicha entidad, tales como concepciones, esquemas alternativos, errores conceptuales, preconcepciones, conceptos primitivos, ideas previas, ideas espontaneas, representaciones mentales, ciencia de los niños, etc (Hierrezuelo y Montero, 1989; Millar, 1989), que denotan la existencia de distintas formas de entender las concepciones por los diferentes investigadores.

La dispersión de tratamientos que se hacen sobre "lo que el alumno sabe" es muy posible que sea debida a la gran diversidad de propósitos iniciales, de metodologías y de lo que los educadores e investigadores creen buscar bajo dicho término (Gunstone y Watts, 1989; Hewson, 1990; Confrey, 1990; Abimbola, 1988, Pozo y otros, 1991a, Marín, 1995, etc).

Así, se pueden distinguir dos tendencias diferentes para abordar "lo que el alumno sabe", si bien habría que dejar claro que en cada una de ellas existen puntos comunes pero también importantes detalles divergentes:

a) En la primera se considera que las ideas que posee el alumno son aquellas relativas a los contenidos objeto de enseñanza, por lo que son delimitadas mediante cuestiones, situaciones y preguntas que giran alrededor de dicho contenido. Así pues, al tomar como principal referente la estructura del contenido académico, se suele hablar con frecuencia de ideas equivocadas que tienen los alumnos sobre los contenidos de enseñanza. Consecuentemente, la valoración de las respuestas del alumno se hace en función de la "distancia" de éstas a la respuesta correcta (Furió, 1986). Los términos más utilizado en este caso son "desviaciones conceptuales", "misconceptions", "errores conceptuales", etc (véase por ejemplo Helm, 1980; Gunstone y White, 1981; Ivowi, 1984; Clement y otros, 1989; Brown, 1989; Kruger y otros, 1992; Galili y Bar, 1992; Galili, 1993).

b) En la otra tratan "lo que el alumno sabe" como constructos que forman parte del retículo conceptual cognoscitivo del alumno y, por tanto, pertenecen al plano inobservable de la actividad interna del sujeto. Así, al tratarse de un conocimiento generado de forma espontánea a través de la interacción del sujeto con el medio natural y social, se considera que no todas sus ideas deben estar relacionadas con contenidos académicos. En este caso se utilizan términos como "concepciones espontáneas", "ideas intuitivas", "esquemas explicativos", "esquemas alternativos" o "representaciones mentales" (véase por ejemplo, Selman y otros, 1982; Bar, 1989; Stavy, 1990; Acevedo y otros, 1989).

Entre una y otra tendencia no existe una frontera precisa, de modo que existen trabajos donde el referente del contenido a enseñar es importante, pero también se consideran otros factores inherentes al conocimiento del alumno y se intenta respetar la espontaneidad de las respuestas del alumno (véase por ejemplo, Viennot, 1979; Maloney, 1984; Ruggiero y otros, 1985; Noce y otros, 1988; Boeha, 1990; Finegold y Gorsky, 1991; Thijs, 1992; Reynoso y otros, 1993; Bar y otros, 1994; Twigger y otros, 1994; Montanero y Pérez, 1995).

Finalmente, indicar que existen autores que consideran que muchas de las respuestas de los alumnos son respuestas de compromiso, elaboraciones "in situ" o simplemente "inventadas" para salir del paso (Mc Clelland, 1984; Sebastia, 1989b) y que, por tanto, no sería conveniente adjudicar conocimientos al alumno que realmente no posee.

Ante este abanico de perspectivas ¿cuál sería la acepción más adecuada? ¿tienen todas el mismo grado de validez? ¿es posible hacer una abstracción que abarque todas las posibilidades?.

Responder a las anteriores cuestiones podría quedar en una tarea inacabada, y ciertamente compleja, si no se tiene en cuenta que el principal motivo por el que el investigador se dispone a buscar concepciones en los alumnos, es el de fundamentar sus estrategias de enseñanza en lo que el alumno ya sabe como método para mejorar el aprendizaje del contenido a enseñar.

A fin de dilucidar el término o términos más adecuados para abordar "lo que el alumno sabe" sobre el contenido de enseñanza, se van a revisar las distintas demandas de información a obtener del alumno que requieren las distintas propuestas didácticas, tanto las que se fundamentan en la perspectiva del conocimiento científico como las del alumno.

4

Información requerida del alumno desde la perspectiva del conocimiento científico

La estrategia de enseñanza propuesta en el modelo de CC está restringida para aquellos contenidos de enseñanza sobre los que el alumno posee concepciones bien arraigadas en su bagaje cognoscitivo (Strike y Posner, 1990), y enfatiza la necesidad de que el alumno tome conciencia de la inadecuación de sus esquemas conceptuales previos a través de situaciones o cuestiones estratégicamente diseñadas para provocarle un conflicto cognoscitivo. Dicho conflicto se podría conseguir presentándole una prueba empírica que ponga en evidencia sus ideas, momento adecuado para mostrarle la existencia de otras que podrían evitar las contradicciones anteriores y que, a la vez, permitan una mejor comprensión y explicación del fenómeno observado.

Dependiendo del grado de arraigo de las concepciones espontáneas, esta estrategia debería ser planteada con un número de situaciones físicas suficiente, hasta conseguir el objetivo del CC: sustituir las concepciones alternativas por otras que estén más cercanas a las aceptadas por la comunidad científica.

Como ya se ha dicho, el modelo de CC no se deduce de un estudio directo del sistema cognoscitivo del alumno, dicho modelo es, ante todo, una transposición analógica de los mecanismos epistemológicos formulados para el plano científico al plano de la enseñanza de las ciencias (Duschl y Gitomer, 1991).

Tal y como se estableció originalmente la propuesta de CC, la información que requiere del alumno está ligada a aquellas ideas previas que ejercen una resistencia epistémica para adquirir determinados contenidos académicos que son objeto de enseñanza ya que son concepciones que están bien arraigadas en su estructura cognoscitiva, y frecuentemente, son utilizadas por el sujeto para responder, explicar y comprender los distintos fenómenos naturales que se le plantean cotidianamente.

A lo largo de la década de los 80 el CC fue llevado al aula en numerosas ocasiones, detectándose algunos problemas entre los que cabría destacar el siguiente: si se consiguen crear las condiciones necesarias para que se dé en el alumno un conflicto cognoscitivo (no siempre es fácil encontrar las situaciones adecuadas), éste no lleva necesariamente a una sustitución de ideas previas por las científicas, ya que ambas pueden "convivir", de forma que para los dominios utilizados en el proceso de enseñanza, el alumno utiliza el contenido académico enseñado, pero vuelve a sus antiguos esquemas cuando se trata de entender o explicar nuevas situaciones físicas, (Sebastia, 1993; Villani y Pacca, 1990; Stavy, 1990; Claxton, 1986).

Por otro lado, el CC se queda sin argumentos didácticos para aquellos contenidos para los que el alumno no tiene nada que decir y para aquellos otros que únicamente requieren una ampliación conceptual (Martínez Torregrosa y otros, 1993).

Ante estas y otras críticas, algunos autores del modelo de CC (Hewson y Thorley, 1989) señalan que tan importante como conocer la concepción del alumno es delimitar el estatus de la misma, analizando si es:

- inteligible (¿sabe el alumno qué significa?)
- plausible (¿cree que es verdadera? ¿es consistente con otras?)
- útil (¿le encuentra algún valor? ¿permite resolver cualquier problema? ¿sugiere nuevas ideas?) y
- satisfactoria (¿supone una insatisfacción la concepción para el alumno?

En este sentido, Strike y Posner (1990) señalan que puede ser más importante para el enseñante conocer algunos aspectos de la ecología conceptual que da lugar a una concepción que conocer la misma concepción.

Otros autores (Gil y Carrascosa, 1985; Martínez Torregrosa y otros, 1993; etc) oportunamente han puesto de manifiesto que el CC es una propuesta didáctica restringida a la enseñanza de contenidos conceptuales y, puesto que la enseñanza de las Ciencias debe considerar también contenidos procesuales relacionados con la actividad propia de los científicos, se requiere consecuentemente un cambio metodológico (CM).

El CM debe incidir en el cambio del modo de pensar y hacer del alumno, de forma que el pensamiento del alumno intuitivo, pragmático, figurativo, inductivo, etc, se transforme en otro más acorde con las reglas con las que se rige el pensamiento científico.

Aunque estos autores centran su atención en el cambio del modo de pensar como complemento necesario y coherente del cambio conceptual, sería conveniente, también por un normal principio de coherencia, plantearse la siguiente cuestión: si el CC lleva a considerar las ideas previas del alumno ¿qué información requiere la propuesta de CM?

No resulta difícil establecer que el CM precisa conocer las capacidades y limitaciones que posee el alumno sobre los distintos procedimientos científicos puestos en juego en las actividades de enseñanza que, si bien están relacionadas con las características del pensamiento cotidiano (Pozo y otros, 1991a), será conveniente concretarlas para evitar diseñar actividades con un nivel de exigencia diferente al nivel cognoscitivo del alumno, ya que si se da este caso, difícilmente se podrán desarrollar las actividades (Marín, 1991).

En definitiva, la información que requieren del alumno las propuestas combinadas de cambio conceptual y metodológico son:

- Las concepciones del alumno ligadas al contenido de enseñanza y que están fuertemente arraigadas en la estructura cognoscitiva del alumno.
- El estatus que poseen las concepciones cuando son utilizadas por el sujeto para comprender, explicar, actuar, solucionar problemas, etc.
- Las capacidades y limitaciones que posee el alumno para desarrollar los distintos procedimientos científicos que se ponen en juego en las actividades, dependiendo éstas del contenido a enseñar y del nivel cognoscitivo del alumno (Marín, 1994b).

5

Información requerida del alumno desde la perspectiva de su cognición

En el dominio de conocimiento de la DCE, los autores más citados para fundamentar las propuestas didácticas desde la perspectiva cognoscitiva del alumno son Ausubel y Piaget (Moreira, 1994) y son sus teorías las que se van a implicar para ponderar las exigencias de información a obtener del alumno desde las propuestas didácticas fundamentadas en la perspectiva del conocimiento del sujeto.

5.1 Desde el aprendizaje significativo ausubeliano

La propuesta de enseñanza de Ausubel sugiere que el aprendizaje significativo tiene lugar cuando el contenido a enseñar se relaciona de modo sustancial con lo que el alumno ya sabe (Ausubel, 1982, p. 56). En esta propuesta, los conceptos previos son llamados inclusores (ideas de afianzamiento, era el término que también usaba Ausubel) (Novak y Gowin, 1988).

Para conseguir un vínculo significativo es necesario que entre los conceptos a enseñar y los inclusores se establezcan puentes cognitivos, a través de conceptos más generales que los que se van a enseñar, denominados organizadores previos, que cumplen la función de salvar el abismo que existe entre lo que el alumno ya sabe y lo que necesita saber (Ausubel, 1982, p. 179).

La propuesta de Ausubel está más referida al aprendizaje de conceptos o conocimientos declarativos (por ejemplo, Herron, 1978; Lawson, 1982; Aliberas y otros, 1989a) que al de procesos por lo que la información que se requiere del alumno desde la propuesta de Ausubel es aquélla relacionada con los conceptos que van a ser enseñados.

Si el objetivo de enseñanza es que el alumno llege a una comprensión significativa de un determinado contenido, los mecanismos cognoscitivos propuestos por Ausubel parecen ser más que suficientes para conseguir dichos fines, ahora bien, al ser la información que se requiere del alumno:

- declarativa (dice qué se piensa sobre el contenido y no los mecanismos por los que se alcanza dicho pensamiento),
- estática (no informa sobre el grado de estabilidad de la idea) y
- limitada (no nos informa del grado de relación de la idea con el resto del bagaje cognoscitivo del alumno)

resulta insuficiente si se pretende algo más que la comprensión de lo enseñando. Como se ha mostrado anteriormente, la comprensión no significa necesariamente adquisición duradera.

5.2 Desde la adquisición cognoscitiva según la teoría de Piaget y las apreciaciones neopiagetianas

La integración de un nuevo dato en la estructura cognoscitiva supone la activación de algún esquema cognoscitivo en consonancia con la naturaleza del dato, dándose un proceso de asimilación a dicho esquema, y puesto que el dato posee unas connotaciones particulares, se hace necesario al mismo tiempo un proceso de acomodación del mismo a estas peculiaridades, sin que la estructura pierda continuidad ni su anterior capacidad asimiladora (Piaget, 1978a, p.9).

Sin los esquemas, los procesos de asimilación y acomodación no podrían tener lugar, es su existencia lo que permite al sujeto integrar nuevas aportaciones por su interacción con el medio.

Por lo tanto, si se pretende una enseñanza que lleve al alumno a utilizar los contenidos académicos como esquemas asimiladores semejantes a los que se derivan de su interacción con el medio, desde una perspectiva piagetiana, mediatizada por consideraciones neopiagetianas sobre el aprendizaje (Pascual-Leone, 1979; Case, 1983) donde se enfatizan los esquemas específicos (Marín, 1995, pp 75-80), se exige:

- una información específica relativa a los esquemas cognoscitivos utilizados para asimilar un determinado contenido concreto y
- una información de índole general relacionada con los mecanismos que se ponen en juego en el mismo proceso de asimilación de los esquemas. Esta última información debe estar ligada al nivel cognoscitivo del alumno, pues dicho nivel caracteriza las capacidades y limitaciones del proceso asimilador de la estructura cognoscitiva.

La idea de considerar como información significativa los mecanismos de asimilación está notablemente influenciada por la Epistemología

Piagetiana pero, desde otras perspectivas independientes de la anterior, se ha propuesto considerar como información relevante las restricciones cognoscitivas de la actividad asimiladora del sujeto, que limitan y canalizan su capacidad interpretadora (Sebastia, 1992).

6

El problema para determinar qué información se necesita tomar del alumno y qué hacer para obtenerla

Se aprecia que la información requerida del alumno en cada propuesta didáctica analizada es diferente en dos sentidos:

- En extensión: La propuesta menos exigente es la de Ausubel (sólo requiere conocer los conceptos previos del alumno) y la de CC en su versión inicial (requiere sólo los conceptos fuertemente arraigados), ya que en versiones más actuales parece exigir también el conocimiento del estatus de las concepciones; la propuesta piagetiana exige tanto información específica como general de la cognición del alumno.
- En el tipo de información: Depende éste del modelo que del aprendizaje del alumno posee la propuesta:
  - El CC deduce su supuesto modelo del aprendizaje de los mecanismos epistemológicos de la Ciencia (no es por tanto un modelo de aprendizaje psicológico), enfatizando, como su mismo nombre indica, la componente conceptual del contenido a enseñar y dentro de ésta, las concepciones fuertemente arraigadas, lo que confiere a la propuesta una fuerte restricción.
  - En la propuesta de Ausubel subyace un modelo cognoscitivo compuesto por un retículo de conceptos, por lo que la información que requiere son conceptos previos del alumno (inclusores).
  - La organización mental para Piaget se hace a través de esquemas coordinados y subordinados en una estructura cognoscitiva que se rige por unas reglas, por eso requiere esta propuesta conocer los esquemas específicos, generales (operacionales), el grado de madurez de éstos (nivel cognoscitivo), reglas de asimilación, etc, del alumno.

En definitiva, la cantidad y calidad de información que se requiere tomar del alumno para adecuar los diseños de enseñanza a sus peculiaridades cognoscitivas no es algo que esté precisamente consensuado, existe una diversidad de puntos de vista y depende del tipo de contenidos y objetivos de enseñanza, así como de la propuestas didácticas que se tomen para diseñar la actuación docente.

Se trata pues, a partir de ahora, de ir tomando decisiones para delimitar el punto de vista que aquí se va a tomar en la búsqueda y delimitación de la información a obtener del alumno.

Con el fin de intentar hacer lo más objetivo posible el proceso de toma de decisiones sobre qué y de qué tipo será la información a tomar del alumno, se utilizarán dos criterios diferentes e independientes:

- La información a tomar en el alumno debe abrir la posibilidad de conseguir los objetivos de enseñanza que demanda el sistema educativo actual.
- La toma de información en el alumno se hará evitando, en la medida de lo posible, sesgos y distorsiones.

6.1 ¿Interesa conocer del alumno "lo que sabe" sobre el contenido a enseñar?

Intuitivamente se puede admitir que lo que realmente interesa del alumno es "lo que sabe" sobre el contenido objeto de enseñanza. Este punto de vista está lleno de lógica: si la búsqueda de concepciones se hace primordialmente para adecuar lo más posible el contenido objeto de enseñanza a las peculiaridades cognoscitivas del alumno, lo que se necesita saber del alumno son sus ideas sobre dicho contenido ¿qué otra cosa necesitaríamos más?.

6.1.1 La mayoría de los trabajos sobre concepciones buscan "lo que el alumno sabe" sobre el contenido objeto de enseñanza

En efecto, distintas revisiones realizadas por nosotros, muestran claramente que el anterior punto de vista se acepta acríticamente y, de hecho, la mayoría de los trabajos realizados para buscar concepciones del alumno giran sobre las ideas que éste posee sobre el contenido académico a enseñar (Marín y Jiménez Gómez, 1992; Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994; Marín, Jiménez Gómez y Solano, 1996; Marín, Solano y Jiménez Gómez, 1996).

El modo de proceder en la búsqueda de concepciones en el alumno en estos trabajos puede ser caracterizado por las siguientes pautas:

- Se puede afirmar que la visión de "lo que el alumno sabe" se centra 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 en una fase de desarrollo preoperatorio o primitivo, lejanas al

contenido a enseñar (Piaget y García, 1973).

- 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, 1993a; Niaz, 1991a).

- 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 que la recogida de información en el alumno se centre en aquella relacionada con el contenido de enseñanza: "el tamaño de los peces depende de la red empleada para capturarlos".
- 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 (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.

Sin embargo, no es tan evidente que la mejor información que podamos obtener del alumno con implicaciones didácticas sean las ideas que posee sobre los contenidos a enseñar.

No es de extrañar que se ponga en tela de juicio lo que se acepta como algo evidente: hay que tener en cuenta que la historia de la Ciencia está jalonada de "evidencias" que posteriormente fueron sustituidas por otras ideas más apropiadas ya que se comprobó que eran imprecisas, inadecuadas o erróneas.

Básicamente, se puede afirmar que buscar y delimitar ideas previas utilizando como referencia el contenido objeto de enseñanza, hace que los datos que se obtienen del alumno sean interpretados por dicho contenido. La información del alumno, así obtenida, está mediatizada, filtrada y evaluada por el punto de vista que ofrece el contenido a enseñar.

Pero ¿es adecuado utilizar el contenido objeto de enseñanza para ponderar datos procedentes del sistema cognoscitivo del alumno? ¿pertenecen al mismo plano categorial los contenidos académicos y el bagaje cognoscitivo del alumno? ¿las reglas que rigen la creación de contenidos académicos son las mismas que las que rigen las reacciones del alumno?

6.2 El problema de delimitar "lo que el alumno sabe" desde el contenido de enseñanza

El problema de utilizar el contenido de enseñanza como referente para la búsqueda de concepciones es que no existe familiaridad o estrechas relaciones entre las ideas del alumno y las de los libros de texto, como se va a intentar mostrar.

Y si esto es así, es posible que el esquema que ofrece el contenido objeto de enseñanza sea inadecuado para asimilar e interpretar los datos que presentan los alumnos ante un cuestionario.

6.2.1 Una clave del problema: las diferencias entre el conocimiento del alumno y del científico

No se dice nada nuevo cuando se afirma que existen notables diferencias entre el bagaje cognoscitivo del alumno y los conocimientos científicos, y es que, desde el principio, la formación del conocimiento del sujeto cotidiano es muy diferente a la del científico:

- El conocimiento del sujeto se genera por interacción con su entorno próximo cotidiano tanto natural como social. Este último tipo de interacción, la interacción social, supone una serie de reglajes del conocimiento del sujeto, principalmente el debido a su interacción con el entorno natural, y le aporta un conjunto de conocimientos y creencias propias de la cultura cotidiana, en la actualidad fuertemente mediatizada por los medio de comunicación.



- El conocimiento del científico parte inicialmente, como es lógico, del cotidiano, del cual se irá desligando con su paulatina formación científica de modo que extiende el objeto de estudio al conjunto de fenómenos que acontecen en el universo. Formado el científico, su producción está reglada por el conjunto de reglas, convenciones y paradigmas que profesa la comunidad científica, de modo que para hacer públicas sus elaboraciones, deben utilizar, al menos inicialmente, el entramado conceptual consensuado por la comunidad científica, ya que es el único modo de proceder para que el cuerpo de conocimientos científicos pueda ir enriqueciéndose de forma coherente con las nuevas aportaciones (Holton, 1976). Por supuesto que en el avance del conocimiento científico, existen también procesos de reestructuración, cambio conceptual, selección, sustitución, etc (Khun, 1981; Lakatos, 1983; Toulmin, 1972), precisamente por la continuada inclusión de nuevas aportaciones.

Las diferencias continúan en lo que cada tipo de conocimiento considera objeto de ser tratado como problema y en el modo de resolverlo:

- Para las personas sin las típicas preocupaciones del científico, sus verdaderos problemas surgen cuando aparecen dificultades en el intento de lograr sus metas que normalmente están ligadas a su vida afectiva, biológica, laboral, económica, etc; cuando surgen, más que buscar el fondo de la cuestión con rigor, se intentan encontrar soluciones prácticas que solucionen parcial o totalmente el problema o se busca el modo de evitarlo, en este proceso de eliminar la dificultad es propio utilizar tanteos, rodeos y el ensayo-error.
- Los problemas del científico los impone el curso de la investigación, siendo el entramado conceptual que en ese momento se profese el que le da el verdadero sentido y significado al problema, de forma que fuera de ese contexto, por ejemplo desde el conocimiento cotidiano, lo normal es que pierda el sentido de problema. No es propio del científico obviar los problemas, en todo caso, aplazar la búsqueda de soluciones para centrarse en otro. La búsqueda de soluciones se hace mediante procedimientos hipotético-deductivos tomando como referencia el entramado conceptual de la teoría que se esté utilizando. Las posibles soluciones se intentan contrastar con rigor y se procura consensuar con otros especialistas en la materia.

Es necesario precisar que el modo científico para abordar los problemas no es exclusivamente específico del dominio de la Ciencia:

- ya que desde el pensamiento cotidiano se pueden apreciar comportamientos semejantes -aplazar el problema, utilizar un pensamiento deductivo, no obviar el problema aunque no sea de tipo vital, ser rigurosos y sistemáticos, etc-,
- y lo contrario, encontrar en la actividad científica características del pensamiento cotidiano -falta de rigor y sistematicidad, ignorar resultados, evitar problemas, tantear, utilizar el ensayo y el error como técnica de búsqueda, etc-;

por eso utilizamos los términos "lo normal es", "no es propio", "lo más frecuente es" que intentan dar un sentido más relativo a las diferencias (Feyerabend, 1974). No debemos olvidar la componente de sujeto cotidiano del que desarrolla actividades científicas, que hace que no siempre juege con las reglas más depuradas de la metodología científica.

Aun así, se pueden establecer claras diferencias entre el conocimiento del alumno de Enseñanza Primaria y Secundaria y el del científico:

- El pensamiento del alumno, al igual que el cotidiano, se rige por reglas pragmáticas que aunque tienen una eficacia limitada y no son asumidas en ningún área de teorización científica, son útiles para la vida cotidiana ya que permiten cierta predicción y control sobre los acontecimientos (Pozo y otros, 1991a). Es un pensamiento dominado por lo figurativo de los fenómenos cotidianos que no requiere de más control que el relacionado con el intercambio constante de puntos de vista propios de la interacción social del individuo.

  Numerosos trabajos han mostrado que el niño presenta en su desarrollo cognoscitivo determinadas limitaciones y capacidades que se ponen de manifiesto en sus reacciones frente a determinadas situaciones físicas (Piaget, 1977b). Así, procesos cognoscitivos generales como centramiento, representación estática, yuxtaposición, etc, son característicos en la actividad asimiladora de los esquemas preoperacionales (Piaget, 1977a), que hacen que el tratamiento para resolver los problemas planteados difiera del modo con que serían resueltos desde una perspectiva científica.

  Estas características de la actividad asimiladora del sujeto hacen que la captación de datos empíricos y el modo de procesar éstos sean diferentes a los modos de proceder científicos (Piaget, 1977b; Sebastia, 1989a). 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 e Inhelder, 1971; Piaget e Inhelder, 1948) presentan claras diferencias a los que se dan en el seno del cuerpo de conocimientos en ciencias y, sin embargo, tienen una gran importancia para entender las concepciones del alumno.
- El conocimiento científico, por el contrario, no limita el objeto de estudio a un sector de la realidad más o menos concreto, aborda problemas como el profundizar en la estructura íntima de la materia o como el conocimiento de la constitución de Universo

que quedan lejanos de los típicos problemas cotidianos y muestra a las claras su vocación de profundizar en el conocimiento de la realidad que nos rodea.

Otro elemento diferenciador es que el conocimiento científico se procura que esté consensuado y, consecuentemente, que sea coherente entre sus partes y en sus confrontaciones con los datos empíricos, los cuales, como es evidente, también se ponen en tela de juicio (Lakatos, 1983). Existe siempre un proceso de control y regulación de las aportaciones individuales por parte de la comunidad científica (Holton, 1976).

6.2.2 Otra clave del problema: el carácter evolutivo de las diferencias entre el conocimiento del alumno y el académico

La correspondencia entre ideas del alumno y las académicas es un problema de carácter evolutivo: así, algunas de las concepciones mantenidas por el alumno del nivel formal se asemejan más a las académicas. No ocurre igual en un contexto preoperatorio, donde el carácter egocéntrico, fruto de una indiferenciación entre las acciones que lleva a cabo el sujeto con los objetos y las que son creadas por la interacción de los objetos entre sí, le confieren unas peculiaridades muy diferentes a las científicas (Piaget, 1977b).

El que las diferencias entre el conocimiento del alumno y el académico aumenten conforme se consideran niveles evolutivos más inferiores, permite mostrar una serie de consecuencias sobre el tipo de información que habría que buscar en el alumno y el modo de hacerlo; veamos esto con ejemplos:

- En el primer ejemplo, se han elegido dos experimentos piagetianos (Piaget, 1975, pp. 29-55; Piaget, 1975, pp. 56-74) que versan sobre las ideas que poseen los alumnos de los efectos del peso como fuerza:
  - En el primer experimento, una púa, fijada a un extremo de una tabla horizontal, se sujeta sucesivamente, un elástico, una placa y un hilo, en cuyo extremo, que pende fuera de la tabla, se enganchan pesos de 50 g cada uno. Se dispone de tiras de papel de colores, para medir el desplazamiento de la placa. Cuestiones: a) se colocan pesas a intervalos iguales y desiguales; previsión de los efectos; comprobación posterior y nuevas explicaciones. b) dos hilos paralelos; en uno penden pesos a intervalos iguales, en el otro a intervalos desiguales, pero igual el número. Idem. c) de un hilo pende una percha con pesos en horizontal, en el otro hilo se colocan en vertical. Idem. También se pregunta por la acción del peso y las direcciones de las fuerzas que entran en juego.
  - En el segundo experimento, se dispone un tablero vertical con dos poleas y tres grupos de pesos variables que interaccionan en vertical. 1ª cuestión: se coloca el peso A y se pregunta ¿qué hay que hacer para que no se caiga?. 2ª cuestión: colocamos los pesos A y A' donde A=A'; se le pide que prevea lo que sucederá al poner el peso B, después del experimento se le piden explicaciones: ¿por qué se para?, ¿por qué se para ahí?. Preguntas análogas para diversas combinaciones de A, B y A', p.e. 1,1,1, 2,1,2 2,2,2 etc. 3ª cuestión: se le pide que prevea cuándo se añaden pesos en A y A' , en cantidades iguales o desiguales realizando dibujos sobre la dirección de las fuerzas que intervienen. Se trata de analizar los papeles que juegan los distintos pesos.

  Las respuestas de los sujetos del nivel preoperacional queda distante de la correcta, mientras que los sujetos del nivel de operaciones formales, al menos para las situaciones planteadas, que son relativamente sencillas, las respuestas son satisfactorias (para otras situaciones la respuesta se podría alejar de la correcta). El significante es el mismo en todos los casos "el peso" mientras que los significados -parcialmente reflejados en las respuestas de los alumno a las dos situaciones físicas planteadas- varían según el nivel, pero se pueden hacer corresponder ya que están referidos a las mismas situaciones físicas. Obsérvese que un mayor número de situaciones físicas independientes, donde se ponga en juego la noción de peso, permitiría una mayor aproximación al significado que posee cada nivel sobre esta noción.

  En ausencia de preguntas donde se solicitan respuestas (explicaciones, previsiones, relaciones, etc) sobre una situación planteada, el referente para diseñar las nuevas preguntas sería las propias respuestas correctas dadas desde el contenido objeto de enseñanza y de búsqueda; en tal caso es muy posible que no se obtengan respuestas propias del nivel de operaciones concretas y aún menos probable las del nivel preoperacional: solo se estaría evaluando el desconocimiento del sujeto de estos niveles sobre el tema.
- El segundo ejemplo trata sobre problemas de conservación (Piaget e Inhelder, 1971, pp. 33-108): se le da al sujeto un trozo de plastilina con el fin de que confeccione una bola igual que una modelo; admitida la igualdad, se procede a deformar una de éllas tomando forma de galleta, salchicha, o dividiéndola en trozos más pequeños. En cada transformación se le hacen preguntas sobre la posible conservación de la cantidad de materia, peso y volumen (por este orden), después de sus declaraciones se le pide que las contraste mediante las deformaciones que desee en el caso de la cantidad de materia, con una balanza para el peso y con varias probetas llenas de agua para el volumen. Después de las constataciones se le solicita nuevas explicaciones. Para ver si mantiene su postura conservadora se hacen transformaciones cada vez más pronunciadas.

Con este problema, las respuestas del sujeto, que dan una información muy significativa de su comportamiento cognoscitivo, no tienen correspondencia con algún contenido de enseñanza, posiblemente porque la situación planteada es novedosa en la medida que no se diseña utilizando como referente un contenido de enseñanza.

Invirtiendo el anterior planteamiento se puede apreciar, que utilizando el referente de los contenidos de enseñanza, hubiera sido imposible detectar este tipo de información tan importante para conocer al alumno. Preguntas diseñadas utilizando contenidos como, por ejemplo, "conservación de la energía", es muy posible que las respuestas del sujeto hubieran reflejado el desconocimiento de éste sobre el tema.

Por otro lado, existe un gran número de contenidos de enseñanza (ión, carga eléctrica, campo, etc) para los cuales resultaría muy difícil, o imposible, quizá de un modo tangencial y analógico, encontrar situaciones físicas donde se implicarán estos conceptos y las reacciones de los alumnos. En este caso, ¿qué información significativa se obtiene de un alumno cuando se le pregunta por la fotosíntesis y no sabe nada? ¿es correcto decir que el niño no aprecia una fuerza hasta que observa un movimiento? ¿es adecuado preguntar al alumno sobre fuerza, energía, diferencia de potencial eléctrico, etc?...

Se puede apreciar lo importante que son las cuestiones, problemas y situaciones que se le plantean al alumno para resolver el problema de delimitar "lo que él sabe" ya que se ha mostrado que las diferencias entre el conocimiento del alumno y el del científico, hacen que no sea adecuado preguntarse ¿qué idea tiene el alumno sobre la noción de fuerza? o ¿cuáles son las concepciones que el niño posee sobre el concepto energía?; ya que en tal caso es evidente que se está dando primacía a los esquemas conceptuales del dominio de la Ciencia sobre el conocimiento del alumno.

Si se da primacía al punto de vista del sujeto también surgen problemas, por ejemplo, existen situaciones físicas que inducen a reacciones significativas en el sujeto que no presentan correspondencia con algún contenido académico, tal es el caso del experimento piagetiano de la conservación de la cantidad de plastilina. De forma que el objetivo básico de conocer las características del niño para acomodar a éste los diseños de enseñanza se vería malogrado.

Un modo coherente de establecer un puente adecuado para relacionar ambos conocimientos (el del alumno y el académico) es a través del plano de los acontecimientos físicos, ya que si bien es cierto que el establecimiento del estatus de un fenómeno depende de los esquemas cognoscitivos del observador, es posible considerar la Realidad de dicha situación como el denominador común que actuaría como objeto de observación, interpretación y explicación de ambas estructuras de asimilación.

Por ejemplo, el experimento de Hooke, que requiere relacionar pesos con el estiramiento de un muelle, permite una variedad de reacciones que dependen de la estructura asimiladora del observador. Así, se dan reacciones que van de la no aditividad y dependencia del estiramiento de la longitud del hilo que soporta los pesos, propia de una estructura preoperatoria, hasta aquéllas que podrían asimilarse a la ley fenomenológica $F=-k\triangle x$, válida dentro de un rango de estiramiento. Aunque con diferente significado, la reacción preoperatoria se puede vincular con la anterior fórmula en la medida en que ambas se refieren a la misma situación física.

Estableciendo de este modo correspondencias entre los contenidos académicos y los conocimientos del alumno, se pueden dar los siguientes casos:

- Contenidos académicos que tienen un cierto grado de significado para el alumno.
- Contenidos académicos que no tienen significado para el alumno, generalmente a consecuencia de que éste no posee esquemas cognoscitivos que le permitan asimilarlos.
- Conocimientos del alumno fruto de su interacción individual con el medio que no presentan ningún tipo de correspondencia o analogía con los contenidos académicos, dicho de otro modo, la respuesta o enfoque del alumno frente a un determinado problema es muy diferente a cómo se puede abordar desde una perspectiva científica o académica.

En definitiva, el punto de vista académico lleva a valorar el conocimiento del alumno en términos de su mayor o menor conocimiento sobre éste, en tal caso, todo el conocimiento del alumno que "queda por debajo" del correcto es muy probable no sea detectado.

Obsérvese que las respuestas del alumno están formuladas en base a atributos que son afirmaciones positivas; esto es debido a que se han elegido situaciones físicas que permiten obtener información relevante del sujeto, en caso contrario, es previsible que dichos atributos se refieran a negaciones, es decir, a afirmaciones sobre lo que el alumno no sabe o no es capaz de realizar.

6.2.3 La valoración e interpretación de los datos depende del entramado teórico que se utilice

Las respuestas del sujeto pueden ser descritas y catalogadas en diversos niveles de abstracción, si bien el modo de ser formuladas depende, como es obvio, del entramado conceptual utilizado por el investigador.

Se pueden distinguir dos niveles descriptivos de las reacciones del sujeto:

- El primero está relacionado con cada situación particular y está constituido en base a las regularidades encontradas en las respuestas de los alumnos. En este nivel hay interpretación del investigador que elige los datos que considera más representativos,

resalta unos datos sobre otros, así por ejemplo, si se enfatizan los datos ligados a "conservación", "coordinación entre comprensión y extensión", "predominio de lo perceptivo sobre lo operatorio", etc, la valoración e interpretación de los datos será diferente que si se toma como referente la "distancia" de las respuestas a la correcta.

- El segundo se refiere a las reacciones del sujeto, categorizadas de modo tan general que no están referidas a una situación en concreto. Categorías tales como "centramiento en la propia acción", "la acción se vuelve reversible" o "lo virtual puede ser tan posible como lo real" se han establecido en base a un entramado teórico más abstracto que el primer nivel, incluso con capacidad predictiva, ya que por ejemplo, ante una nueva situación y conociendo que el sujeto preoperatorio presenta centramiento en la propia acción, se podría, conociendo el contenido de la situación física, prever la dirección de su comportamiento. A la vez, este último nivel descriptivo tiene cierta capacidad explicativa sobre el primer nivel, ya que por ejemplo, la ausencia de cuantificación del nivel preoperacional puede ser explicada por la dependencia de la acción del esfuerzo subjetivo a realizar; o el hecho de considerar que la fuerza continúa existiendo aún cuando no hay movimiento, es una consecuencia de la capacidad del sujeto formal de imaginar toda clase de transformaciones virtuales que, de principio, a un nivel hipotético, pueden ser tan válidas como la reales.

Así, se puede apreciar que la formulación de las categorías depende del entramado teórico utilizado para valorar e interpretar las respuestas del alumno.

6.2.4 Necesidad de descentrarse del punto de vista que ofrece el contenido objeto de enseñanza

Se podría afirmar que la visión de las concepciones, cuando son consideradas como ideas que el alumno posee sobre los contenidos académicos, es:

- Restrictiva, puesto que las ideas no relacionadas con los contenidos académicos no son consideradas y, sin embargo, son utilizadas por el alumno como esquemas asimiladores de dichos contenidos. Además, se obvian las capacidades del alumno relacionadas con los procedimientos puestos en juego en las situaciones físicas planteadas.
- Sesgada, 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; como cuando se dice que "el 65% no utiliza correctamente el término -energía mecánica-", 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.

Hay que concluir, por tanto, que esta visión de las concepciones no es la mejor información que se pueda tener del alumno, puesto que el contenido objeto de enseñanza es un esquema inadecuado para dirigir la búsqueda e interpretación de la información que se toma del alumno.

Las limitaciones de la información que se obtiene del alumno tomando como referencia el contenido académico, serán análogas a las que aparecerán en las estrategias didácticas que se fundamenten en dicha información.

Sería necesario salirse del punto de vista que ofrece el contenido académico de las concepciones que tiene el alumno a fin de evitar tergiversaciones y sesgos, pero ¿qué otro punto de vista tomar?.

El nuevo punto de vista debe ofrecer esquemas más adecuados para interpretar los datos que ofrece el alumno, por tanto, deberán obtenerse de un contexto teórico cuyo objeto de estudio sea el sistema cognoscitivo del alumno.

6.3 Las razones para tomar la Epistemología Genética como el nuevo referente

El contexto teórico que ha estudiado con mayor extensión y profundidad el pensamiento individual es la Epistemología Genética de Piaget (Pozo y otros, 1991b), por lo que, de principio, parece lógico utilizar dicho contexto para realizar el diseño de las técnicas para la recogida de datos en el alumno y, sobre todo, para especificar y desarrollar los modos de interacción más efectivos para una recogida de datos significativos entre situaciones físicas y alumno.

Existen muchas razones para aceptar la teoría del conocimiento de Jean Piaget como contexto para obtener información del alumno:

1. Al ser una teoría del conocimiento, donde se expone con gran meticulosidad la evolución de las capacidades y limitaciones del sujeto, así como los factores que provocan dicha evolución, se podrían deducir orientaciones metodológicas para que la búsqueda de información en el alumno sea más efectiva.
2. La teoría de Piaget presenta dos aspectos relevantes respecto a las Ciencias Experimentales:
   - Piaget, a lo largo de su extensa bibliografía, ha mantenido un interés constante por conocer los mecanismos internos del sujeto, para explicar los diversos fenómenos físicos, como consecuencia, más de una docena de sus libros están dedicados al estudio de las respuestas típicas de los niños frente a un gran número de fenómenos físicos, esbozando la génesis de muchos conceptos de Ciencias Experimentales a través de este análisis.
   - En un estudio sobre las conductas fundamentales de cada nivel cognoscitivo

se llega a una sorprendente conclusión: los procesos científicos más elementales como la observación, ordenación de datos, clasificación, seriación, medición, interpretación e inferencia inductiva son característicos del sujeto de un determinado estadio de conocimiento, mientras que es necesario esperar al estadio posterior para que procesos científicos de rango superior, y propios del método hipotético-deductivo, como el control de variables, emisión de hipótesis, diseños experimentales, confección de modelos y verificación experimental puedan ser aplicados por el sujeto con resultados satisfactorios.

3. Desde la teoría de Piaget se pueden desarrollar tests para confeccionar dos tipos de instrumentos para obtener información del alumno de interés didáctico: a) dirigidos a medir el desarrollo de los esquemas mentales del niño y b) para determinar el nivel de complejidad cognoscitiva requerida por los materiales curriculares (Shayer y Adey, 1984). Esta información permite, adecuadamente tratada, analizar el grado de validez de aquella otra, más específica, relacionada con contenidos concretos de enseñanza.

Pero las razones más relevantes para elegir la teoría piagetiana como contexto teórico para la búsqueda y delimitación de "lo que el alumno sabe" están relacionadas con los criterios establecidos para la toma de decisiones sobre qué y de qué tipo será la información a tomar del alumno, a saber:

- La información a tomar en el alumno debe abrir la posibilidad de conseguir los objetivos de enseñanza que demanda el sistema educativo actual.
- La toma de información en el alumno se hará evitando, en la medida de lo posible, sesgos y distorsiones.

6.3.1 La teoría de Piaget ofrece las mayores garantías para conseguir los objetivos propuestos

Los rasgos más relevantes de los objetivos de enseñanza de las Ciencias son:

1. La enseñanza, además de los contenidos declarativos deberá considerar los procesuales y actitudinales, presentados de un modo interrelacionado.
2. El conocimiento adquirido por el alumno deberá servirle, aparte de los logros puramente académicos, para comprender, explicar y actuar de forma más adecuada en el medio natural que le rodea, así como para resolver problemas cotidianos.

Es posible ponderar las distintas propuestas tomando como referencia estos objetivos:

- La propuesta de CC y CM al aplicar distintos procedimientos científicos para crear el cambio conceptual, podría inducir en el alumno la adquisición de contenidos procesuales, e incluso actitudinales, pero existen ciertas dudas de que esto ocurra:
  - El CC centra toda su estrategia de cambio en el concepto cuya correspondiente concepción del alumno está fuertemente arraigada (Gil, 1983; Gil y Carrascosa, 1985; Martínez Torregrosa y otros, 1993; etc), y no considera el cambio correspondiente en los procedimientos usados por el alumno (CM).
  - El CM -igual que el CC- no dan soluciones para salvar las diferencias entre el conocimiento cotidiano (también el del alumno) y el científico, que para sujeto con reacciones preoperacionales y de operaciones concretas es notable; este problema es tanto más serio si tenemos en cuenta que para ciertos contenidos, alumnos universitarios ofrecen estos tipos de reacciones preoperatorias (Marín, 1994b).

  El problema de fondo tanto del CC como del CM es que son propuestas didácticas formuladas por transposición analógica desde la Epistemología de las Ciencias al dominio de la enseñanza (Duschl y Gitomer, 1991); sin embargo dicha analogía es, en buena medida, ilegal ya que existen diferencias notables entre el plano científico y el de la cognición del alumno.

  Todo ello hace que no exista una garantía de que los contenidos y actividades de enseñanza van a ser asimilados por el alumno ya que se presentan a falta de una adecuación a su nivel cognoscitivo.
- Se podría afirmar que la propuesta de Ausubel está más referida al aprendizaje de conceptos o conocimientos declarativos (por ejemplo, Herron, 1978; Lawson, 1982; Aliberas y otros, 1989a) que al de procesos.

  Por lo que esta propuesta no garantiza la consecución del objetivo nº 1 y, para bastantes contenidos de fuerte componente procesual, el nº 2, y esto por varios motivos:
  - Es un hecho el que se puede comprender una información verbal y al poco tiempo olvidarla, pero si se adquiere por asimilación y acomodación, es decir, si el nuevo conocimiento se integra en un esquema de la estructura cognoscitiva, entonces la probabilidad de olvido es semejante a la que podría sufrir el juego que se aprendió en la infancia. Existe unanimidad en considerar que el acto de comprensión no implica por sí solo una adquisición duradera (Beltrán, 1993).
  - El conocimiento teórico de un sujeto no se refiere sólo al conjunto organizado de conceptos; también lo constituyen las estrategias y reglas que permiten la valoración individual de los hechos y acontecimientos, así como los procedimientos que permiten utilizar y

justificar este conocimiento (Duschl y otros, 1990).

Todo ello permite afirmar que la propuesta ausubeliana es condición necesaria pero no suficiente para que se dé una adquisión duradera.

En definitiva, la teoría de Ausubel no da garantías de conseguir los objetivos planteados.

- Las propuestas didácticas que se deducen de la teoría de Piaget enfatizan el desarrollo de los esquemas cognoscitivos del alumno, señalando las condiciones para diseñar una enseñanza que lleve al alumno a utilizar los contenidos académicos como esquemas asimiladores, semejantes a los que se derivan de su interacción con el medio, por lo que la transferencia de conocimiento que se requiere en el objetivo 2 podría ser garantizado en esta propuesta.

  En la teoría de Piaget, la noción de esquema es utilizada como la unidad organizativa de la estructura cognoscitiva (Piaget, 1976; Piaget, 1978a), tiene una doble vertiente declarativa y procesual ya que se construye asimilando datos que provienen tanto por interacciones naturales como sociales e infiere al sujeto que lo posee capacidades procesuales (intelectivas y manuales) y conceptuales. Esto hace que el desarrollo del esquema suponga para el sujeto adquisiciones tanto de contenidos declarativos como procesuales, por lo que también garantizaría la consecución de objetivos tipo 1.

  El inconveniente que plantea la teoría de Piaget, y por la que ha sido criticada, es que enfatiza demasiado los esquemas operatorios del sujeto como determinantes de su rendimiento académico y parece ser que los esquemas específicos también juegan un papel tan relevante como los anteriores, esto exige considerar algunas versiones neopiagetianas donde se enfatiza, coherentemente con los supuestos piagetianos, los esquemas específicos (Marín, 1995).

Con las reservas propias de un dominio -DCE- que está en fase constituyente y donde aún no se puede hacer previsiones precisas sobre las repercusiones en el rendimiento académico del alumno al aplicar una determinada propuesta didáctica, al menos a nivel de coherencia y de sentido lógico, parece razonable admitir que la teoría de Piaget puede aportar orientaciones didácticas adecuadas para conseguir los objetivos planteados. Aunque, en última instancia, todo depende del "arte" del profesor para llevar a la acción docente las orientaciones didácticas que se deducen de la teoría de Piaget.

6.3.2 La teoría de Piaget ofrece las orientaciones más adecuadas para acercarse al alumno evitando sesgos y distorsiones

La estrategia didáctica que lleva al docente a conocer las concepciones del alumno asume que en el proceso de enseñanza existe una constante: el alumno que aprende, siendo éste factor importante y necesario de tener en cuenta; de no ser así todo queda en manos del buen hacer del docente, de su buen conocimiento del tema o de su intuición para "simplificar" o "bajar de nivel" los contenidos objeto de enseñanza, sin embargo, no debería haber lugar para el engaño en la valoración de éste modo de proceder didáctico, ya que no se debe confundir "enseñar bien un contenido" con "aprenderlo bien".

El docente puede garantizar una mejor asimilación de los contenidos objeto de enseñanza, si posee información sobre lo que el alumno sabe de estos contenidos.

De hecho, se puede afirmar que cuanto mayor sea la información sobre la estructura cognoscitiva del alumno, y más concretamente, de los mecanismos que se ponen en juego para asimilar un nuevo contenido, mejor se podrían adecuar los procesos de enseñanza a éste.

Habrá que revisar una vez más las distintas propuestas didácticas del dominio de la DCE para valorar su grado de adecuación a la cognición del alumno:

- Tanto el CC como el CM se fundamentan en la analogía "el alumno trabajando como el científico va a obtener resultados satisfactorios como así se ha probado en el ámbito científico". Nuevamente hay que afirmar que para niveles cognoscitivos del alumno distantes del científico, esta analogía pierde su validez y, por consiguiente, el grado de adecuación de la enseñanza basada en el CC y en el CM es bajo o nulo.

  Y como hemos visto anteriormente, el acercamiento que hacen estas propuestas a la cognición del alumno es fallido (sesgado y tergiversado), dado su empeño en delimitar la información que toman del alumno sin dejar el punto de vista científico.

- Al considerar la cognición del alumno para realizar Ausubel sus propuestas didácticas, de principio podría parecer que la adecuación de éstas está garantizada.

  Los conceptos ausubelianos de índole psicológica son presentados y definidos operativamente por su comportamiento en el plano de la enseñanza (conceptos primarios y secundarios, diferenciación progresiva, inclusión obliterativa), pero no queda clara su entidad psicológica, de ahí que muchos autores piensen que la teoría de Ausubel posee más un carácter de técnica educativa que de teoría psicológica (Cawthron y Rowell, 1978, citados por Aliberas y otros, 1989a).

  La propuesta de Ausubel enfatiza la necesidad de investigar lo que ya conoce el alumno sobre el contenido y tener en cuenta este factor para fundamentar el diseño de enseñanza. Sin embargo, buscando los

procedimientos que indiquen cómo utilizar el contenido de la estructura cognoscitiva relativo al material a enseñar, para elegir los organizadores previos, establecer una relación inclusiva por diferenciación progresiva, y para decidir en qué punto del entramado jerárquico es necesario proceder con una estrategia de reconciliación integradora, sólo se aprecian definiciones de los términos, razones, funcionalidad, ventajas y quejas, por lo que la famosa indicación ausubeliana tendría que llevarse a la práctica de una forma lógica.

Más aún, siendo los inclusores tan vitales en la teoría ausubeliana, sorprende que no se proponga una metodología para su búsqueda, ya que tendrían que aportar la necesaria y suficiente información para estructurar un contenido a enseñar, según las conocidas indicaciones que da esta teoría para provocar un aprendizaje significativo.

En definitiva, admitiendo la validez de la teoría de Ausubel, resulta difícil encontrar elementos de su entramado conceptual que permitan deducir orientaciones metodológicas para obtener información en el alumno sobre los constructos que propone (inclusor, diferenciación progresiva, reconciliación integradora, etc).

- Las seis décadas que Piaget dedicó de modo intensivo a realizar experiencias con los niños aportan, por sí mismas, un extenso conocimiento del comportamiento del sujeto en las más diversas situaciones (en las tres últimas décadas colaboran decenas de investigadores y centenas de alumnos universitarios). Con esta multitud de datos sobre la cognición del alumno, Piaget construye su Epistemología Genética.

  Si de encontrar "ideas previas" se trata, no habría que obviar esta extensa información del conocimiento del alumno que puede ser utilizada para obtener nuevos datos sobre otros contenidos evitando en buena medida sesgos y distorsiones.

  A otro nivel, el modo de proceder piagetiano posee algo que es realmente cautivador: ese modo parsimonioso y paulatino con que van surgiendo las estructuras de pensamiento provenientes de sencillas interacciones del sujeto con su medio; paso a paso, casi sin solución de continuidad, toscas acciones del sujeto con los objetos como desplazar, empujar, sostener..., son convertidas en nociones como velocidad, fuerza, peso..., en contraste con el retorcido estilo con que expresa sus ideas, se deja entrever esta genial metamorfosis entre la acción y el pensamiento.

  De este modo, en el entramado teórico piagetiano aparecen mecanismos para enriquecer el conocimiento a partir de las interacciones del sujeto (asimilación y acomodación), procedimientos para organizarlo (equilibración, esquemas), para ir conceptualizándolo a partir de la acciones interiorizadas (toma de conciencia), etc, que permiten previo proceso deductivo, obtener orientaciones metodológicas sobre cómo encontrar información en el alumno de interés didáctico.

Es equivocado pensar, a pesar de estar convencidos de la bondad y eficacia de la teoría de Piaget, que se acepten todos sus planteamientos, de hecho en § 6 del capítulo 5 se expone un modelo cognoscitivo que intenta dar más relevancia a los esquemas específicos del sujeto. Aun así, la Epistemología Genética continua "inspirando" multitud de trabajos del dominio de la DCE.

Admitida la teoría de Piaget como el contexto teórico que mejor garantiza el acercamiento al alumno evitando sesgos y distorsiones, en lo que sigue se intenta realizar dicho acercamiento al punto de vista centrado en el alumno (bien diferente del contenido objeto de enseñanza) mediante un doble estudio del contenido cognoscitivo del alumno:

- Análisis de los tipos de interacciones del sujeto con su medio y las destrezas inducidas por éstos, seguido de una interpretación fundamentada en el contexto teórico elegido: la Epistemología Genética piagetiana.
- Análisis de los mecanismos que pone en juego el sujeto para llevar a cabo la adquisición de nuevos conocimientos a partir de los que ya ha adquirido, de forma espontánea o en el contexto escolar.

Este conocimiento de la cognición del alumno es el necesario para que investigador formado en el conocimiento científico desplace su punto de vista para delimitar de un modo más adecuado el contenido cognoscitivo del alumno y, a la vez, se pueda especificar qué información a obtener del alumno podría ser de interés didáctico.

7

Origen y organización de las concepciones desde la perspectiva piagetiana.

Está ampliamente aceptado que el sujeto va construyendo su conocimiento a través de sus múltiples interacciones con el entorno. Consecuentemente, el conocimiento que el sujeto construye está referido a los acontecimientos que se desarrollan en su medio.

Un análisis de los tipos de interacciones que el sujeto lleva a cabo con su medio permite una primera aproximación para conocer el bagaje cognoscitivo que posee el alumno, previo a los procesos de enseñanza.

A efectos de estudios posteriores, se podrían distinguir básicamente dos importantes tipos de

interacciones del sujeto con su medio y que son fuentes de conocimiento:

- Interacción física: la que lleva a cabo el sujeto, como entidad física que es (al igual que cualquier objeto, tiene peso, puede desequilibrarse, posee inercia, etc), con los objetos materiales y personas que le rodean. Dentro de este tipo se enmarcarían acciones con los objetos como sujetar, transportar, cortar, transformar, etc y acciones llevadas a cabo con personas como forcejear y acariciar.
- Interacción por significantes: no hay mediación física y sí transmisión de significantes verbales, simbólicos, gráficos, etc. Se dan principalmente en el entorno social del sujeto; en dominios tan importantes como el familiar, el escolar, el de amistades, etc, las interacciones suelen darse en ambas direcciones, mientras que a través de los medios de información como televisión, revistas, libros, etc, es más frecuente que se dé en una dirección, es decir, el sujeto es un receptor pasivo de información, aunque la incorporación de ésta a su bagaje cognoscitivo requiera de una intervención activa.

7.1 Conductas de adaptación del sujeto al medio inducidas por sus interacciones

En muchos casos, no es posible asociar a una determinada interacción específica del sujeto con su medio, la conducta que genera en éste, y esto es así porque:

- las interacciones no se dan parcializadas (p.e. cuando se está jugando pueden darse acciones afectivas, mecánicas y verbales de forma simultánea) y
- lo adquirido con un tipo de interacción puede ser utilizado en otras interacciones (p.e. las adquisiciones por interacciones en situaciones de equilibrio pueden valer para dar significado a una información verbal relativa a la compensación de fuerzas).

No obstante, lo que el sujeto adquiere depende en gran medida del tipo de interacción así, no es lo mismo tener una referencia verbal sobre un objeto desconocido que una interacción física con éste donde se puede apreciar su textura, consistencia, peso, manifestaciones inerciales, etc: las posibilidades que permite lo adquirido en un caso y otro son diferentes.

En general, lo adquirido por interacción verbal está más relacionado con normas sociales, creencias y con información sobre los más variados dominios: historia, geografía, ordenadores, religión, política, vida de los animales (todo aquello que es objeto de ser tratado en una Enciclopedia de propósito general). Ante esta avalancha de información el sujeto tiene dos modos de proceder:

- Si la información verbal no tiene ningún tipo de vínculo con la experiencias personales, ésta es integrada por memorización.
- Si respecto a la información verbal que le llega, el sujeto posee ya cierto bagaje adquirido por interacción con el medio físico, como sería el caso en que las características del objeto son dadas verbalmente entonces, para comprender, dar significado o interpretar los nuevos datos requiere necesariamente relacionarlas con otras que ha adquirido por interacción física, sin lo cual, sería imposible una evaluación adecuada de los significantes.

En cuanto a las interacciones físicas se puede establecer cierto vínculo entre el dominio donde se produce la interacción y lo adquirido que, en general, son destrezas utilizadas por el individuo para adaptarse mejor a su medio.

Dada la importancia de estas adquisiciones por interacción física para la enseñanza, se va a analizar con detalle:

7.1.1 Interacciones relacionadas con el campo gravitatorio terrestre

Las interacciones con el campo gravitatorio terrestre son importantes en la medida que están omnipresentes a lo largo de nuestra vida. Siempre estamos inmersos en este campo de fuerzas: al desplazarnos, al coger los objetos, al acostarnos y levantarnos, al comer y beber, etc.

Desde su nacimiento, el niño está sujeto a un reglaje continuo con las fuerzas de la gravedad:

- Andar supone un mantenimiento continuo de situaciones de equilibración de su propio cuerpo. El niño aprende a mantener este equilibrio corporal en las más variadas situaciones: sujetando otros objetos de diferentes pesos, en superficies inclinadas o irregulares...
- Jugando, al niño le gusta crear situaciones de equilibrio con gran diversidad de objetos, colocándolos unos sobre otros, lo que le permite, en algunos casos, comprobar a su modo la importancia de la vertical en la consecución de equilibrios difíciles.
- Ha vivido multitud de situaciones donde es necesario conseguir equilibrar determinados objetos a fin de conservar su integridad, de forma que un fracaso de su acción en algunos casos deriva en una ruptura del objeto, por lo cual, incluso, ha podido sufrir algún tipo de castigo.
- Muchas diversiones feriales fundamentan su oferta en un intento de desequilibrar a los individuos que intervienen (generalmente suelen poner en juego fuerzas inerciales). Bastantes números que se representan en espectáculos circenses, basan su estrategia en la consecución de equilibrios no usuales y difíciles.

A cada una de estas situaciones el sujeto tiene que responder, recomponiendo el equilibrio si se va a caer o apoyando adecuadamente los objetos, por lo que parece lógico pensar que, fruto de esta intensa interacción, se generen en el sujeto una serie de destrezas y conocimientos:

- Los objetos poseen una posición privilegiada para cogerlos (generalmente según el centro de masas), de manera que si son cogidos de otro modo, la sujeción manual resulta más difícil y la posibilidad de caída aumenta;
- Un objeto apoyado, no admite cualquier posición para mantener su equilibrio por lo que el sujeto se ve obligado a identificar las áreas del objeto que permiten un mejor apoyo y si este no es extenso, a precisar manualmente el apoyo.
- La acción de andar requiere una equilibración dinámica del centro de masas corporal respecto a un plano de sustentación que no es muy extenso: los pies.
- La maduración de estas destrezas posiblemente induzcan en el sujeto cierto grado de conceptualización sobre nociones como peso, sentido arriba-abajo, verticalidad, compensación de masas respecto a un centro, etc.

7.1.2 Interacciones relacionadas con el movimiento

Las interacciones con objetos en movimiento son también numerosas, pero no tanto como las gravitatorias:

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

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

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

Estas destrezas no son ni mucho menos innatas, como lo prueban las reacciones de los niños más pequeños y de los animales cuando intentan coger una bola o cruzar una calle.

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 interacciones como las que se describen a continuación.

7.1.3 Interacciones relacionadas con la inercia

Las interacciones con la tendencia inercial de los objetos se podrían concretar en:

- Acciones con objetos que estando estáticos se intentan mover o lanzar y con aquellos que en movimiento se intentan parar.
- Los efectos que se sienten sobre el propio cuerpo cuando está en un sistema en movimiento acelerado, alguno tan cotidiano como el coche.

Esta interacción no es tan frecuente como las anteriores, 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.

La interacción inercial permite a conductores habilidosos prever el derrape de su coche en función de la velocidad, adhesión de los neumáticos, naturaleza del terreno, etc. También genera la destreza del camarero que impulsando la jarra de cerveza desde una parte del mostrador, la coloca justo en la mano del cliente después de deslizarse por éste.

7.1.4 Interacciones relacionadas con la consistencia de los objetos

Serían todos aquellos contactos ejercidos con cierta intensidad entre el propio cuerpo y los objetos y que van acompañados de deformaciones más o menos acusadas como:

- Tomar alimentos (pan, pastel, manzana, turrón, gusanitos, etc).
- Presionar objetos (pelota, plastilina, madera, plástico, hierro, etc)
- Cortar objetos (papel, plastilina, madera, lápiz, goma de borrar, etc)

Estas interacciones llevan a tomar al sujeto una idea sobre la consistencia de los distintos materiales y manipularlos en consecuencia, así como prever el comportamiento de éstos si sobre ellos se ejercen acciones como presionar, doblar, cortar, etc.

Existen otras interacciones más relacionadas con el esfuerzo para transportar objetos, con la noción de tiempo y rapidez, con la dirección y orientación, etc.

7.2 Los esquemas cognoscitivos como unidad de organización del conocimiento del sujeto

Hasta ahora se ha hecho referencia a lo que es inducido en la mente del sujeto mediante su interacción con el medio con términos como adquisición, bagaje cognoscitivo, habilidad, destreza, conducta intelectiva. Ese "algo" inducido confiere al sujeto que lo posee algunas destrezas que presentan unas características bien definidas de las que se resaltan:

- Una destreza no se olvida como sucede con un número de teléfono que no se utiliza con frecuencia, se conserva incluso si no se ejercita durante un periodo relativamente largo. Esto sucede, por ejemplo, en destrezas como nadar, montar en bicicleta, bailar un

trompo, saltar a la comba, coordinar las tabas, etc.

- Una determinada destreza posee un campo específico donde se pone de manifiesto, de modo que su campo de actuación no es tan amplio que puede aplicarse a todo ni tan concreto que sólo se ejerce sobre una situación. Por ejemplo, quien tiene buen sentido de la orientación puede localizar el Este ya se encuentre en la ciudad, en el campo, en la montaña, etc y, a la vez, poseer esta habilidad no presupone que el sujeto pueda jugar bien al tenis.
- Con la ejercitación, la destreza se amplía a nuevos objetos y nuevas situaciones. Existe un proceso acumulativo donde lo anteriormente adquirido sobre "x" sirve para que se integre un nuevo dato generado por la interacción sujeto-objeto con nuevos "x", dando como consecuencia un producto con mayores posibilidades de adaptación. Por ejemplo, la continua ejercitación en el juego del tenis hace mejorar paulatinamente la ejecución de los diferentes tipos de golpes (revés, paralelo, bolea, saque, etc). Además, con la ejercitación, la destreza es cada vez más precisa.
- Conlleva anticipaciones y previsiones. Por ejemplo, elegir el momento oportuno para cruzar la calle es una habilidad que se va desarrollando poco a poco, y es dependiente de la capacidad para prever la posición de los coches en función del tiempo que se tarda en quitarnos de su trayectoria. Es normal que interaccione esta capacidad de previsión con el miedo que produce pensar en un accidente, si predomina lo segundo el individuo suele cruzar por pasos señalizados con semáforos.
- Permite dar significado a nuevos datos.

Todo ello pone de manifiesto que "lo inducido por interacción" es una entidad sólida en el bagaje cognoscitivo del sujeto, a la que se le denominará esquema cognoscitivo.

A diferencia de las interacciones y las destrezas, los esquemas son inobservables. No son algo que se pueda ver y tocar como un lápiz, pero tienen un buen poder explicativo para entender el contenido de los productos generados por la interacción entre sujeto y medio.

La Física está llena de entidades inobservables que han permitido un progreso del conocimiento de los fenómenos físicos y una mejor comprensión del comportamiento de la materia, tales han sido: el átomo, la molécula, los gases ideales, el campo gravitatorio, magnético, eléctrico, etc. A nadie le importa si la invención inobservable se parece a algo real (¿qué es lo real?), lo que importa es que permita explicaciones satisfactorias y previsiones de hechos nuevos.

Consideramos el esquema como la unidad de organización de la estructura cognoscitiva del sujeto.

7.2.1 Constitución de los esquemas

Un esquema determinado se constituye de lo adquirido por las interacciones del sujeto con un dominio específico de su medio, pero lejos de que cada interacción aporte un "ladrillo" que llevaría a no tener "espacio físico" para construir, el sujeto se queda sólo con lo esencial, abstrae lo que es común a un conjunto de interacciones, esquematiza lo que adquiere, de forma que en "poco espacio" almacena un montón de experiencias personales.

Lo adquirido por una nueva interacción, activa el esquema más adecuado (lo normal es que se activen varios esquemas), y después de filtrar (interpretar) el dato percibido, se produce un proceso de asimilación por el cual se activa el esquema que esté más en consonancia con lo nuevo, para de este modo integrarlo en su seno. Además, lo nuevo no se incorpora como un añadido sino como un "miembro de pleno derecho", de forma que se reajustan los elementos constituyentes del esquema interrelacionándose con el nuevo elemento, es decir, se produce un proceso de acomodación del esquema a lo nuevo.

La capacidad asimiladora del esquema con nuevas adquisiciones gana en extensión y, periódicamente, en precisión.

Los esquemas son válidos para almacenar y recuperar información, hasta el punto de que los datos almacenados a través de un esquema son después "reinterpretados" cuando son recuperados por el mismo esquema pero que ha evolucionado con el tiempo (Davidoff, 1989). El sujeto no es consciente de que modifica los datos almacenados en su memoria de largo plazo (Piaget e Inhelder, 1968).

Además de explicar la adquisión y organización del conocimiento del sujeto, la noción de esquema cognoscitivo se utiliza también para explicar el comportamiento del sujeto en la resolución de tareas, junto con otro constructo como es el de la memoria a corto plazo (Pascual-Leone, 1983; Case, 1983).

Las nociones de esquema, asimilación y acomodación pueden ser utilizadas satisfactoriamente en otros dominios diferentes del cognoscitivo, como son los sociales, lingüísticos, biológicos, etc (Piaget, 1974) y, en particular, para explicar el comportamiento cognoscitivo del sujeto, como se puede apreciar en el siguiente apartado.

7.2.2 Problemas en los procesos de asimilación y acomodación

Lo adquirido en una interacción no siempre acaba integrado en uno o varios esquemas por asimilación y acomodación, tal es el caso en que el dato no es familiar a ninguno de los esquemas existentes, como por ejemplo, el estallido de un globo para un niño pequeño o la sensación que soporta el ama de casa al tocar polos contrarios de un cable eléctrico: el suceso queda memorizado pero de ningún modo integrado en un esquema.

Actualmente se admite que no se puede integrar en la estructura cognoscitiva nada nuevo si no existe un esquema cognoscitivo que permita dicha asimilación (Pozo y otros, 1991a).

También puede ocurrir que se utilice un esquema inadecuado para asimilar un determinado fenómeno, el resultado es una interpretación inadecuada de éste. Esto se aprecia con frecuencia en alumnos de Física que intentan explicar determinados fenómenos mecánicos con sus esquemas espontáneos inadecuados, por ejemplo, cuando aprecian una fuerza ascendente, además de la fuerza peso, de una moneda que se lanza vertical y hacia arriba (Viennot, 1979).

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

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

7.2.3 Los elementos integrantes de la estructura cognoscitiva

Los diferentes contenidos (constructos) del bagaje cognoscitivo del sujeto están organizados en una estructura por leyes de composición que confieren a la totalidad unas propiedades de conjunto distintas a las de los elementos (Piaget, 1974, p.11).

Además de los esquemas, la estructura cognoscitiva está constituida por instrumentos del pensamiento figurativo como son los significantes verbales, los signos y símbolos y las imágenes mentales (Piaget, 1980a, p.44), caracterizados principalmente por carecer de capacidad transformadora y anticipatoria, a diferencia de los esquemas cognoscitivos que, como se ha visto con anterioridad, dan capacidad al sujeto de prever, anticipar y transformar (Piaget, 1980a, p. 46; Piaget e Inhelder, 1984, p. 84; Piaget e Inhelder, 1984, p. 84; Piaget, 1984, p. 35).

En cuanto a los esquemas cognoscitivos, se distinguen dos grandes grupos (Marín, 1994b): esquemas dependientes del contenido (cognofísicos) y operatorios. Los primeros son generados por el sujeto por abstracción empírica, son dependientes del contenido (algunos han sido descritos anteriormente), mientras que los operatorios requieren un proceso de abstracción refleja a partir de los esquemas de acción (Piaget y García, 1973, pp.24-25) y son independientes del contenido.

Los esquemas operatorios mediatizan la actividad asimiladora de los específicos (Marín, 1995), y por encima de ellos están los esquemas relacionados con las creencias, supersticiones y los sentimientos del sujeto (Marina, 1996), desde esta perspectiva se puede apreciar la fuerte interrelación entre los aspectos cognoscitivos y afectivos del sujeto.

7.2.4 El constructo "esquema cognoscitivo" interpreta de un modo más exitoso la organización del conocimiento del alumno que como lo hacen las nociones "idea previa", "concepción" o "idea errónea"

En puntos de vista sobre la cognición del sujeto diferentes al piagetiano ha sido frecuente distinguir el pensamiento declarativo del procesual (Lawson, 1994; Pozo otros, 1991b):

- El declarativo hace referencia a nuestros conocimientos descriptivos sobre las cosas, lo que sabemos de las cosas.
- El procesual se refiere a lo que sabemos hacer con las cosas, a las destrezas que se poseen al actuar sobre los objetos.

Esta distinción es significativa en el plano de las reacciones del sujeto ante su medio pero, en contra de lo que algunos autores piensan, son generadas por la misma entidad cognoscitiva: los esquemas cognoscitivos.

En efecto, la noción de esquema cognoscitivo, además de poseer una gran capacidad explicativa tanto del comportamiento del sujeto como de la adquisición de nuevos datos, permite superar la dualidad concepto-proceso:

- Las ideas (nociones, conceptos) de los alumnos no forman parte del contenido de su estructura cognoscitiva (como muchos trabajos sobre concepciones pretenden) sino que son respuestas construidas en base a la combinación de varios esquemas junto con los instrumentos figurativos. No son elementos endógenos del conocimiento sino externos a él; esta confusión puede llevar a malos planteamientos metodológicos.
- Los procesos (razonamientos, destrezas y habilidades) son también inferidos por esquemas cognoscitivos. Ya se ha visto que las destrezas y habilidades del sujeto pueden ser explicadas a través de los esquemas cognoscitivos. En particular, la reversibilidad del pensamiento que lleva a la conservación, el control de variables, las habilidades clasificatorias dependen fundamentalmente de una clase especial de esquemas cognoscitivos: los operatorios (Piaget, 1977b).
- Investigaciones donde se relacionan las concepciones del sujeto con sus esquemas, muestran que unos pocos esquemas explicativos, junto a las manifestaciones

propias de la actividad asimiladora de los esquemas cognoscitivos de los que son reflejo, explican toda la diversidad de respuestas y concepciones encontradas ante una diversidad de situaciones relacionadas con equilibrios mecánicos (Marín, 1994b).

8

Posible información a obtener en el alumno de interés didáctico

El estudio del origen, formación y organización del conocimiento del alumno permite, en un primer momento, precisar el tipo de información a obtener en el alumno que podría interesar al educador.

Con anterioridad hubo ocasión de demostrar (§ 6.2) que la información que se obtiene del alumno cuando se utiliza como referente el contenido objeto de enseñanza, por ser éste un esquema inadecuado para interpretar los datos del sujeto, está sesgada y tergiversada y, además, que es posible obtener más información del alumno de interés didáctico si el investigador realiza un cambio de punto de vista, descentrándose del que ofrece el contenido científico.

Precisamente, buscando ese nuevo punto de vista es como se llegó al estudio de la cognición del alumno.

Por otro lado, en § 2.2 se determinó, de un modo global, que los objetivos establecidos por la LOGSE requerían tomar información del alumno relacionada, no sólo con sus concepciones espontáneas como se hace usualmente, sino también ligada a sus habilidades, destrezas y limitaciones para ordenar datos empíricos, para realizar inferencias, para abordar los problemas con estrategias hipotético-deductivas, para realizar construcciones y montar experiencias, etc.

Si como se afirma en § 6.3.1, el entramado piagetiano ofrece las mayores garantías de conseguir los objetivos de enseñanza, dicha teoría debe mostrar ahora que sugiere un tipo de información a tomar en el alumno análoga a la que requiere los propios objetivos.

Respecto al análisis realizado sobre los tipos de interacción que lleva a cabo el sujeto con su medio, las destrezas que son generadas por estas acciones, las ideas que el sujeto va construyendo desde la toma de conciencia de los esquemas (Piaget, 1976) y la interpretación sobre cómo está constituido el sistema cognoscitivo del sujeto, se podrían enfatizar como importantes:

a) Las ideas forjadas por el alumno en interacción con el medio natural y social, como:
   - Ideas o concepciones que el sujeto se forja sobre cómo son los objetos (dimensionalización física del objeto respecto a él: consistencia, rugosidad, posibilidades de transformación, etc).
   - Ideas o concepciones que el sujeto construye sobre cómo interaccionan los objetos entre sí, es decir, "cómo funcionan las cosas" (dimensionalización física del objeto respecto a los demás objetos: movimiento, reacciones inerciales, fuerzas de contacto, fuerzas gravitatorias, posibilidades de transformación de estados iniciales, etc).

Estas ideas, muchas de ellas formadas por la interacción de sujeto con su medio natural (ver § 7.1), no tienen porqué estar relacionadas necesariamente con algún contenido objeto de enseñanza.

Se vio (§ 6.2) que tomando como referente el contenido objeto de enseñanza, sólo podemos apreciar lo que el sujeto conoce (o desconoce) sobre éste, pero resulta muy pobre describir la cognición del sujeto por lo que desconoce (que es mucho).

Desde la perspectiva que da la formación y organización del conocimiento en el alumno, podemos distinguir los siguientes casos:

- Ideas específicas relacionadas directamente con el contenido objeto de enseñanza, tomando como criterio para establecer dicha relación el que se estableció en § 6.2.2: existen situaciones y cuestiones sencillas para las que el alumno y la Ciencia dan respuestas semejantes.
- Ideas relacionadas con respuestas que da el alumno sobre una determinada situación problemática y que son bien diferentes a las que se da desde el contenido objeto de enseñanza.

  Dicho de otro modo, el contenido a enseñar hace referencia a objetos, situaciones, fenomenologías que permiten configurar determinadas situaciones y cuestiones a las que se puede responder de forma adecuada estando en posesión de dicho contenido; pues bien, el alumno posee un conocimiento al respecto que le infiere respuestas distintas o más lejanas a las anteriores respuestas correctas.

  Es posible que en la evolución del conocimiento del alumno sobre las situaciones planteadas, se puedan dar respuestas más cercanas a las correctas o análogas a éstas, pero en la fase evolutiva en las que se encuentran en el momento de su detección, están "lejanas al contenido a enseñar" (Piaget y García, 1973).

  Aunque en este caso las ideas del alumno son diferentes a las académicas, no por ello son menos importantes, ya que es posible que sean utilizadas para comprender o asimilar la explicación del profesor sobre un determinado contenido de enseñanza.

  Así, ideas que no están ligadas al contenido de enseñanza según una lógica científica o

adulta lo pueden estar para el alumno (Piaget, 1977a).

Sería muy difícil establecer estas diferencias entre las ideas del alumno y los contenidos objeto de enseñanza si se toma éste como referente para hacer la búsqueda de ideas (ver § 6.2).

b) Las destrezas fruto de su interacción con los objetos y con situaciones problemáticas cotidianas, entre las que cabe distinguir:

- Destrezas manipulativas (nos pueden interesar para el diseño de determinadas prácticas de laboratorio, la elaboración de materiales didácticos, etc).
- Destrezas intelectivas (realizar inferencias inductivas, analógicas, deductivas, relacionar causalmente, poner en correspondencia, controlar variables y, especialmente, para procesar datos empíricos como ordenar, observar, clasificar, medir, seriar, establecer relaciones causales, etc).

Estas capacidades procesuales, tanto intelectivas como motoras, son casi sistemáticamente olvidadas en los trabajos donde se toma como referente el contenido a enseñar, cuando se sabe que son determinantes en el rendimiento del alumno (Shayer y Adey, 1984; Lawson, 1993a; Niaz, 1991a) y para acomodar los contenidos procesuales al nivel de sus capacidades y limitaciones.

c) Aspectos ligados a la actividad cognoscitiva del alumno. Por inducción desde las respuestas que da el sujeto a las situaciones y cuestiones planteadas es muy dudoso que sean posibles descripciones de la actividad cognoscitiva del sujeto, si no se utiliza un entramado teórico adecuado para interpretar y explicar los datos que ofrece éste.

- El nivel cognoscitivo del sujeto permite prever, en buena medida, sus respuestas a las situaciones problemáticas que se le planteen, así como su rendimiento académico (Shayer y Adey, 1984).

  El nivel cognoscitivo se delimita por la capacidad para realizar determinadas operaciones que están vinculadas estrechamente a las capacidades procesuales del alumno de ordenar, seriar, clasificar, conservar, establecer hipótesis, inferir, establecer relaciones causales, etc y al modo de procesar información o datos empíricos.

  Lo anterior muestra lo importante que puede ser para el educador poseer información sobre el nivel cognoscitivo del sujeto.

- Como la capacidad operatoria del sujeto depende del contenido sobre el que se ejercen las operaciones (Pozo y otros, 1991b; Marín, 1994a), además del nivel cognoscitivo, resulta relevante conocer el esquema que posee el alumno sobre el contenido y las posibilidades operatorias de éste, es decir, las relaciones entre lo específico (ideas o esquemas) y lo general (operaciones).

Según esto, se podría afirmar que las "ideas previas", "concepciones", "errores conceptuales" cuando son delimitadas tomando la referencia del contenido objeto de enseñanza, son sólo un pequeña porción de la información a obtener del alumno de interés didáctico.

Sin embargo, toda esta posible información a obtener del alumno con posibilidades didácticas, sin duda valiosa y posiblemente suficiente para realizar diseños de enseñanza que permitan lograr los objetivos trazados, plantea dudas sobre su obtención, siendo las más relevantes las siguientes:

- ¿Cómo poder discriminar, entre las respuestas del alumno, las que son reflejo de auténticos esquemas específicos de las dadas "in situ" o de compromiso?
- Delimitado un esquema específico ¿cómo averiguar en qué fase de su evolución está?
- ¿Cómo se puede saber si el esquema específico está ligado con los operacionales?.

Las cuestiones planteadas no están exentas de cierta dificultad, pues no se trata de variables físicas susceptibles de mediciones precisas y, en la medida de lo posible, fiables; en nuestro caso, tratamos con variables ligadas a constructos cognoscitivos, donde el control de las mediciones no puede hacerse tan preciso y, en consecuencia, hacer previsiones y buscar resultados fiables es mucho más comprometido.

El apartado siguiente se dedica a construir una metodología que intenta aproximarse a la obtención de este tipo de información.

9

Orientaciones fundamentadas para buscar información en el alumno de interés didáctico

Las consideraciones teóricas sobre la estructura cognoscitiva, relativa a los esquemas y reglas de asimilación, permite diseñar y tomar decisiones sobre las técnicas de toma de datos, ordenación e interpretación de los mismos, sin embargo entre los planos teórico y empírico media una gran distancia que se hace necesario salvar.

Para ello se introduce la noción de orientación fundamentada para la búsqueda de elementos cognoscitivos del alumno de interés didáctico, como mediador entre los planos teórico y empírico que, funcionalmente, son:

- Una ayuda a la intuición subjetiva del investigador, con nuevas herramientas prestadas y deducidas del dominio de la psicología cognoscitiva.
- El conocimiento de partida del investigador para orientar, de forma deductiva, la toma de

decisiones y la configuración de determinadas estrategias en las distintas fases de la investigación. Por tanto, son declaraciones operativas y explícitas sobre el modo con que se va a proceder en el trabajo, que permiten mejorar la comunicación por su carácter explícito.

- Un sistema de esquemas que hacen que las distintas partes del trabajo sean coherentes entre sí, ya que subyacen en todas ellas los mismos criterios.
- Indicadores de las direcciones más efectivas para buscar información del alumno.

A continuación se presentan algunos orientadores, sabiendo que con éstos la lista de los que se pueden construir no queda agotada:

9.1 Distinción funcional del significante y el significado en la actividad cognoscitiva

Los significantes y los significados son tratados en la teoría piagetiana como elementos cognoscitivos que poseen una génesis y función cognoscitiva bien diferenciada; mientras los primeros juegan un papel de soporte de la estructura cognoscitiva y son instrumentos del pensamiento figurativo (Piaget, 1980a, p.44), los segundos forman parte de la propia estructura cognoscitiva configurada por los esquemas de acción interiorizados (Inhelder y Piaget, 1972). Así, las significaciones comportan, en efecto, "significados" que son el pensamiento como tal, pero también "significantes" constituidos por los signos verbales o las imágenes que se construyen en íntima correlación con el pensamiento (Piaget, 1984, p. 35).

Los significantes constituyen "instrumentos de conocimiento que traducen los movimientos y transformaciones en términos de simples sucesiones de estados" (Piaget, 1980a, p.44).

Los preconceptos nacen ligando el significado individual con un significante, que es el signo verbal, quedando a medio camino entre la generalidad de un concepto y el significado individual de éste. De esta forma, el significado depende de la experiencia acumulada alrededor de un significante.

De lo dicho sobre el papel de los significantes y significados en la cognición, así como de la dicotomía figurativo-operativo, se puede delimitar en parte el tipo de información que se busca en el alumno:

9.1.1 Orientación nº 1

Aplicar procedimientos que pongan en juego el significado del contenido objeto de búsqueda: previsiones, explicaciones, relación y significación de datos, etc.

Los significantes presentan una evolución pobre si se compara con la que sufre el significado, que está en continuo enriquecimiento. Esto hace que el contenido cognoscitivo del significado sea mayor que el del significante, consecuentemente se debe, sin perder la referencia de los significantes, prestar una mayor atención al significado.

Esto implica presentar al alumno situaciones y cuestiones en las que tenga que poner dichos significados en juego, y puesto que éstos están indeleblemente asociados a la actividad asimiladora de los esquemas cognoscitivos, se demandará al entrevistado, operar con los datos, hacer inferencias, dar explicaciones, pedir anticipaciones, etc. En definitiva, se harán intervenir procedimientos que activan dichos esquemas.

Los significantes juegan el papel de soporte de los esquemas de acción interiorizados (significados) y, en ningún momento, se pueden confundir con dichos esquemas. Se debe, por tanto, considerar que no sería adecuado solicitar del alumno información sólo a través de cuestiones que giren alrededor de uno o varios significantes, ya que puede ocurrir que:

- Le dé significado a través de algún esquema cognoscitivo adecuado, pero al estar las cuestiones focalizadas sobre el significante se obtiene una información mucho menor que si se pone en juego, con situaciones físicas adecuadas, el propio esquema. Por ejemplo, al preguntar al sujeto sobre la noción de fuerza, responderá en función de un esquema cognoscitivo relacionado con acciones de esfuerzo llevado a cabo en su medio, pero es posible obtener una mayor información si, conociendo dicho esquema, se intenta poner en juego diseñando situaciones físicas adecuadas.
- Desconozca el significante, en cuyo caso, sin ningún esquema de asimilación, el alumno no sabría qué responder o daría una respuesta de compromiso
- Ponga en juego un esquema inadecuado al significante, en cuyo caso estaría ofreciendo una información tergiversada.

En cualquier caso, se encuentra una vía de solución diseñando situaciones donde esté involucrado el significante de un modo u otro y se utilicen otros más cercanos al entorno del alumno.

9.1.2 Orientación nº 2

El bagaje cognoscitivo del alumno no puede ser expresado en su totalidad a través de significantes verbales. Capacidades sensomotoras

Cuando a través de una situación física y de unas cuestiones se le demanda al sujeto una respuesta verbal o escrita, ésta no refleja todo lo que contiene su estructura cognoscitiva en relación a las cuestiones planteadas porque la toma de conciencia o conceptualización de algunos esquemas de acción interiorizados causantes de un determinado significado es sólo parcial (Piaget, 1976, p. 254, p. 260). Existe una porción de dicho esquema que sólo puede ser expresado en determinadas ocasiones a nivel de destrezas motrices u otras conductas no verbales (conocimiento procesual).

Todo ello sugiere que, junto a cuestiones de exigencia verbal, se deben poner otras donde el sujeto debe manipular para encontrar una determinada solución, así como integrar nuevas situaciones para cuya respuesta se le exija específicamente la utilización de su capacidad motora.

9.2 La importancia de la acción del sujeto sobre el medio en la constitución de los esquemas cognoscitivos

El conocimiento que adquiere el sujeto debido a su interacción con el medio es determinante para entender las concepciones previas al proceso de enseñanza.

Las referencias a los esquemas de acción generados por la interacción sujeto-objeto, como base estructural del pensamiento por encima de la sensación y la percepción, se aprecian en muchas partes de la obra piagetiana, por citar algunas:

- nuestros conocimientos no provienen únicamente de la sensación ni de la percepción, sino de la acción en su totalidad con respecto de la cual la percepción sólo constituye la función de señalización. Lo propio de la inteligencia no es contemplar sino transformar y su mecanismo es esencialmente operatorio (Piaget, 1981, p. 89, p. 104; Piaget, 1978b, p.38) y,
- el instrumento de intercambio en la interacción sujeto-objeto no es la percepción sino más bien la acción misma con su mayor plasticidad (Piaget, 1977a, p.15)

La importancia de los esquemas de acción se aprecia en el comportamiento intelectivo del sujeto, así:

- Las primeras capacidades clasificatorias y de correspondencias se generan gracias a la interiorización de los esquemas de acción formados por dicha interacción.
- El significado de un dato cualquiera lo toma en el proceso de asimilación a los esquemas de acción interiorizados, lo que muestra la gran relevancia de estos en la interpretación y explicación de los fenómenos físicos.
- En determinadas fases de la evolución cognoscitiva del sujeto, los datos que aporta la interacción sujeto-objeto, hacen articular y acomodar los esquemas de acción de forma que las reacciones preoperatorias del sujeto, ante un problema, se vuelven operacionales a condición de que éste pueda interaccionar manipulativamente con el problema, por ejemplo, en la experiencia de conservación en trasvases de líquidos, termina compensando entre altura y sección a condición de que el contenido del vaso se eche en otros donde se varía paulatinamente la sección; ahora bien, esta reacción conservadora no es fruto de la reversibilidad operatoria porque una acción, traducida en simple experiencia imaginada, tiene sentido único (Piaget, 1984 pp. 147-148).
- En un determinado momento de la evolución, aparecen las operaciones mentales cuando los esquemas de acción interiorizados se hacen reversibles (Piaget, 1977b, pp. 35-36). Las operaciones mentales posibilitan al sujeto a:
  - Comprender y operativizar los factores relevantes de una tarea, por encima del engaño perceptivo.
  - Asimilar determinadas situaciones dinámicas.
  - Coordinar mejor la comprensión y la extensión de los conceptos, a comprender mejor las relaciones causales, etc.

9.2.1 Orientación nº 3

La capacidad transformadora del sujeto es un indicio significativo de su comportamiento cognoscitivo: previsión del estado final a partir del inicial

A falta de esquemas operatorios, los sujetos preoperacionales tienen dificultades para prever las posibles transformaciones del estado inicial de una situación física, proponiendo estados finales que se asemejan figurativamente o son idénticos a los iniciales. Con la evolución a estadios más avanzados, se aprecian mayores posibilidades de transformación de la realidad gracias a la formación de esquemas cognoscitivos que hacen posible ésto y, entre ellos, los operacionales.

Por ello habría que diseñar situaciones físicas que contengan transformaciones donde de una manera clara el sujeto aprecie su estado inicial, en este momento las cuestiones deberán girar sobre previsiones del estado final. La comparación de estos dos estados (observables) permite evaluar la capacidad transformadora del sujeto y hacer inferencias sobre los posibles elementos transformadores que ha puesto en juego el sujeto.

9.2.2 Orientación nº 4

Los contenidos cognoscitivos del sujeto están principalmente relacionados con los tipos de interacciones del sujeto con su medio natural y social

La estructura cognoscitiva que se genera por la interacción sujeto-objeto, explica el que un buen número de concepciones estén ligadas a esfuerzos realizados por el sujeto como sopesar, tirar, empujar, etc (véase Hierrezuelo y Montero, 88, pp. 68-72).

En fenomenologías físicas más lejanas al plano donde el sujeto interactúa con su medio, como pueden ser la eléctrica, térmica, luminosa, etc, se suelen definir las concepciones por categorías que denotan el desconocimiento que presenta el alumno sobre dicha materia (véase para ello, por ejemplo, Acevedo, 1990; Heller y Finley, 1992; Gabell, Samuel y Junn, 1987).

Que las nociones de empuje o arrastre mecánico sean más elementales que las de calor o electricidad, en el sentido de que son más fáciles de explicar, es debido a que las operaciones que se ponen en juego en las explicaciones

mecánicas, provienen de acciones o de coordinación de acciones impuestas desde los comienzos del desarrollo por la estructura de nuestro organismo (Piaget y García, 1973, pp. 18-19), algo que no sucede, al menos con análoga intensidad, en otros dominios físicos.

Mientras que en la fenomenología mecánica, el sujeto posee una buena carga de contenido ontogenético, en las otras, no suelen tener esquemas de asimilación adecuados o el número de éstos es muy reducido.

El único modo que el sujeto tiene de conocer o dar significado a cualquier dato externo es mediante la utilización de algún esquema de asimilación, si este no existe o es inadecuado, el dato no pasa de ser una percepción primaria imposible de ser asimilada o es captado de forma distorsionada o sesgada.

La dificultad de operar con este tipo de datos, que sufren una mala asimilación, puede llevar con frecuencia al sujeto a dar respuestas de compromiso que no denotan elementos cognocitivos relacionados con lo que se pregunta, ya que no ha habido asimilación o ésta ha sido inadecuada.

A fin de trabajar con situaciones físicas cuyos datos puedan ser asimilados (datos significativos), o al menos en parte, por el sujeto, habrá que comenzar realizando una investigación previa para seleccionar situaciones que sean significativas para él. De entrada, las situaciones mecánicas donde se ponen en juego acciones como empujar, tirar, presionar, equilibrar, suspender, etc son las más significativas.

9.3 Mecanismos cognoscitivos en el proceso de equilibración

Según la reacción de la estructura cognoscitiva ante una perturbación exterior, se pueden distinguir tres tipos de conductas (Piaget, 1978a, pp. 73-76):

- Tipo , cuando la perturbación no es considerada o distorsionada de modo que prevalece la dirección de asimilación del esquema inicialmente aplicado.
- Tipo j, si el elemento perturbador es integrado, modificando el esquema de asimilación, para acomodarlo a la orientación de la perturbación.
- Tipo j, si la perturbación se inserta como una variación más del conjunto de transformaciones virtuales.

Es frecuente descubrir estas conductas en muchos de los experimentos piagetianos, así se aprecian algunas de tipo en determinadas fases de la evolución cognoscitiva (nivel IA), que generalmente coinciden con los inicios de un determinado estadio para un determinado ámbito físico. La estructura cognoscitiva basa su estabilidad en cierta rigidez asimiladora de los esquemas, de forma que la asimilación prevalece sobre la acomodación, es decir, en determinados dominios físicos la valoración del esquema asimilador prevalece sobre la evidencia de un nuevo dato. Por ejemplo, su esquema de fuerza ligada al esfuerzo subjetivo llevado a cabo con los objetos, le lleva a prever mal el número de pesos que se deben colocar para compensar otros ya colocados (incluso cuando son situaciones simétricas) o a sobrevalorar la acción del último peso colocado (Piaget, 1975, pp. 56-74). A un determinado nivel de la evolución del niño, la noción de velocidad está ligada con la de adelantamiento de móviles, esto le hace creer que dos coches que parten y llegan en el mismo instante, llevan la misma velocidad, aunque uno de ellos ha recorrido más camino que el otro (Piaget, 1946, pp. 55-68).

En otras fases de la evolución cognoscitiva que generalmente coinciden con aquéllas de carácter transicional (nivel IB y IIB), se pueden apreciar conductas de tipo j, cuya principal característica es que frente a las primeras preguntas de una tarea, presentan reacciones que son propias de un determinado nivel, pero si se van alterando adecuadamente las variables físicas, que les son más significativas, suelen evolucionar progresivamente, dando, en un momento dado, reacciones que son propias del nivel siguiente, tal es el caso de la tarea de transvases de líquidos donde si se utilizan una serie de vasos de sección cada vez menor el sujeto preoperacional termina, al menos momentáneamente, dando respuestas semejantes a las de un sujeto de operaciones concretas (Piaget y Szeminska, 1982, pp. 19-41); otro ejemplo es el de la tarea de la conservación de la cantidad de plastilina, algunos sujetos preoperacionales pueden llegar a responder como lo hacen los del nivel siguiente, a condición de hacer paulatinas transformaciones de la misma, haciéndola cada vez más delgada o volviéndola poco a poco a su posición esférica inicial (Piaget e Inhelder, 1971, pp. 33-56). Un sujeto del nivel de operaciones concretas inicial, puede reaccionar preoperatoriamente cuando se trata de la conservación del peso y el volumen, si es de un nivel concreto avanzado conserva el peso pero no el volumen, ante el cual reacciona preoperacionalmente, ya en el nivel formal conserva las tres variables. En general, la capacidad operatoria de un sujeto es dependiente del tipo y contenido de la tarea (Marín, 1992), de forma que la rigidez o flexibilidad de un esquema de asimilación depende, además del nivel operatorio del sujeto, del contenido que se intenta asimilar.

Las conductas de tipo j se aprecian exclusivamente en niveles operatorios, donde es posible, gracias a las operaciones mentales, realizar inversiones y reciprocidades y, sobre todo, en el nivel formal donde las posibles transformaciones reales están integradas en un sistema más amplio de transformaciones posibles y virtuales.

9.3.1 Orientación nº 5

Analizar el grado de flexibilidad y adaptación de las respuestas del sujeto ante la variación de los factores que intervienen en la tarea

Las conductas de tipo , j y j que presentan cualquier esquema cognoscitivo cuando es perturbado externamente, aportan sugerencias interesantes a tener en cuenta. Así, se podrían diseñar estrategias en la recogida de información que muestren la rigidez o flexibilidad de un determinado esquema. Para ello, es necesario utilizar estrategias, como la entrevista interactiva, la demanda de explicaciones y previsiones sobre situaciones físicas reales y la variación de las variables que intervienen en las situaciones que permitan ver cómo se van acomodando las reacciones del sujeto a dichas variaciones.

Los datos así obtenidos podrían ser analizados e interpretados según el grado de deformación por la actividad asimiladora del esquema cognoscitivo (Criscuolo, 1987). Muchas de las características que presentan las concepciones son típicamente preoperacionales (Driver, 1986; Pozo y otros, 1991a).

La ausencia de conductas tipo j en la mayoría de los trabajos constructivistas es debido a un problema metodológico: para detectar las conductas tipo j es necesario poner en juego, en la toma de datos, una dinámica de conversación individual donde las cuestiones tengan un apoyo empírico y se permita al sujeto tanteos, rectificaciones o manipulaciones que no es frecuente encontrar en la mayoría de trabajos publicados.

9.4 Los mecanismos cognoscitivos del pensamiento operatorio

Las operaciones mentales son acciones interiorizables, reversibles y coordinadas en sistemas caracterizados por leyes que se aplican al sistema como un todo. Son acciones, puesto que se llevan a cabo sobre los objetos antes de ser realizadas sobre símbolos. Son interiorizables, puesto que se pueden ejecutar mentalmente sin perder su carácter original de acciones. Son reversibles, a diferencia de las simples acciones, que son irreversibles. Así la operación de combinar se puede invertir inmediatamente -su inversión sería la operación de disociar-, mientras que el acto de escribir de izquierda a derecha no puede ser invertido en el acto de hacerlo de derecha a izquierda sin la adquisición de un nuevo hábito diferente del primero. Por último, las operaciones se encuentran fuertemente interrelacionadas entre sí, por ejemplo, la construcción de una clase implica un sistema clasificatorio, una relación asimétrica transitiva, un sistema de relaciones seriales, etc" (Piaget, 1977b, pp. 35-36).

La llegada del pensamiento operatorio como nuevo instrumento cognoscitivo para asimilar los objetos y la interacción entre éllos, tiene una importancia relevante en los diferentes comportamientos intelectivos del sujeto:

- Es capaz de superar la ligazón del pensamiento con lo figurativo (Piaget, 1980a, p.44).
- Puede asimilar las transformaciones (Inhelder y Piaget, 1972, p. 211).
- Establece relaciones causales por atribución de las operaciones recién construidas (Piaget y García, 1973, pp. 24-25).
- Enriquece los objetos con nuevas propiedades (Piaget, 1981, p. 43).
- Relaciona de forma inclusiva las clases de forma que puede coordinar la comprensión con la extensión de éstas (Piaget, 1977b, pp. 35-36).
- Conserva factores en una transformación (Piaget, 1978a, p. 33).

Por ello, las siguientes orientaciones van dirigidas a establecer indicios observables del comportamiento operatorio del sujeto:

9.4.1 Orientación nº 6

Margen de permisividad para dar cabida a tanteos, pruebas, rectificaciones, etc. Equilibrio entre los esquemas del entrevistador y del entrevistado

Cuando el sujeto está próximo a la estructuración operatoria de una nueva variable, en bastantes experimentos piagetianos se aprecia que, para encontrar la solución a un problema nuevo o para adquirir nuevos datos, el sujeto necesita realizar procedimientos de acercamiento progresivo a la evidencia empírica (tanteos, constataciones, rectificaciones, etc.).

Piaget denomina pensamiento intuitivo a este modo de proceder donde el sujeto consigue liberarse de los dictados de lo figurativo para presentar reacciones operacionales o cercanas a éstas. Supera el egocentrismo preoperatorio gracias a que pone en relación los esquemas de acción por medio de coordinaciones progresivas, reglajes y articulaciones de las representaciones. De esta forma puede establecer la relación entre altura y sección en la tarea de trasvases de líquidos y llegar, por tanto, a la conservación de la cantidad de líquido, a condición de que se le presenten de forma progresiva recipientes de distintas secciones y alturas.

Las reacciones transicionales del pensamiento egocéntrico al operatorio pasan por una fase en la que la característica dominante son las continuas rectificaciones y tanteos sucesivos, que hacen evolucionar al sujeto desde declaraciones estáticas y dominadas por lo figurativo a reacciones típicamente operatorias.

Lo anterior ofrece datos sobre el comportamiento del sujeto en un nivel cognoscitivo muy cercano al operatorio, lo que permite comprender mejor su capacidad operatoria así como la transición del pensamiento preoperacional al reversible. Todo ello, a condición de diseñar tareas que permitan al alumno realizar tanteos, rectificaciones, manipulaciones, etc, ante la variabilidad de los

factores intervinientes, ya que en caso contrario, una toma de datos estática puede llevar a catalogar una respuesta como preoperatoria, cuando es posible que esté dentro de la fase transicional (intuitiva).

Por esto, la toma de datos debe llevarse a cabo manteniendo un difícil equilibrio entre unos esquemas de búsqueda que están fijados de antemano por el investigador y una verdadera libertad de expresión del entrevistado, procurando que en todo momento, éste goce de un cierto margen de permisividad que le permita en el plano cognoscitivo aproximaciones sucesivas al problema planteado.

9.4.2 Orientación nº 7

Apreciar actividad operatoria por procesos observables de conservación: diseñar transformaciones donde existen variables que se conservan

Cuando el sujeto consigue hacer reversibles sus esquemas de acción, aparece en determinados dominios físicos, un nuevo comportamiento en la resolución de tareas que requieren una transformación, de modo que las novedades del estado final pueden ser explicadas, haciendo ver la existencia de ciertas transmisiones a partir del estado inicial, resaltando los factores que se conservan.

Esto sugiere una clara dirección de búsqueda en la detección de esquemas operatorios, ya que un diseño adecuado de las transformaciones implicadas en las tareas, así como una atención selectiva sobre los posibles elementos, perceptivos o estructurales, que se mantienen constantes desde el estado inicial al final, pondrían sobre la pista de la aplicación de operaciones mentales en la resolución de la tarea por parte del alumno.

9.5 Los mecanismos cognoscitivos de las relaciones causales

Muchas de las concepciones encontradas tienen la estructura de una explicación causal (véase, por ejemplo, Hierrezuelo y Montero, 1989; Gunstone y Watts, 1989), lo que sugiere utilizar el amplio trabajo piagetiano realizado sobre este tema para delimitar pautas de búsqueda e interpretar la información que pueda aportar el alumno (Pacca y Saraiva, 1989).

Dar una explicación causal supone establecer relaciones entre un efecto y una serie de condiciones iniciales consideradas como causales, de forma que quede "claro" para el sujeto, cómo dicho efecto es producto necesario de ciertas transmisiones o transformaciones a partir de los estados iniciales (Piaget y García, 1973, p. 15).

Esta relación se establece para dar cuenta de los observables (hechos y leyes) asimilados al aplicar los esquemas operatorios sobre las interacciones entre objetos, y al atribuir a dichas interacciones sus propias operaciones mentales (Piaget y García, 1973, pp. 23-26).

Pacca y Saraiva (1989) aportan una idea interesante sobre las relaciones causales, dentro de la línea piagetiana: la causalidad supone una construcción cognoscitiva que se presenta como necesaria, al establecerse por deducción. El vínculo causa-efecto es relativo al sistema cognoscitivo que lo establece, de forma que la relación necesaria para un sujeto de operaciones concretas no es la misma que para el de operaciones formales.

9.5.1 Orientación nº 8

Evaluar el grado de estabilidad de las respuestas, variando el aspecto figurativo de la tarea y manteniendo constantes las variables estructurales

Una pauta para indagar e interpretar adecuadamente muchas de las respuestas de los alumnos sobre problemas de naturaleza causal vendría dada, por una lado, al intentar reconocer en dichas respuestas la parte operatoria que interviene en la explicación y que debe estar relacionada con la transformación producida en la tarea y, por otro, en el elemento que se conserva en la transformación, que debe estar relacionado con alguna propiedad o característica de los objetos que interactúan.

El carácter deductivo de la causalidad hace que una explicación de tal índole sea esencialmente estable e independiente de variaciones que no sean estrictamente estructurales, como por ejemplo las figurales.

Por tanto, será preciso evaluar el grado de estabilidad de las respuestas, variando los aspectos figurativos de la tarea, a fin de discernir si se trata de un proceso deductivo, fruto de la posesión de un esquema operatorio o, si por el contrario, se trata de respuestas "in situ" o descriptivas, o son el resultado de ciertas resistencias al aplicar dicho esquema operatorio al contenido concreto de la tarea.

Es importante descubrir en la respuesta de los alumnos los observables de la tarea que son utilizados en la relación causal, y analizar si algunos de estos se conservan en la transformación, lo que denotaría que el factor invariable ha sido estructurado operatoriamente por el sujeto al aplicar sobre los observables sus operaciones mentales. El criterio de conservación permite ser constatado fácilmente ya que es observable.

9.5.2 Orientación nº 9

Búsqueda de relaciones causales en la respuesta del sujeto no contenidas en los datos observables de la tarea donde la causa y el efecto están bien definidas

Obtenidas de	Orientaciones: Interacción sujeto-tarea	Orientaciones: Polos observables Tarea-respuesta	Orientaciones: Contenido estructura cognoscitiva
La distinción entre significante y significado	1 Aplicar procedimientos que pongan en juego el significado del contenido objeto de búsqueda: previsiones, explicaciones, relación y significación de datos.		2 El bagaje cognoscitivo del alumno no puede ser expresado en su totalidad a través de significantes verbales. Capacidades sensomotoras
La importancia de la acción del sujeto sobre el medio		3 La capacidad transformadora del sujeto es un indicio significativo de su comportamiento cognoscitivo: previsión del estado final a partir del inicial	4 Los contenidos cognoscitivos del sujeto están principalmente relacionados con los tipos de interacciones del sujeto con su medio natural y social
Los mecanismos cognoscitivos del proceso de equilibración		5 Analizar el grado de flexibilidad y adaptación de las respuestas del sujeto, ante la variación de los distintos factores que intervienen en la tarea	
Los mecanismos cognoscitivos del pensamiento operatorio	6 Margen de permisividad que de cabida a tanteos, pruebas, rectificaciones, etc. Equilibrio entre los esquemas del entrevistador y del entrevistado		7 Apreciar actividad operatoria por procesos observables de conservación: diseñar transformaciones donde existen variables que se conservan
Los mecanismos cognoscitivos de las relaciones causales		8 Evaluar el grado de estabilidad de las respuestas, variando el aspecto figurativo de la tarea y manteniendo constantes las variables estructurales	9 Búsqueda de relaciones causales en la respuesta del sujeto no contenidas en los datos observables de tareas donde causa y efecto están bien definidas

Es necesario analizar qué tipo de relación establece el sujeto entre observables, pues puede ocurrir que su respuesta sea una simple descripción de la sucesión temporal del fenómeno físico, o por el contrario, utilice relaciones inobservables establecidas por vínculos cognoscitivos.

La anterior distinción es útil como criterio para conocer si se está en presencia de una relación causal, pues gracias a ella es posible ver si se ha introducido alguna relación que no estaba dada en los datos empíricos (observables). Tal es el caso del sujeto que, tras previa asimilación de la información tomada de la situación planteada, evoca una respuesta en la que se aprecian elementos conceptuales u operatorios que no están contenidos en los datos empíricos que se le presentan.

Algunos trabajos realizados sobre la relación entre causalidad y operaciones ponen de manifiesto que los sujetos que obtenían bajas puntuaciones en las tareas de clasificación, no eran capaces de superar la frontera de los observables y realizaban concatenaciones perceptivas o funcionales entre el antecedente y el consecuente (Pérez López, 1990).

Ello sugiere que la relación causal inobservable se debe, como señala Piaget, a la atribución de las operaciones mentales del sujeto al comportamiento de los objetos cuando interactúan entre ellos o con el mismo, para asimilar, entender o explicar el comportamiento causal de los objetos, lo que se utilizará para buscar e interpretar la información del alumno.

10

Sugerencias prácticas para el diseño de un cuestionario siguiendo las orientaciones fundamentadas

Se pretende ahora llevar las orientaciones fundamentadas a un plano práctico que permita la construcción de un cuestionario para delimitar elementos cognoscitivos del alumno de interés didáctico o poder enjuiciar otros trabajos relativos a concepciones del alumno.

10.1 Acercamiento al sistema cognoscitivo del sujeto evitando sesgos y distorsiones

Estructuralmente, las distintas técnicas utilizadas para obtener datos del sujeto suponen la interacción entre dos sistemas cognoscitivos que poseen connotaciones bien diferenciadas:

- El investigador con su formación científica

- El sujeto entrevistado, carente de esta formación, con su bagaje cognoscitivo intuitivo, práctico, aproximado, no sistemático y, en determinados dominios más o menos extensos, preoperacional.

Esto hace que sea prioritario llevar a cabo un acercamiento progresivo y significativo a la naturaleza cognoscitiva del alumno, minimizando en la medida de lo posible, sesgos, distorsiones, malas interpretaciones, etc.

A priori se admite, en base a las diferencias existentes entre los contenidos cognoscitivos del sujeto y académicos, que no existe ninguna garantía de que los procedimientos utilizados en la toma de datos sean significativos, aunque lo parezcan. La primera medida a tomar será no utilizar esquemas de búsqueda obtenidos directamente del plano de los contenidos académicos ya que éstos ofrecen esquemas inadecuados para tomar y evaluar datos obtenidos al sujeto.

La técnica que permite un acercamiento al entrevistado, minimizando la influencia del entrevistador, es la entrevista individual (EI). Básicamente, si se admite que en la toma de datos interactúan dos sistemas cognoscitivos diferentes (entrevistado-entrevistador), las cuestiones iniciales a las que se enfrenta el sujeto estarían más mediatizadas por los esquemas del investigador que aquellas otras formuladas en base a las respuestas del entrevistado. Las "segundas" y "terceras" preguntas, construidas sobre el punto de vista que expresa el sujeto, estarían más acomodadas a su sistema cognoscitivo.

Las técnicas, como la de papel y lápiz o de tarjetas (Osborne y Gilbert, 1980), que no "van más allá" de las preguntas iniciales, aumentan las posibilidades de sesgos y distorsiones.

Piaget, ya en 1924 explicó con detalle las peculiaridades y exigencias que conlleva la EI (Piaget, 1978b). Sin embargo, las mejores sugerencias se pueden encontrar, de un modo indirecto, en las estrategias en la toma de datos utilizadas en cada uno de los experimentos que llevó a cabo con posterioridad (véase por ejemplo Piaget, 1946; 1974; 1975) entre las que destacan las siguientes:

- Es fundamental no ofrecer al entrevistado ningún tipo de expresión que denote aprobación o reproche ante una contestación correcta o incorrecta, expresando siempre interés independientemente del grado de corrección. Este interés es el que llevará a solicitar nuevas explicaciones. Cualquier cosa que el entrevistado diga, aunque parezca absurda, puede ser lógica y coherente para el alumno.
- La entrevista se puede desarrollar más fácilmente y con una toma de datos más fructífera y profunda si se logra inicialmente un ambiente distendido y comunicativo con el entrevistado, por lo que habría que dedicar tiempo a entablar una charla amigable antes de entrar de lleno en las preguntas núcleo del cuestionario. Un modo eficaz de comenzar es haciendo algún tipo de comentario sobre el material que hay encima de la mesa o sobre su nivel académico.
- Las preguntas del entrevistador no deben orientar al sujeto en ninguna dirección. Sólo en el caso en que ya no se puedan tomar más datos del alumno, se podrán realizar algún tipo de sugerencias para reconducir la entrevista y siempre que se esté seguro de que la información que se le da, no va a servir para construir respuestas en tareas posteriores. La toma de datos mediante claras situaciones de aprendizaje es también muy valiosa, a condición de llevarlas a cabo al término de una secuencia de conversación espontánea.
- He aquí un catálogo de preguntas de intencionalidad neutra utilizadas en los experimentos piagetianos: ¿puedes explicar lo que dices?, ¿cómo dices?, ¿siempre ocurre así?, ¿estás seguro?, entonces ¿qué sucede realmente?, ¿cómo lo sabes?, ¿qué habría que hacer entonces?, no entiendo ¿lo podrías explicar de nuevo?, ¿y si hago esto otro?, ¿puedes demostrar lo que dices?, no entiendo ¿me lo podrías aclarar?, ¿estás seguro que es así?, otro alumno dice que... ¿tú piensas lo mismo?. Hay que distinguir estas preguntas neutras de las que aparecen en el cuestionario diseñadas a través de los esquemas de búsqueda, a las que se llamará preguntas fijas o iniciales. La EI de cada tarea es iniciada con éstas últimas, mientras que el desarrollo de la dinámica interactiva con el entrevistado se lleva a cabo con las preguntas neutras.
- Algunas de las secuencias más utilizadas son:
  - Secuencia simple de conversación libre (SCL), consiste en realizar, una vez que el sujeto ha dado una explicación inicial a una pregunta fija, otras neutras dirigidas por las propias respuestas del alumno y, en determinados casos, por los esquemas de búsqueda.
  - Secuencia previsiones-experimento-nuevas explicaciones (PXE), consiste en realizar un experimento después de que el alumno ha hecho sus previsiones y observaciones, pidiéndole que justifique sus declaraciones anteriores, si son contrarias a los datos observados y, en cualquier caso, se le solicitan explicaciones sobre ellas.
  - Secuencia explicaciones-manipulación- nuevas explicaciones. Se trata de dejar, una vez que se han agotado las respuestas del entrevistado durante la SCL, que éste obtenga una información adicional a través de la propia manipulación del material que se esté utilizando.
- La técnica que registra mayor número de datos es la cámara de video, que permite incluso captar detalles de las explicaciones del alumno no expresados con palabras (gestos, movimientos, indicaciones). La cámara de video se dispone de manera que se encuadre

de frente al alumno entrevistado y de perfil al entrevistador, procurando que las imágenes de ambos, junto al material que se va manipulando, cubran todo el visor, y evitando que existan contraluces o sombras que impidan la observación de detalles. Es ideal disponer de un micrófono externo para colocarlo sobre la mesa donde se desarrolla la entrevista, ya que la calidad sonora aumenta considerablemente.

La EI se estructura en tareas, cada una de éstas diseñadas con un propósito común girando alrededor de una o varias situaciones físicas, las cuales se hacen interactuar con el sujeto mediante una serie de cuestiones.

10.1.1 Elección de situaciones físicas

Las situaciones a las que hace referencia las tareas deben ser, en la medida de lo posible, cercanas al entorno cotidiano del entrevistado y, mejor si se pueden desarrollar en presencia del sujeto con soporte material. Las razones para tomar estas medidas son:

- El contenido de la estructura cognoscitiva del sujeto está relacionado con el tipo de interacción del sujeto con su medio (orientación nº 4), por lo que las situaciones cotidianas permiten una mejor asimilación que aquellas otras que se presentan esquemáticamente tras sufrir un proceso de abstracción, se han diseñado tomando como referencia del contenido académico objeto de búsqueda o se toman fuera del espacio terrestre.
- Puesto que no todo el bagaje del sujeto puede ser expresado verbalmente (orientación nº 2) serían convenientes situaciones reales que puedan ser manipuladas, lo que posibilitaría tomar datos significativos del entrevistado no verbales.
- Las situaciones reales permiten un mejor desarrollo de la técnica EI. En efecto, las secuencias previsiones-experimento-nuevas explicaciones y explicaciones-manipulación-nuevas explicaciones sólo son posibles si el sujeto tiene ante sí un material que puede ser manipulado, bien por el entrevistador o por él mismo.

El diseño de situaciones físicas para formar partes de una tarea conlleva un problema intrínseco: a priori no hay forma de saber si la situación diseñada es verdaderamente significativa, el único modo de saberlo es analizando el tipo de respuestas que, junto a una serie de cuestiones, se obtienen del sujeto. Si estas son significativas, las situaciones físicas planteadas también lo serán. Una situación planteada inicialmente poco significativa podría llegar a serlo si se hacen las pertinentes transformaciones en función de las respuestas. El diseño de situaciones debería entenderse como un proceso de aproximaciones sucesivas donde cada vez se puede obtener respuestas del sujeto con un grado de significación mayor.

En la práctica esto se traduce en la confección de un cuestionario inicial que se transforma, en base a las respuestas obtenidas mediante su administración, en otro con mayor grado de significación. Los elementos constituyentes y diferenciables del cuestionario susceptibles de modificación pueden ser:

- Preguntas iniciales.
- Formas de presentar la situación física.
- Formas de manipulación del material.
- Dinámica de la entrevista.

Las transformaciones básicas para pasar de un cuestionario a otro son: adecuar, sustituir, reordenar y quitar.

Este proceso de ganar en grado de significación por la continua administración y transformación de un cuestionario, es indefinido, pero a efectos prácticos, se comienzan a obtener buenos resultados a partir del segundo cuestionario.

10.1.2 Formulación de cuestiones

La primera norma que habría que enfatizar es la de no hacer girar las cuestiones sobre los significantes asociados al contenido objeto de enseñanza (orientación nº 1) puesto que:

- Es el modo para que el punto de vista del contenido académico se imponga con contundencia sobre el del entrevistado y, como se ha mostrado, dicha perspectiva es inadecuada y provoca con frecuencia sesgos y distorsiones en la toma de datos.
- No se pone en juego la mayor parte de las capacidades de la estructura cognoscitiva del sujeto (previsiones, explicaciones, relación y significación de datos).

Esta norma lleva a considerar inadecuadas preguntas del tipo ¿cómo se llama...? ¿se alimentan las células? ¿qué es la energía cinética? ¿cuál es la fuerza de reacción...? ¿qué dos procesos...? ¿dónde debe estar aplicada la fuerza...? ¿es un proceso físico o químico...? ¿qué es la fotosíntesis?.

Además, habría que evitar cuestiones complejas o imprecisas cuya comprensión mediatizan las respuestas, en tales casos se encuentran las siguientes preguntas: ¿todo lo que ingerimos es utilizable? ¿a qué nivel la energía potencial es mínima? ¿qué tipo de fuerzas se dan en un sistema inercial?.

Un modo eficaz de descentralizarse de los significantes asociados al contenido académico sería haciendo girar las cuestiones demandando previsiones, explicaciones, relaciones causales, etc, en situaciones físicas que pongan en juego al mismo tiempo:

- El contenido académico, cuyas concepciones son objeto de búsqueda.
- El significado de la estructura cognoscitiva del sujeto.

Esto permitiría centrarse más en el punto de vista del entrevistado sin perder la referencia del contenido académico a fin de que los datos obtenidos tengan aplicación didáctica.

Otros tipos de cuestiones sobre situaciones físicas dirigidas a poner en juego las distintas capacidades de la estructura cognoscitiva del sujeto se podrían diseñar:

- Variando (incrementando o decreciendo) el valor de una determinada variable significativa de la situación planteada, mediante una manipulación física de ésta (variabilidad estructural), solicitamos en qué afecta los cambios respecto al estado anterior de la situación. Por ejemplo: se pregunta por la posición que adopta un objeto que se cuelga, se varía la masa de éste y preguntamos en qué puede cambiar el equilibrio al colgarlo de nuevo.
- Realizando cambios en el aspecto figurativo de los elementos que intervienen en la situación sin variar lo estructural de forma que se siga conservando una relación, una cantidad, un factor, etc. De este modo se puede apreciar si el sujeto pone en juego cierta actividad operatoria (orientación nº 7). Por ejemplo, podemos variar la forma de los alambres que sujetan una bola de plastilina, pero siempre la vertical pasará por el centro de ésta.
- Anunciando que se va a proceder a transformar el estado inicial de una situación física y se solicita cuál sería el estado final de ésta (orientación nº 3). Por ejemplo, partiendo de la posición de equilibrio de un objeto colgado se pregunta ¿qué pasa si lastramos esta parte?.
- Provocando un determinado fenómeno donde subyace una determinada relación causal en el que alguno de los factores que intervienen no son observables como la causa o la transmisión entre causa y efecto. Esto obligaría al sujeto a introducir el elemento que falta de un modo racional para explicar el fenómeno (orientación nº 9). Por ejemplo: preguntar por la posición de equilibrio de una bola de ping-pong en un plano inclinado que previamente se ha lastrado.
- Solicitando cómo habría que manipular un determinado objeto para que se produzca un determinado efecto o conseguir un objetivo concreto. Por ejemplo: manipular un muñeco para que se quede en equilibrio con un pie (orientación nº 2).

Posiblemente parte de la información que se adquiera del sujeto mediante este tipo de cuestiones tengan poco que ver con el contenido académico pero sus respuestas reflejan sus verdaderos esquemas cognoscitivos, los mismos que utilizará cuando tenga que asimilar dicho contenido objeto de enseñanza.

10.2 Criterios de significación y estabilidad

En varias ocasiones se ha hablado de diseñar situaciones físicas con un mayor grado de significación para que la información obtenida sea lo más relevante posible pero esto, sin un claro criterio de significación, es tanto como no decir nada. Por esta razón se intenta ahora establecer un criterio de significación, a ser posible fundamentado en las orientaciones ya comentadas.

Una buena parte de las orientaciones fundamentadas contienen aportaciones para definir este criterio de significación, se trata por tanto de sintetizar en este criterio buena parte de esta información relativa a la ponderación del grado de significación de las respuestas del sujeto.

De entrada se admite, en base a las diferencias existentes entre los contenidos cognoscitivos del alumno y los académicos, que no existe ninguna garantía de que los procedimientos utilizados en la toma de datos y la propia información obtenida sean significativos, aunque subjetivamente lo parezcan. En este punto se tratará de ser meticulosos, analizando el grado de fiabilidad de la información obtenida mediante las orientaciones fundamentadas ya que estas suponen el aporte objetivo que puede descentrar al investigador de sus esquemas de formación científica.

Desde un punto de vista estrictamente teórico, tanto los procedimientos para la captura de la información como ésta misma, son significativos cuando se estén utilizando instrumentos para la toma de datos de forma que el alumno ponga en juego su bagaje cognoscitivo para responder, los datos externos sean asimilados a algún esquema cognoscitivo y en ningún caso, las respuestas sean dadas de compromiso, o como producto de una invención o fabulación creada para el momento, donde no se refleja ninguna capacidad de la estructura cognoscitiva del sujeto.

El problema se centra esencialmente en establecer este criterio de significación, que se ha definido teóricamente, en un plano más operativo y práctico. Para ello habría que distinguir tres niveles diferentes de trabajo:

- El primero observable y manipulable, situado allí donde se producen las interacciones del sujeto con su medio, en concreto con las situaciones físicas diseñadas según las distintas orientaciones dadas por los esquemas de búsqueda, donde el hecho de que estén fundamentados en consideraciones sobre el comportamiento ontogenético del individuo confiere cierta capacidad de previsión.
- El segundo nivel o plano, también observable, está situado donde se dan las reacciones del sujeto ante los problemas y cuestiones que se le plantean en el primer plano, es por tanto menos manipulable, ya que se intenta mantener el principio de minimizar la sugestión o inducción desde el primer plano; pero en la medida que las reacciones del sujeto están referidas necesariamente a las cuestiones que se le plantean, que sí se pueden controlar, también permite, de un modo indirecto, cierto grado de manipulación.



- Finalmente, el tercer nivel es inobservable y se refiere a la representación teórica de la supuesta actividad mental que el sujeto debe llevar a cabo para resolver un problema planteado en el primer nivel y que ofrece una determinada reacción contenida en el segundo.

El criterio de significación establecido en este último nivel inobservable, debe ser redefinido utilizando elementos del primer y segundo nivel, observables y operativos.

Puede ocurrir que la respuesta del sujeto sólo sea una mera descripción del suceso, por ejemplo, un bloque de base inclinada al apoyarlo se cae, momento en que se pregunta al alumno ¿por qué se ha caído?, se pueden encontrar diferentes reacciones:

- una respuesta descriptiva tal como "tú lo has soltado", que mantiene después de reiteradas preguntas del entrevistador, no aporta más que el hecho de que no ve los factores que actúan de la caída
- si en la respuesta se señala que es por el peso del bloque se está haciendo intervenir un factor relevante de la situación, pero una respuesta como "se cae porque hay más peso que tira que el que sujeta" supone una partición formal del peso total, no dada en la propia experiencia, que indica que el sujeto ha procesado los datos y refleja el modo de hacerlo. No cabe duda que ha activado algunos esquemas, posiblemente operatorios (partición según una línea imaginaria) y esquemas cognofísicos (peso que tira, peso que sujeta) que le han acercado a la solución correcta.

Lo fundamental del análisis anterior es ver qué elementos intervienen en la respuesta (segundo nivel) y compararlos con los datos que se aprecian en la situación física creada (primer nivel), para detectar si existe algún elemento novedoso que no esté dado en los datos, como puede ser una característica no perceptiva, una relación entre datos, una estructuración, un tratamiento categórico de los datos, una correspondencia, una simple asociación, o por el contrario si se omite, no se aprecia o es distorsionado algún dato perceptivo que parece ser bien utilizado por otros sujetos.

Por tanto, se pueda establecer el criterio de significación como sigue: consideraremos significativa aquella cuestión, con soporte empírico o sin él, que planteada al sujeto, hace que éste presente en sus reacciones elementos novedosos, ausencias o distorsiones sospechosas, respecto a los datos presentados en la cuestión.

Sin embargo, así definido el criterio de significación, deja planteado un problema que habrá que resolver ¿cómo es posible garantizar que la reacción novedosa, ausente o distorsionada no es de compromiso, inducida o fabulada?. Se hace necesario complementar lo anterior con el criterio de estabilidad, que consiste en analizar la capacidad de acomodación de una reacción que se sospecha es significativa, haciendo que el alumno aplique el supuesto esquema explicativo que se ha detectado cuando se hace una variación progresiva de los elementos integrantes en la situación planteada.

Se contemplan dos tipos de variaciones:

- Figurativa. Está referida a cambios en la presentación perceptiva de los datos. Por ejemplo, alargar o redondear un trozo de plastilina.
- Estructural. Se da cuando se hacen cambios oportunos en la situación física dirigidos a incrementar una determinada variable física o modificar la relación entre éllas.

Ambas variaciones están frecuentemente interrelacionadas, así una modificación perceptiva puede acarrear una estructural. Por ejemplo, al desplazar uno de los pesos adheridos a un alambre a lo largo de éste, se está modificando el aspecto figurativo, pero también el estructural ya que las distancias al centro de masas se ven modificadas.

Por otro lado, también una modificación estructural conlleva generalmente un cambio figurativo, aunque no necesariamente. Se procurará, en la medida de lo posible, hacer que los cambios figurativos no alteren la configuración estructural. Por ejemplo, la variación figurativa de la forma de un alambre no modifica el que la bola que soporta quede en la vertical al colgarlo, es decir, la parte estructural se mantiene constante, y esto es así porque el diseño de variaciones figurativas se hace para analizar la capacidad de los esquemas explicativos para leer por encima del engaño perceptivo que es genéticamente anterior, en términos generales, a la capacidad de acomodar los esquemas a modificaciones estructurales.

Los procesos de variabilidad posibilitan analizar el grado de estabilidad del esquema explicativo utilizado por el alumno, lo que permite:

- Discriminar la información significativa.
- Analizar si la respuesta tiene entidad de esquema explicativo, pues si ha sido una invención del momento, se ha sugerido por la forma de plantearle la cuestión o se construye en base a una pregunta con poco grado de significación, entonces será una respuesta de compromiso y, por tanto, no es un esquema.

10.3 ¿Qué se pretende delimitar del sujeto? Categorización de datos

Habría que precisar la naturaleza de lo que se pretende conocer del sujeto ya que ésto es determinante del modo de realizar la búsqueda y la posterior categorización de los datos.

Es necesario previamente aclarar donde está confinado "lo que sabe" el sujeto, es decir, si se está haciendo referencia a lo que éste dice y hace o, por el contrario, a constructos pertenecientes a su bagaje cognoscitivo como pueden ser los esquemas ya que lo primero es provocado por lo segundo.

La "concepción del sujeto" es una reconstrucción racional del investigador a partir de las regularidades encontradas en sus respuestas, por lo que habría que distinguir claramente estas "concepciones" externas al sujeto, de aquellas otras, internas, pertenecientes a la estructura cognoscitiva del sujeto, por cuya interrelación se generan dichas respuestas.

En esta reconstrucción racional juega un papel importante el esquema asimilador utilizado por el investigador:

- Si éste está fundamentado en los contenidos académicos es probable que exista sesgo y tergiversación en la categorización de los datos ya que las diferencias entre el pensamiento académico y el del sujeto hace que el esquema inadecuado.
- Un esquema asimilador fundamentado en un contexto teórico como la Epistemología Genética cuyo objeto de estudio ha sido el propio sujeto sería más apropiado y llevaría a categorizar los datos de éste como un reflejo de su estructura cognoscitiva.

En el primer caso "concepción" es la regularidad de la respuesta externa del sujeto sobre aspectos específicos de su cognición respecto a la situación o cuestión planteada y se suele categorizar los datos en función de su mayor o menor "distancia" a la respuesta correcta.

En el segundo caso, además de aspectos específicos de la cognición del alumno, la búsqueda se dirige también en la determinación de otros procesos generales relacionados con las dificultades y limitaciones en la asimilación que presentan los esquemas cognoscitivos, ya que numerosos experimentos han mostrado que estas restricciones cognoscitivas son determinantes en las reacciones del sujeto frente a problemas planteados (Piaget, 1977b). Así, limitaciones cognoscitivas generales como el centramiento, la representación estática, la yuxtaposición, etc. características del nivel preoperacional; la inversión, reciprocidad, identidad, etc. en el nivel operacional concreto; el control de variables, las proporciones métricas, la coordinación de sistemas de referencia, etc. típicas del nivel de las operaciones formales (Piaget, 1977a) intervienen en la formación de diversos contenidos del alumno, que se ponen en juego para generar una concepción o para asimilar un nuevo contenido de enseñanza.

En el contexto de la Epistemología Genética, además de tener presente en la categorización de los datos los aspectos específicos y las limitaciones de los esquemas cognoscitivos, se consideraría también en las respuestas del sujeto:

- Su capacidad de transformar un determinado estado inicial conociendo la causa transformadora (orientación nº 3).
- Las destrezas manipulando o realizando previsiones (orientaciones nº 2 y 4).
- Su comportamiento operatorio, así como su capacidad de conservar factores significativos frente a cambios figurativos (orientaciones nº 7).
- Las relaciones causales inobservables entre datos perceptivos (orientación nº 9)

Habría por tanto que categorizar las respuestas del alumno por características formuladas en afirmativo (Serrano, 1978), y no hacerlo en términos de lo que el alumno desconoce de un contenido académico, pues perdemos bastante información relativa a lo que el alumno sí conoce. Es decir, definir al sujeto por lo positivo, no por sus desconocimientos (Riviere, 1992).

Así, un intento directo de conocer algunas concepciones sobre determinados fenómenos en electricidad nos deja sin conocer determinados esquemas mecánicos que el alumno pone en juego para asimilar por procedimiento analógicos dichos fenómenos (véase Acevedo, 1990). O bien, querer utilizar de modo estricto el contenido científico relativo a la naturaleza corpuscular de la materia como referencia para buscar concepciones, es posible que dejemos a un lado ciertos mecanismos cognoscitivos sobre construcción de representaciones de inobservables a partir de indicios perceptivos, que es lo que presumiblemente pone en juego (Carretero y otros, 1992).

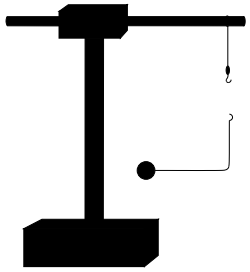
Por ejemplo, si tomamos como punto de partida para la búsqueda de concepciones sobre fuerza mecánica, la fórmula $F = m \cdot a$, y nos centremos consecuentemente en las posibles relaciones cuantitativas entre los distintos factores que intervienen en la fórmula F, m y a, estamos dejando de lado el que desde un punto de vista de significación ontogenética, "la fuerza es derivada de la noción indiferenciada de acción..,..que corresponde a poderes generales prestados a lo real en analogía con los de la propia acción" (Piaget y García, 1973, p. 66), y que "en el nivel IA la noción -de fuerza- es una acción espacio-temporal de empuje, que no se puede asimilar todavía a la magnitud física acción ya que sigue siendo esencialmente psicomórfica" (p. 68). En el primer caso, es muy posible categorizar la información del sujeto sobre la noción de fuerza a través de connotaciones negativas tipo "el alumno no sabe que F se relaciona directamente con a", mientras que en el segundo caso, se caracterizaría la información del alumno por un contenido ontogenético que si posee en su estructura cognoscitiva.

11

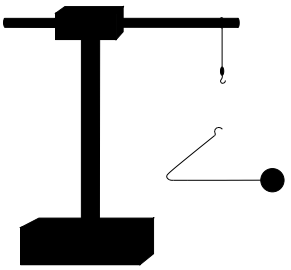
Cuestionario para la detección de esquemas explicativos sobre situaciones de equilibrio mecánico siguiendo las pautas metodológicas marcadas anteriormente

TAREA Nº1

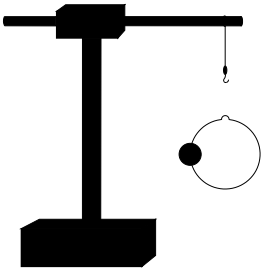
Imagina que colgamos la ELE



Imagina que colgamos la PERCHA



Imagina que colgamos el ANILLO



No es necesario dibujar todo el soporte, sólo el hilo y el objeto que se cuelga.

1.a. Dibuja cómo quedaría la ELE

1.b. Dibuja cómo quedaría la PERCHA

1.c. Dibuja cómo quedaría el ARO

1.d. ¿Por qué crees que quedan en esa posición?

1.e. Toma cada objeto por la bola de plastilina e indica como quedará al colgarlo

1.f. Colgamos cada objeto ¿han quedado como tú los has dibujado?

1.g. Si lo ves necesario, vuelve a hacer el dibujo

1.h. Si lo ves necesario, vuelve a hacer el dibujo

1.i. Si lo ves necesario, vuelve a hacer el dibujo

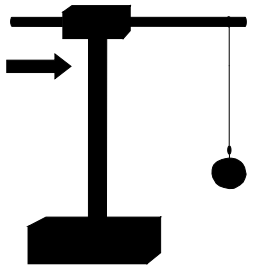
1.j Observa el hilo que sujeta el aro, ¿qué puedes decir sobre su posición?

1.k. ¿Qué es lo que puede mantener al hilo así?.

1.l. Colgamos los tres objetos de forma que se pueda comparar visualmente cómo quedan. Observa las posiciones que han adoptado la ele, la percha y el aro ¿tienen algo en común?.

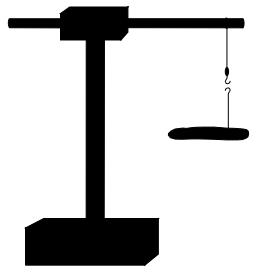
1.m. Colgamos del hilo que pende del soporte un trozo de plastilina. Dibuja cómo quedará el soporte, el hilo y la plastilina, si inclinamos el soporte hacia adelante.

Inclinamos el soporte



1.n. Se da forma alargada a la plastilina y la pinchamos a 1/4 de su longitud de un alambre recto que, a su vez, se cuelga del hilo que pende del soporte. Dibuja cómo quedaría.

Colgamos la plastilina



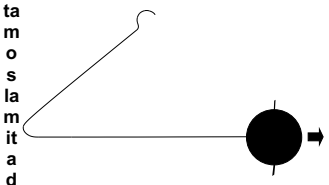
a 1/4 del largo

TAREA Nº2

Página nº3

2.a. Colgamos la percha. ¿Cómo quedaría si quitamos la mitad de la plastilina?.

Quitamos la mitad de la



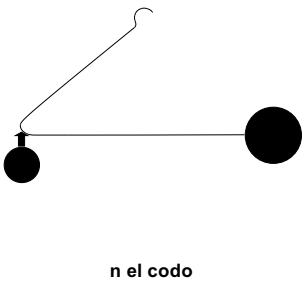
plastilina

2.b. ¿Y si ponemos el doble?

2.c. ¿Cómo queda la percha si quitamos toda la plastilina?.

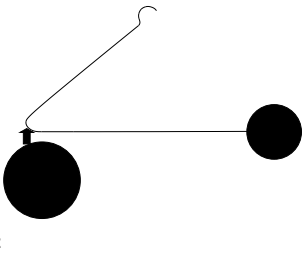
2.d. Partimos de la posición colgada de la percha. Vamos a añadir un trozo pequeño de plastilina en el codo, dibuja cómo quedaría cuando se cuelgue.

Ponemos un trozo en el codo



2.e. De nuevo, partimos de la posición colgada de la percha. ¿Cómo quedaría la percha al colgarla si ponemos un trozo mayor en el codo del que hay en el extremo?

Ponemos una cantidad mayor



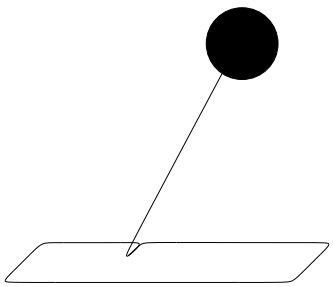
2.f. ¿En qué puede cambiar que desplacemos el trozo del codo?

2.g. ¿Cómo quedará la percha al colgarla si se quita la plastilina que le hemos puesto en el codo?

TAREA Nº3

Página nº4

3.a. ¿Cuánto se puede inclinar el alambre hacia la derecha sin que se caiga la bola?.

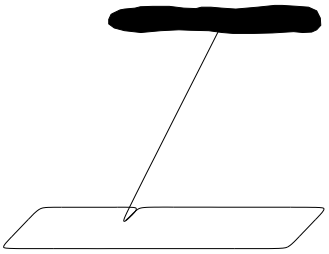


¿Cuánto se puede inclinar?

3.b. ¿Cuánto se puede inclinar el alambre hacia la izquierda sin que se caiga la bola?

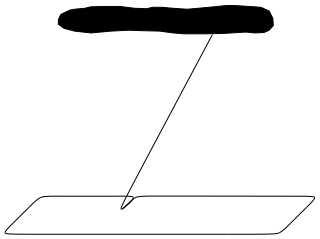
3.c. ¿Cuánto se puede inclinar el alambre hacia un lateral sin que se caiga la bola?

3.d. Partimos de la posición en la que el micro está a punto de caerse. Damos forma alargada a la plastilina. Si colocada horizontalmente la pinchamos por el centro ¿se caerá? ¿cuánto se puede inclinar el alambre hacia la derecha sin que se caiga la plastilina?.



Se pincha por el centro

3.e. En la posición en que el micro está a punto de caerse pinchamos la plastilina a 1/4 de su longitud ¿se caerá ahora? ¿cuánto se puede inclinar el alambre hacia la derecha sin que se caiga la plastilina?.

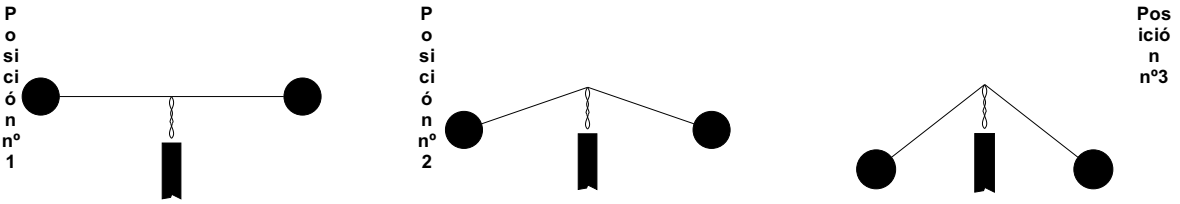


Pinchamos a 1/4 del largo

3.f. En una posición en que no se cae, giramos la plastilina hasta ponerla en posición vertical ¿cuánto se puede inclinar el alambre hacia la derecha sin que se caiga la plastilina?.

TAREA Nº4 **Página nº5**

4.a. ¿Hay alguna posición del balancín que se quede en equilibrio? o ¿se caerá en todas?.



4.b. Una vez realizados los experimentos nos fijamos en la posición del balancín que no cae ¿de qué depende el que se quede en equilibrio?.

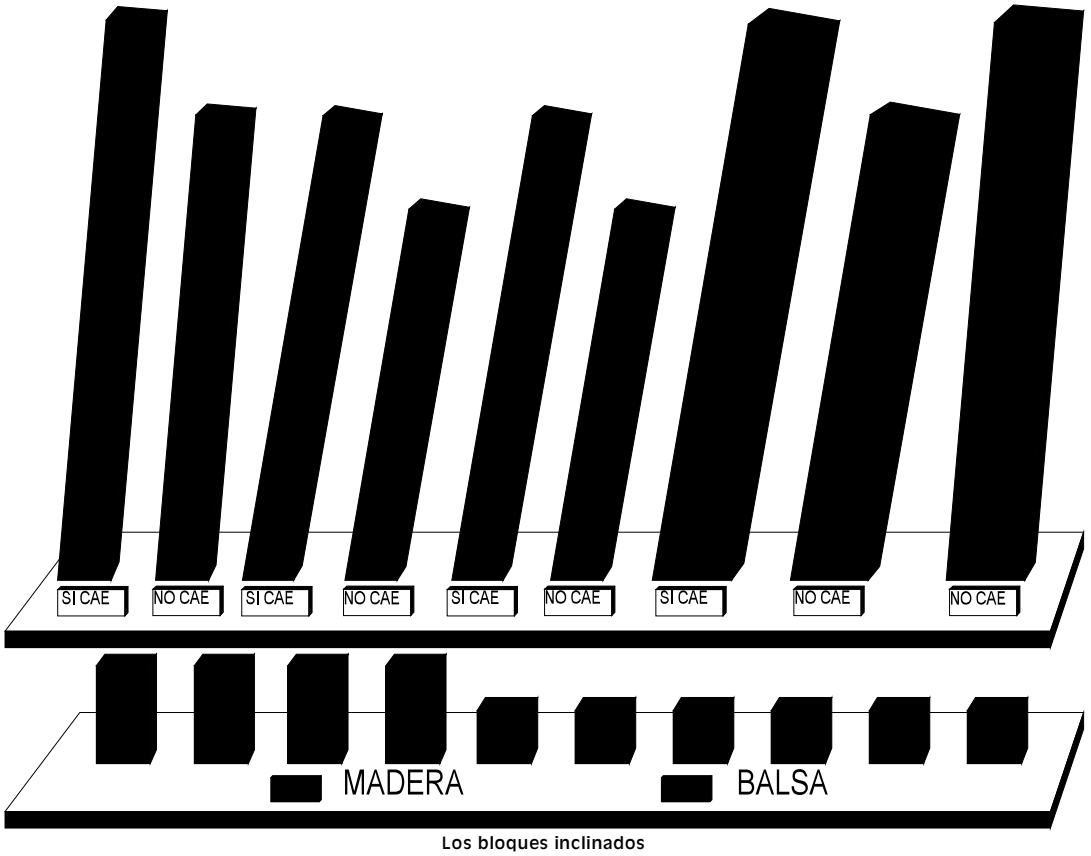
4.c. Partimos de la posición nº1. Vamos inclinando poco a poco los alambres ¿cuál es la menor inclinación que hace que no se caiga?.

4.d. Posición de equilibrio. ¿Qué pasaría si pusiéramos más peso en las bolas?.

4.e. Posición de equilibrio. ¿Quedan en equilibrio los alambres si quitamos las dos bolas?.

4.f. Posición de equilibrio. Observa cómo están las bolas y el punto donde se apoya el balancín ¿hay alguna relación entre éstas y dicho punto?.

TAREA Nº5



Los bloques inclinados

5.a. Se toman los bloques A y F y se colocan por su base inclinada en la mesa (A cae y F no) ¿se puede decir, a partir de lo observado, que la longitud influye en la caída?.

5.b. Ponemos los bloques A y B por su base inclinada y vemos que cae el más alto, ¿qué otros pares permiten demostrar que la longitud influye en la caída?.

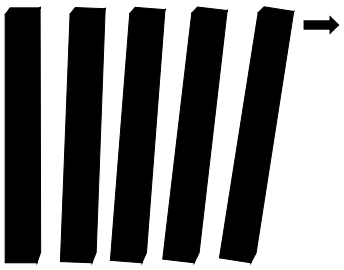
5.c. Elige los bloques adecuados para probar si el material influye en la caída.

5.d. De todos los bloques ¿qué características tendrá el bloque que más fácilmente cae?.

Página nº7

5.e. ¿Por qué se caen unos bloques y otros no, estando todos inclinados?.

5.f. Observa cómo el bloque se inclina poco a poco hasta que llega un momento en que se cae ¿por qué lo hace justo en ese instante?

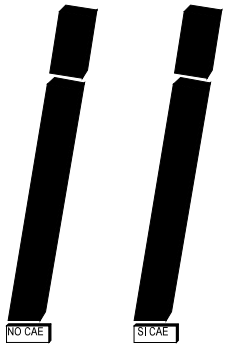


Lo inclinamos poco a poco

5.g. En el momento de la caída del bloque ¿tiene algo que ver su peso?

5.h. Probamos que C y E caen y D y F no ¿cómo influye en la caída el material con que está hecho el bloque?

5.i. Se observa que los bloques D y F no caen. Sin embargo, si añadimos un bloque K encima de D, éste no cae y sí lo hace al añadírselo a F ¿sabrías explicar este hecho?



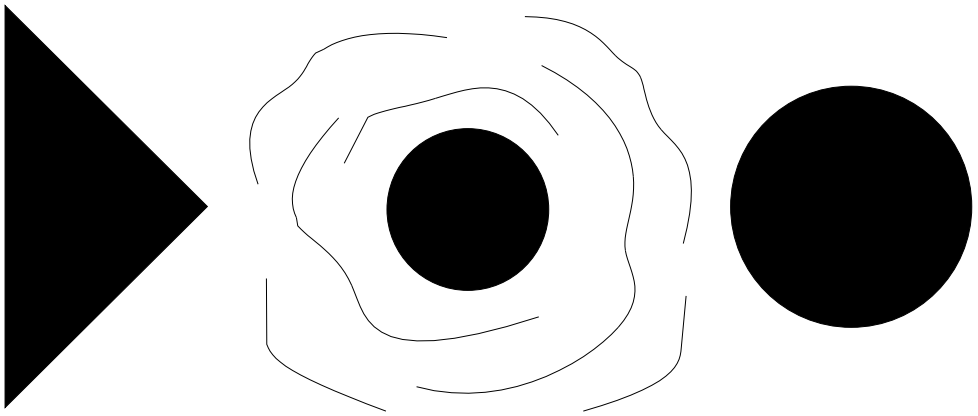
F cae con K pero D no cae

TAREA Nº6

Página nº8

Los liliputienses disponen de 4 grandes círculos y 4 grandes triángulos para hacer unas escaleras para que el rey suba al trono situado en lo alto de una pequeña islita. Como no pueden con las piezas, llaman a Gulliver para que las haga.

6.a. Haz de Gulliver para indicarle a los enanos qué grupo (círculos o triángulos) es mejor para hacer las escaleras.



El trono del rey y las escaleras

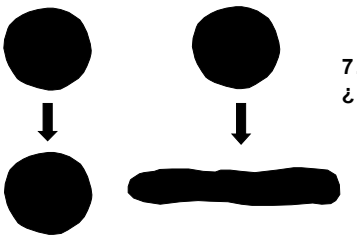
6.b. ¿Qué motivos has tenido para confeccionar y elegir una de las escaleras?

6.c. Pon el muñeco articulable en una posición difícil, primero sobre una pierna y después sobre un brazo.

6.d. ¿Qué idea te ha guiado para hacer los equilibrios?

TAREA Nº7

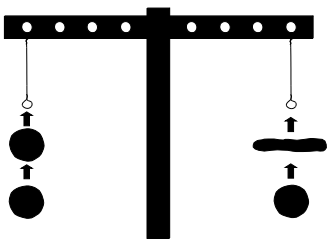
7.a. Partimos de dos trozos iguales de plastilina de forma redonda. Se alarga uno de los trozos ¿tienen ahora la misma cantidad de plastilina? ¿por qué?.



¿Tienen la misma cantidad?

7.b. Y si la ponemos en forma de galleta ¿tendrán la misma cantidad de plastilina? ¿por qué?

Página nº9

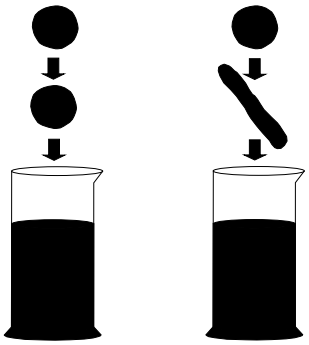


7.c. Partimos de nuevo de dos trozos iguales de plastilina. Alargamos uno de los trozos ¿quedará la balanza equilibrada al poner los dos trozos o se inclinará a un lado? ¿por qué?.

7.d. Y si la ponemos en forma de galleta ¿tendrán ahora el mismo peso? ¿por qué?

¿Pesarán ahora lo mismo?

7.e. Partimos de nuevo de dos trozos iguales de plastilina. Si echamos en cada vaso un trozo ¿subirá el nivel del agua lo mismo en los dos o en uno más que en otro? ¿por qué?.



¿Subirá el agua lo mismo?

7.f. Y si la ponemos en forma de galleta ¿subirá el nivel del agua lo mismo? ¿por qué?

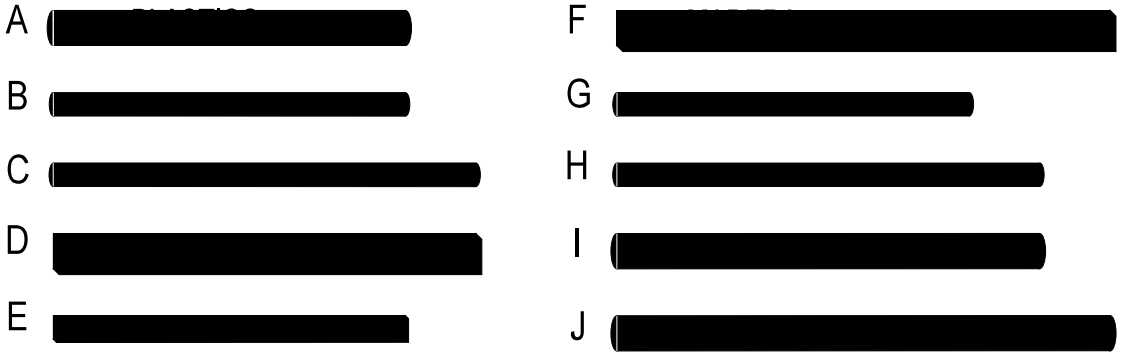
7.g. Supongamos que rellenamos una bola de ping-pong con arena y otra con bolitas de plomo, si echamos cada una en un vaso lleno hasta la mitad de agua ¿subirán los dos niveles de agua lo mismo?

7.h. Tenemos dos cajas, una es un cubo cerrado que pesa 2kg y la otra, el doble de grande que la primera, está llena de agua y pesa 3kg, si metemos la caja pequeña en la grande ¿se hundirá o flotará?



¿Se hundirá o flotará?

TAREA Nº8 **Página nº10**



Las varillas flexibles

8.a. Tomamos las varillas G e I y observamos que con 50g, se dobla más la G ¿demuestra esto que la longitud influye en la flexibilidad?.

8.b. De todos los pares de varillas que puedes usar para ver el efecto de la longitud, indica qué pares tomarías.

8.c. Vemos que E se dobla más que I ¿demuestra esto que las varillas de madera son más flexibles que las de plástico?.

8.d. ¿Qué pares de varillas permiten comprobar la influencia del material?.

8.e. H e I se doblan igual ¿qué se puede decir sobre el efecto del material?.

CAPÍTULO 5

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

1

Principios y fines de la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE)

En el preámbulo de la LOGSE (Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo del 3 de Octubre de 1990) queda claro que los principios que la promueven están vinculados a los cambios de la sociedad hacia posturas más democráticas:

El diseño del actualmente vigente [sistema educativo] procede de 1970. En estas dos décadas, vividas ya en su mayor parte en democracia, la educación española ha conocido un notable impulso, ha dejado definitivamente atrás las carencias lacerantes del pasado. Se ha alcanzado la escolarización total en la educación general básica, creándose para ello un gran número de puestos escolares y mejorando las condiciones de otros ya existentes, se ha incrementado notablemente la escolarización en todos los niveles no obligatorios, se han producido importantes avances en la igualdad de oportunidades, tanto mediante el aumento de becas y ayudas como creando centros y puestos escolares en zonas anteriormente carentes de ellos, se han producido diversas adaptaciones de los contenidos y de las materias. Las condiciones profesionales en que ejerce su función el profesorado difieren, cualitativamente, de las entonces imperantes.

Consecuentemente, se hace énfasis en la función del sistema educativo como mecanismo de compensación de las desigualdades sociales, "la educación permite avanzar en la lucha contra la discriminación y la desigualdad sean éstas por razón de nacimiento, raza, sexo, religión u opinión, tengan un origen familiar o social, se arrastren tradicionalmente o aparezcan continuamente con la dinámica de la sociedad. La extensión del derecho a la educación y su ejercicio por un mayor número de españoles en condiciones homogéneamente crecientes de calidad son, en sí mismos, los mejores instrumentos para luchar contra la desigualdad", así como en el desarrollo integral de conductas y actitudes propias de una sociedad con inclinaciones democráticas:

El objetivo primero y fundamental de la educación es el de proporcionar a los niños y a las niñas, a los jóvenes de uno y otro sexo, una formación plena que les permita conformar su propia y esencial identidad, así como construir una concepción de la realidad que integre a la vez el conocimiento y la valoración ética y moral de la misma. Tal formación plena ha de ir dirigida al desarrollo de su capacidad para ejercer, de manera crítica y en una sociedad axiológicamente plural, la libertad, la tolerancia y la solidaridad. En la educación se transmiten y ejercitan los valores que hacen posible la vida en sociedad, singularmente el respeto a todos los derechos y libertades fundamentales, se adquieren los hábitos de convivencia democrática y de respeto mutuo, se prepara para la participación responsable en las distintas actividades e instancias sociales. La madurez de las sociedades se deriva, en muy buena medida, de su capacidad para integrar, a partir de la educación, las dimensiones individual y comunitaria.

Los objetivos generales que pretende la propuesta educativa de la LOGSE son:

a) El pleno desarrollo de la personalidad del alumno
b) La formación en el respeto de los derechos y libertades fundamentales y en el ejercicio de la tolerancia y de la libertad dentro de los principios democráticos de convivencia
c) La adquisición de hábitos intelectuales y técnicas de trabajo así como de conocimientos científicos, técnicos, humanísticos, históricos y estéticos
d) La capacitación para el ejercicio de actividades profesionales
e) La información en el respeto de la pluralidad lingüística y cultural de España

f) La preparación para participar activamente en la vida social y cultural

g) La formación para la paz, la cooperación y la solidaridad entre los pueblos.

Por lo que la actividad educativa se desarrollará atendiendo a los siguientes principios:

a) La formación personalizada, que propicie una educación integral en conocimientos, destrezas y valores morales de los alumnos en todos los ámbitos de la vida, personal, familiar, social y profesional

b) La participación y colaboración de los padres o tutores para contribuir a la mejor consecución de los objetivos educativos

c) La efectiva igualdad de derechos entre los sexos, el rechazo a todo tipo de discriminación, y el respeto a todas las culturas

d) El desarrollo de las capacidades creativas y del espíritu crítico

e) El fomento de los hábitos de comportamiento democrático

f) La autonomía pedagógica de los centros dentro de los límites establecidos por las leyes, así como la actividad investigadora de los profesores a partir de su práctica docente

g) La atención psicopedagógica y la orientación educativa y profesional

h) La metodología activa que asegure la participación del alumnado en los procesos de enseñanza y aprendizaje

i) La evaluación de los procesos de enseñanza y aprendizaje, de los centros docentes y de los diversos elementos del sistema

j) La relación con el entorno social, económico y cultural

k) La formación en el respeto y defensa del medio ambiente.

2

Propuesta curricular para la Enseñanza del Medio Natural en Educación Primaria

En la línea establecida en la LOGSE, poco después se delimitan las enseñanzas mínimas (Real Decreto 1006/1991 del 14 de junio) y, posteriormente, sus directrices se desarrollan en el Real Decreto 1344/1991 por el que se establece el currículo de la Educación Primaria (BOE del 13/09/1991). La LOGSE entiende por currículo "el conjunto de objetivos, contenidos, métodos pedagógicos y criterios de evaluación de cada uno de los niveles, etapas, ciclos, grados y modalidades del sistema educativo que regulan la práctica docente".

En dicho decreto se propone un currículo abierto que requiere una ulterior concreción por parte de los profesores y equipos docentes, a fin de adecuarlo a las circunstancias del alumnado, del centro educativo y de su entorno sociocultural.

2.1 Principios y objetivos de la enseñanza del Medio Natural en Primaria

El medio es entendido como un "conjunto de elementos, sucesos, factores y/o procesos de diversa índole que tienen lugar en el entorno de las personas y donde, a su vez, la vida y la acción de las personas tienen lugar y adquieren una significación", por tanto no se refiere al medio como el conjunto de los sucesos del universo, sino a "aquella porción de acontecimientos que afectan y forman parte de la experiencia de una persona concreta, de un grupo humano, o en su máxima amplitud, de la humanidad entera".

Así definido, del medio no sólo se puede "conocer", también se "esta afectado por" y se "obra sobre": el medio se conoce en la medida en que uno interacciona con él y, no menos, en la medida en que se actúa sobre él, intentando modificarlo.

El área "conocimiento del medio natural, social y cultural" es muy representativa del currículo de Primaria porque "refleja con máxima claridad el sentido principal de la progresión educativa de los alumnos y alumnas en esta etapa, una progresión que procede de lo subjetivo, experiencialmente vivido, a lo socialmente compartido, "objetivo", y de lo más global e indiferenciado hacia los componentes múltiples que lo configuran, no para disolver la unidad del medio en sus elementos múltiples, sino para comprenderla y explicarla mejor"

Así pues la finalidad del área es la de ayudar a los alumnos/as a construir un conocimiento de la realidad que, arrancando de sus propias percepciones, vivencias y representaciones, se haga progresivamente:

- más compartido, más racional, más descentrado con respecto a su propia subjetividad y, por ello, más objetivo.
- más segmentado, más metódico y más analítico, a fin de discernir los diferentes componentes del medio y profundizar en ellos sin perder de vista una perspectiva integradora. Un conocimiento que vaya de lo global a lo analítico
- más posibilitado para proporcionar capacidades instrumentales que permitan experimentar el medio de forma más adecuada y rica, para comprenderlo, para explicarlo mejor, y para actuar en él y sobre él de modo consciente y creativo, por lo que será necesario introducir el conocimiento científico, como instrumento y método, que permite ampliar, profundizar, enriquecer y objetivar progresivamente la experiencia personal.
- más estructurado para establecer como necesarias relaciones de causa-efecto

En este proceso se parte de los preconceptos o esquemas cognitivos previos (conjunto de ideas, representaciones, disposiciones emocionales y afectivas, modos de acción, etc) que los niños han construido previamente y que traen a la escuela. Dichos esquemas son subjetivos y rudimentarios, distorsionados por incoherencias y poco maduros, inhábiles para captar la complejidad del medio, por lo que han de ser confrontados con otros más objetivos socialmente compartidos, en particular, la visión sincrética de la realidad, la perspectiva egocéntrica y las explicaciones mágicas y finalisticas propias del pensamiento infantil.

El conocimiento que aporte el Medio Natural no se refiere al conocimiento científico como saber disciplinado, elaborado y formalizado, sino, más bien, a un conjunto de conceptos, de procedimientos y de actitudes ante la realidad que contribuyen a explorarla, a descubrir en ella elementos antes insospechados, y con eso, a comprenderla mejor.

Las principales aportaciones que el área de "Conocimiento del medio" puede hacer a los objetivos de la Educación Primaria son:

1. El desarrollo de la autonomía personal, la capacidad de orientarse y desplazarse de manera autónoma como consecuencia de los aprendizajes relativos a las características del espacio físico y social donde se vive, alcanzando una capacidad creciente de actuar tomando conciencia de sus posibilidades y limitaciones.
2. La adquisición y práctica autónoma de los hábitos elementales de higiene, alimentación y cuidado personal, integrando esta adquisición y práctica en actitudes y capacidades más generales relacionadas con la salud y la calidad de vida, con la utilización racional de los avances científicos y tecnológicos, y con la conservación y la mejora del entorno.
3. Las capacidades de indagación, exploración y búsqueda de explicaciones y de soluciones a los problemas que plantea la propia experiencia cotidiana, capacidades que están en la base de un género de conocimiento, cuyo pleno desarrollo, aplicación y formalización constituye la ciencia. En esta línea se trata de proporcionar a los alumnos los rudimentos de la aproximación científica al análisis del medio:
   - la adopción de una actitud indagadora,
   - la tendencia a formular hipótesis y plantearse problemas,
   - la elaboración de estrategias metódicas para resolverlos,
   - la búsqueda sistemática y confrontada de informaciones pertinentes,
   - el intercambio de opiniones y puntos de vista,
   - la búsqueda de pruebas para apoyar explicaciones,
   - la flexibilidad para renunciar a hipótesis y conceptos previos, cuando los hechos los desmienten,
   - el gusto por el rigor y la precisión.

Con la enseñanza del medio natural se pretenden los siguientes objetivos:

1. Comportarse de acuerdo con los hábitos de salud y cuidado corporal que se derivan del conocimiento del cuerpo humano y de sus posibilidades y limitaciones, mostrando una actitud de aceptación y respeto por las diferencias individuales (edad, sexo, características físicas, personalidad, etc.).
2. Analizar algunas manifestaciones de la intervención humana en el medio, valorar críticamente la necesidad y el alcance de las mismas y adoptar un comportamiento en la vida cotidiana acorde con la postura de defensa y recuperación del equilibrio ecológico y de conservación del patrimonio cultural.
3. Identificar los principales elementos del entorno natural, analizando sus características más relevantes. su organización e interacciones y progresando en el dominio de ámbitos espaciales cada vez más complejos.
4. Interpretar, expresar y representar hechos, conceptos y procesos del medio natural mediante diferentes códigos (cartográficos, numéricos, técnicos...).
5. Identificar, plantearse y resolver interrogantes y problemas relacionados con elementos significativos de su entorno. utilizando estrategias, progresivamente más sistemáticas y complejas, de búsqueda, almacenamiento y tratamiento de información, de formulación de conjeturas, de puesta a prueba de las mismas y de exploración de soluciones alternativas.
6. Diseñar y construir dispositivos y aparatos con una finalidad previamente establecida, utilizando su conocimiento de las propiedades elementales de algunos materiales, sustancias y objetos.
7. Identificar objetos y recursos tecnológicos en el medio y valorar su contribución a satisfacer determinadas necesidades humanas, adoptando posiciones favorables a que el desarrollo tecnológico se oriente hacia usos pacíficos y una mayor calidad de vida.

2.2 Orientaciones metodológicas para la enseñanza del Medio Natural en Primaria

Es un feliz logro de los diseñadores del currículo oficial, el haber establecido un vínculo coherente entre fines sociales de la educación, planteamientos y objetivos del área y orientaciones metodológicas. A la vez, las propuestas didácticas están en consonancia con las tendencias metodológicas de las investigaciones más recientes, lo que permite dar solidez y sentido pragmático, a los trabajos didácticos de éste dominio.

Aunque las orientaciones metodológicas del DCB son de sobra conocidas y utilizadas entre los que están preocupados por la renovación y calidad de enseñanza, resulta muy grato poderlas leer en un anexo del BOE, pues viene a confirmar que

la dirección en la que se trabaja desde hace tiempo para impartir la DCE (por ejemplo, Marín, 1984a; Marín, 1985b; Marín, 1986; Marín, 1991) es razonablemente correcta.

Cabría resaltar la siguientes orientaciones metodológicas:

- La enseñanza debe partir de los conocimientos previos de los alumnos.
  - Debido al contacto cotidiano con su medio social y natural, todos los alumnos cuando inician la Educación Primaria han acumulado una gran experiencia, saben muchas cosas sobre su cuerpo, sobre los animales y las plantas, han explorado diversos aspectos y problemas del medio, poseen experiencias de algunos fenómenos atmosféricos, tienen vivencias de su relación con personas y grupos; en definitiva, poseen un conjunto de ideas y conceptos sobre la realidad que les rodea, las cuales las relacionan y organizan internamente en estructuras mas generales (con sus propias normas de lógica interna) que le van a servir de base o marco para la incorporación de nuevos aprendizajes y experiencias, así como para interpretar y explicar la realidad.
  - Las ideas y esquemas previos que los alumnos poseen no son, en muchos casos, suficientemente precisos, ni tan siquiera ajustados a la realidad. A veces se manifiestan directa o indirectamente en forma de errores al interpretar hechos, explicar fenómenos o relaciones. Es preciso contar con estos errores y hacer de ellos el punto de referencia obligado del profesor, que debe analizar su significado mas profundo y diseñar en consecuencia actividades que permitan al alumno poner en cuestión sus ideas, contrastarlas y avanzar hacia conceptos y esquemas mas elaborados.

  Los conocimientos específicos del alumno permiten tomar medidas didácticas eficaces, sin embargo, existe más información del alumno de interés didáctico ligada a aspectos generales de su cognición como reglas por las que se establecen relaciones causales, destrezas manuales e intelectivas, capacidad operatoria, etc, que pueden aportar al educador una actuación didáctica más cercana al estatus cognoscitivo del alumno (Marín, 1995):
  - Cabe destacar también la necesidad de detectar no solo las ideas previas que cada niño posee, sino cual es su momento de aprendizaje y el nivel de desarrollo de las diversas capacidades más relacionadas con el área como:
    - el dominio y estructuración que posee del espacio y el tiempo,
    - la representación que tiene de su cuerpo y de su ámbito familiar,
    - cómo ve y observa las cosas,
    - cuál es el nivel de explicación que da sobre las mismas y
    - qué tipo de relaciones establece.
  - Para llevar a cabo la evaluación inicial de los alumnos [detectar esquemas previos] pueden utilizarse diversos procedimientos. Parece que en estas edades uno de los mas indicados es la observación sistemática. Esta observación puede llevarse a cabo en situaciones muy diferentes, ya sean espontaneas, en juegos, conversaciones, etc) o planificadas (salidas, actividades de aula, trabajo de grupo, etc), siempre que motiven al alumno a dar respuestas, a través de la acción o verbales, que expresen las ideas que posee sobre los contenidos que se van a trabajar.
- Para aprender, el niño debe estar motivado. Para ello es necesario conectar el tema con los temas de interés del alumno (aficiones, inquietudes), incitarle a hacerse preguntas, hacer de la actitud positiva del profesor un modelo para que ellos se motiven, limitar cantidad y complejidad de estímulos, focalizar la exposición en puntos de interés, etc (Pozo, 1992).
  - Se tomará como punto de partida las experiencias vivenciales del niño en su entorno próximo y se abordará el planteamiento y resolución de problemas reales. Se tomarán como puntos de motivación e interés, los siguientes:
    - Desarrollar la curiosidad por conocer y comprender el entorno.
    - Defender y conservar el medio.
    - Procesos de crecimiento y transformación del cuerpo humano.
    - Hábitos de cuidado, limpieza y salud corporal.
    - La sensibilidad para percibir los cambios que se producen en los elementos naturales del entorno.
  - Habrá que adecuar los nuevos aprendizajes a las posibilidades reales de cada niño, de modo que los contenidos propuestos para nuevos aprendizajes, aun siendo nuevos, no lo sean tanto como para que el niño no los pueda relacionar significativamente con los que ya posee, pero al mismo tiempo los aprendizajes propuestos no deben ser tan excesivamente fáciles o rutinarios que pierdan el interés para el alumno.
- La enseñanza de aquellos contenidos del Medio Natural que lo permitan debe diseñarse de modo que el alumno participe activamente en su propio aprendizaje.

  La interacción individual del alumno con su medio como punto de partida para la adquisión de conocimientos es relevante, siempre que se proporcionen orientaciones que ayuden al alumno a organizar y sistematizar lo observado, ya que la mera percepción por sí sola no es suficiente para crear nuevos conocimientos.

- El contacto con la realidad debe hacerse a través de la actividad del niño: una actividad manipulativa, sensorial, motriz e intelectual desarrollada en la medida de lo posible sobre la realidad misma, que utilice objetos y situaciones reales en vez de representaciones o imágenes de la realidad, siempre que se pueda acceder directamente a ella. Para ello conviene proponer actividades que impliquen al niño en la resolución de los problemas que el conocimiento del medio le plantea.
- La actividad experimental debe ser parte central de la actividad del alumno, que ha de iniciarse en el método científico, entendido más como instrumento para abordar los problemas procedentes del medio que como una serie de pasos que se aplican rígidamente, y guardando el equilibrio adecuado entre experimentación y reflexión (inferencias, hipótesis, etc). La orientación de los experimentos debe ser tal que no se convierta en una serie de hechos aislados carentes de sentido.

Además, es necesario ampliar y precisar dichos conocimientos con la interacción con los demás. El aprendizaje significativo no es sólo el resultado de una actividad individual, sino que en él juegan un papel importante:

- La interacción alumno-alumno. Ayuda a fomentar el contraste de ideas acerca del medio, el descubrimiento de los propios errores y el desarrollo de una actitud de respeto hacia las ideas ajenas, todo ello en un contexto cooperativo que facilita el trabajo en equipo y la progresiva descentralización de sus propios puntos de vista hacia otros más compartidos.
- La interacción alumno-profesor. El profesor tiene un papel conductor dando sentido al aprendizaje realizado para ampliar las posibilidades de desarrollo del alumno y reforzar la construcción de nuevos esquemas de conocimiento con mayores cotas de organización y poder de explicación de la realidad.

  El profesor planteará retos y problemas, aportara información y sugerirá estrategias para resolverlos; formulará indicaciones para abordar nuevas tareas y propondrá actividades para contrastar ideas y puntos de vista.

  Asimismo, es importante la actitud del profesor en su relación con los alumnos, valorando sus aportaciones y progresos, estimulando su actividad y participación y evitando todo tipo de discriminación.

  De igual forma, es relevante la escala de valores del profesor, puesto que, a través de sus actuaciones, el niño recibe un modelo de comportamiento que emular. Las actitudes que el profesor transmite afectan no sólo a los contenidos científicos, sino también a las múltiples situaciones de la vida.

- Los recursos empleados en la enseñanza de los contenidos del medio natural que deben garantizar el contacto con la realidad, para ello:
  - Se procurará utilizar como recurso, siempre que sea posible, el contacto del alumno con la realidad, la observación directa, la manipulación de objetos y materiales presentes en el medio.

    Junto a los materiales tradicionalmente utilizados en el aula como libros de texto y de consulta, globos terráqueos, mapas diversos, atlas, modelos anatómicos, láminas, etc, el aula debe incluir también materiales de distinto tipo que aporten información sobre la realidad y permitan la realización de experiencias variadas.
  - En el aula de Primaria es útil el material de laboratorio poco sofisticado, combinado con materiales de uso cotidiano e, incluso, de desecho, que permiten una manipulación mas libre y aproximan la investigación sobre el medio natural a las situaciones de la vida cotidiana. Además de materiales que se encuentran en el mercado (caseta meteorológica, brújulas, etc.) es conveniente considerar otros que pueden ser elaborados por el profesor o por los propios alumnos, tales como los terrarios, maquetas, juguetes, aparatos sencillos, etc.
- La enseñanza del Medio Natural no debe girar exclusivamente alrededor de contenidos conceptuales, tan importantes como estos son los contenidos procesuales y los actitudinales.

  Esta distinción entre estos tres tipos de contenidos obedece a una formalidad pedagógica ya que en la práctica no deben trabajarse por separado.
  - En relación con los conceptos es conveniente recordar que no deben confundirse con los "conceptos científicos". En el área de Conocimiento del Medio natural, social y cultural, muchos aprendizajes no suponen la adquisición de conceptos acabados; además, el niño no los adquiere de una vez ni de forma completa; por ejemplo, los conceptos temporales y sobre el espacio los va construyendo poco a poco mediante sucesivas aproximaciones. Dadas las dificultades que con frecuencia experimentan los alumnos de estas edades para desligarse de las experiencias concretas y que no siempre alcanzan un nivel de formalización y abstracción suficiente, se aconseja que algunos aprendizajes básicos sean objeto de una aproximación sistemática mediante la realización de experiencias y/o experimentos sencillos y la confrontación con las ideas y representaciones previas, que les ayudan a la reorganización constante de los esquemas de conocimiento y a progresar poco a poco en la elaboración y construcción de los conceptos objeto de aprendizaje.
  - Los procedimientos son importantes, no solo como contenido, sino como vía de acceso a la conceptualización de la realidad. Esto significa que antes de utilizar un procedimiento determinado para el estudio de un aspecto concreto, el propio procedimiento debe ser objeto de estudio. No se propone un estudio de técnicas sin contenido, sino, simplemente, el

poner énfasis en determinados momentos en el procedimiento mismo. Un ejemplo: es frecuente pedir al alumno que haga un plano o que consulte un mapa sin haber trabajado previamente con él acerca de cómo se hace un plano.

- Las actitudes son contenidos que la escuela ha transmitido siempre, se trata ahora de hacerlas explícitas e incluirlas como contenidos que hay que ir trabajando durante todo el proceso de enseñanza y aprendizaje. La sensibilidad y gusto por la precisión en la recogida, elaboración y presentación de la información; la sensibilidad por la precisión y el rigor, además del valor que pueden tener en si mismos, son necesarios para abordar descripciones, clasificaciones o los estudios comparativos.

- La secuenciación de los contenidos del Medio Natural debe realizarla cada centro de acuerdo con el tipo de alumnado y las opciones pedagógicas de su profesorado.

  Algunos criterios generales para llevar a cabo dicha secuenciación, se deducen de las características psicoevolutivas del alumno:

  - la visión sincrética de la realidad, las dificultades para analizar los elementos de un todo mas allá de las percepciones globales y los problemas para diferenciar lo esencial de lo accesorio -rasgos típicos del pensamiento de los alumnos al inicio de la Educación Primaria- son factores que se deben tener en cuenta en las actividades de observación. Por ello, es conveniente que los alumnos partan de realidades y objetos concretos, simples y familiares e ir avanzando progresivamente hacia situaciones y objetos mas complejos y desconocidos a medida que se vayan superando las limitaciones mencionadas.
  - La capacidad limitada para categorizar, para elaborar conceptos abstractos y para operar con ellos es una llamada de atención sobre la conveniencia de introducir siempre los nuevos contenidos de aprendizaje con la ayuda de un fuerte soporte empírico y manipulativo y de iniciar el proceso de descontextualización y de formalización de los conceptos y de los procedimientos a partir de esta base.
  - En cuanto a la persistencia del pensamiento egocéntrico, de las explicaciones finalistas y la dificultad que plantea la noción de causalidad, es esencial, hacer participar a los alumnos en actividades que les obliguen a adoptar perspectivas y puntos de vista complementarios sobre un mismo fenómeno, objeto o situación; o en actividades que posibiliten una confrontación del punto de vista propio con el punto de vista de otros y la observación de fenómenos que pongan de manifiesto, de forma evidente e inmediata, las relaciones de causa efecto.

  Otros criterios se basan en el hecho de que los diversos conceptos, procedimientos y actitudes no se adquieren en toda su complejidad de una vez por todas, sino de forma paulatina y cíclica. Así, la progresiva adquisición de las nociones espacio-temporales y las interrelaciones entre el medio físico son elementos básicos que se deben tener en cuenta para organizar los contenidos:

  - En los aspectos espaciales el recorrido será de las nociones de delante, detrás, arriba, abajo, etc., y la localización de los objetos en el espacio y su representación, hasta la orientación personal y de los objetos del entorno o la interpretación de planos y mapas.
  - Igualmente hay que considerar la progresiva ampliación de las escalas espacial y temporal: los conceptos menos manipulables, cuya adquisición encierra más dificultad, deben ser trabajados a partir de los más próximos. Lo que cumple con la doble finalidad de proporcionar un mejor conocimiento del entorno y de permitir después su generalización y aplicación a otros ámbitos mas alejados en el tiempo y en el espacio.
  - Los contenidos que habrá que enseñar antes son aquellos que son básicos para la organización de los demás y los que están en la base del desarrollo de capacidades y estructuras mentales generales.

3

Propuesta curricular para la Enseñanza del Medio Natural en Educación Secundaria

En el real decreto (BOE, 26/06/1991) sobre enseñanza mínimas de la ESO, se dan claves relevantes para orientar la enseñanza en el área de Ciencias de la Naturaleza.

En primer lugar se indica que las Ciencias de la Naturaleza se caracterizan por el estudio empírico de la realidad natural: la materia inerte y los seres vivos en sus múltiples aspectos, niveles de organización y modos de relación por lo que se distingue de las ciencias formales por utilizar la observación y la experimentación para contrastar sus enunciados y de otras ciencias empíricas porque su objeto de estudio es el medio natural.

En Educación Primaria los contenidos científicos están integrados con otros en una sola área denominada "Conocimiento del Medio", en la ESO, las disciplinas científicas que integran las Ciencias de la Naturaleza (Física, Química, Biología y Geología) se organizan como área independiente.

Algunas orientaciones que sugieren qué tipo de enseñanza debe llevarse a cabo son:

- El alumno debe adquirir los contenidos ligados a las Ciencias de la Naturaleza de modo que le capacite para comprender la realidad natural, poder intervenir en ella, explicar y predecir fenómenos naturales cotidianos e indagar dicha realidad de una manera objetiva, rigurosa y contrastada.

- La enseñanza debe estar en consonancia con la naturaleza de la ciencia, como actividad constructiva y en permanente revisión, así:
  - Será importante resaltar el papel activo y de construcción cognitiva en el aprendizaje de la ciencia, donde los preconceptos, suposiciones, creencias y, en general, los marcos previos de referencia de los alumnos juegan un papel relevante.
  - El profesor, debe pasar de transmisor de conocimientos elaborados a agente que plantea interrogantes y sugiere actividades, y el alumno de receptor pasivo a constructor de conocimientos en un contexto interactivo. En particular, y sobre todo, ha de hacer al alumno más capaz de aprender por si mismo de manera crecientemente autónoma.
- Tan importante como la enseñanza de contenidos conceptuales es la que se refiere a la de los procedimientos y actitudes:
  - los alumnos han de conocer y unificar algunos métodos habituales en la actividad científica a lo largo del proceso investigador: planteamiento de problemas y formulación clara de los mismos; utilización de fuentes de información de manera sistemática y organizada; formulación de hipótesis pertinentes a los problemas; contraste de hipótesis mediante la observación rigurosa y, en ciertos casos, la planificación y realización de experimentos, recogida organización y análisis de los datos; discusión de conclusiones; comunicación de resultados mediante el oportuno informe.
  - debe estimularse el desarrollo de actitudes de curiosidad e interés por todo lo relativo a medio y a su conservación, y también de cuidado del propio cuerpo, de flexibilidad intelectual y de una disposición de rigor metódico y crítico, de gusto por el conocimiento y la verdad, de aprecio del trabajo investigador en equipo, de exigencia de razones y argumentaciones en la discusión de las ideas y en la adopción de posturas propias, de rigor para distinguir los hechos comprobados de las meras opiniones.

La organización flexible de la ESO lleva a que el área de Ciencias de la Naturaleza deje de ser obligatoria en el cuarto curso.

De forma similar se enfatiza este tipo de enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en el decreto (BOJA, 9/6/92) por el que se establecen las enseñanzas correspondientes a la ESO en Andalucía; el mayor o menor acierto de los argumentos pone de manifiesto, más que los elementos diferenciadores de la cultura andaluza, el estilo y las convicciones de los redactores y el hecho de que el dominio de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias está en fase constituyente.

Algunas orientaciones que denotan este enfoque paralelo son:

- La enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza se justifica en la medida en que ayuda al alumno a comprender el mundo que le rodea y le proporciona instrumentos de aproximación, análisis y resolución de problemas relacionados con él, contribuyendo así a una mejor integración en su entorno social y cultural. Ello implica la necesidad de favorecer la valoración y el conocimiento del medio natural andaluz para, partiendo de este, impulsar un saber más universal.
- Necesidad de realizar un esfuerzo de síntesis, superador de la antinomia métodos/conceptos. La Ciencia está constituida por un conjunto de principios, teorías y leyes que nos ayudan a comprender el medio que nos rodea, pero también por los procedimientos utilizados para generar, organizar y valorar esos principios, teorías y leyes.
- El aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza constituye una vía especialmente adecuada para contribuir al desarrollo personal de los alumnos y alumnas, tanto en lo que se refiere a su capacidad de pensamiento abstracto, curiosidad, creatividad y actitud crítica, como en lo relacionado con el fomento de actitudes de tolerancia y respeto ante opiniones diversas, la valoración del trabajo en equipo, etc, que configuran la dimensión socializadora característica de esta etapa educativa.
- Necesidad de conocer la estructura cognitiva de los alumnos, por el papel que desempeña en la elaboración de sus conocimientos. Resaltar la especial trascendencia que, en el campo concreto de la enseñanza de las Ciencias, tienen las concepciones o esquemas alternativos de los estudiantes. Tanto por su resistencia a ser cambiadas como por ser en ocasiones contrarias a las ideas que se quiere que aprendan los estudiantes, pueden constituir obstáculos para conseguir un aprendizaje significativo de los contenidos.
- La metodología empleada se articulará en torno a la realización de actividades por el propio alumno y en el planteamiento de pequeñas investigaciones o situaciones que den ocasión a que utilice, de forma creativa y adecuada a sus peculiaridades, el razonamiento y el pensamiento divergente.

3.1 Objetivos generales de la ESO para el área de las Ciencias de la Naturaleza

Coherentes con el tipo de enseñanza que se pretende para las Ciencias Naturales, se establecen los objetivos generales que, más que metas a conseguir, hay que tomarlos como guías que orientan la enseñanza.

Dichos objetivos se han obtenido reordenando los establecidos en los distintos proyectos curriculares establecidos por la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía (BOJA del 9/6/92, AA.VV, 1995).

Se distinguen tres tipos de objetivos: procesuales, actitudinales y conceptuales, interrelacionados de tal modo que la

diferenciación es tan solo formal, ya que en el proceso de aprendizaje se ponen en juego de forma combinada.

a) Objetivos procesuales:

Se dirigen principalmente a fomentar la capacidad del alumno para utilizar el conocimiento adquirido en la ejecución de acciones concretas, intelectivas o motoras, que permitan una mejor comprensión y adaptación al medio natural y, en muchos casos, con un claro beneficio para él y para los demás. Algunos tienen una fuerte componente actitudinal (por ejemplo el nº 6 y el nº 2).

1. Utilizar los conocimientos de las Ciencias de la Naturaleza para:
   a) elaborar una interpretación científica de los principales fenómenos naturales,
   b) analizar los mecanismos básicos que rigen el funcionamiento del medio,
   c) analizar y valorar algunos desarrollos y aplicaciones tecnológicas de especial relevancia,
   d) valorar las repercusiones que sobre él tienen las actividades humanas y contribuir a la defensa, conservación y mejora del mismo, etc.
2. Utilizar sus conocimientos sobre el funcionamiento del cuerpo humano para desarrollar y afianzar hábitos de cuidado y salud corporal.
3. Aplicar estrategias coherentes con los procedimientos de la Ciencia en la resolución de problemas, aprender a plantearse problemas y utilizar procedimientos hipotéticos-deductivos para solucionarlos.
4. Participar en la planificación y realización en equipo de actividades e investigaciones sencillas utilizando para ello los procedimientos característicos de la metodología científica. El trabajo en equipo no sólo favorece que el alumno aprecie la importancia de la colaboración para la resolución de problemas científicos, sino que con él se contribuye a que valore las aportaciones propias y ajenas en función de los objetivos establecidos, desarrolle actitudes flexibles y de colaboración y asuma responsabilidades en el desempeño de las tareas.
5. Desarrollo de destrezas psicomotoras en:
   a) la utilización y manejo de instrumentos y aparatos,
   b) trabajando con seguridad, limpieza y orden en el laboratorio,
   c) aplicando técnicas de trabajo propias de la experimentación,
   d) construyendo instrumentos y aparatos de medida, etc.
6. Fomentar el rigor y la precisión tanto para tomar información, como para comunicar los conocimientos de Ciencias:
   a) Seleccionar, contrastar y evaluar informaciones procedentes de distintas fuentes.
   b) Comprender y expresar mensajes científicos con propiedad, utilizando diferentes códigos de comunicación. Aprender a interpretar tablas de datos, gráficas, etc.
   c) Elaborar criterios personales y razonados sobre cuestiones científicas y tecnológicas básicas.
   d) Comunicar los resultados de una investigación utilizando el vocabulario técnico científico adecuado, expresando los resultados con claridad, orden y precisión, y empleando diversas técnicas y recursos de comunicación, etc.

b) Objetivos actitudinales

Intentan fomentar las actitudes positivas en el alumno. La componente procesual en muchos de ellos es evidente (por ejemplo en el nº 2, nº 3, nº 5, etc). La adquisición por parte del alumno de las actitudes que aquí se exponen presentan gran dificultad, pero bueno es que se conozcan:

1. Potenciar la actitud crítica del alumno, favoreciendo sus reacciones ante una explicación poco clara, preguntas espontáneas sobre la razón de las cosas, y las manifestaciones de rechazo controladas ante situaciones ó afirmaciones que él cree incoherentes o contradictorias, intentando comprobar ideas que no las ve consistentes, etc.
2. Promover una actitud científica y crítica ante la realidad:
   a) valorando la creación de problemas,
   b) cultivando la costumbre de formular hipótesis de trabajo acerca de los productos que la realidad y su interpretación plantea,
   c) promoviendo hábitos de sistematización y objetivación de la información que proviene de diversas fuentes,
   d) intentando dar soluciones a los problemas surgidos en la vida real,
   e) rechazando explicaciones míticas o superticiosas, etc.
3. Desarrollar actitudes individuales y colectivas propias de una ética ambientalista positiva:
   a) impulsando la intención de mejorar el entorno,
   b) organizando y promoviendo el contacto directo con la naturaleza,
   c) colaborando en programas de defensa y protección del medio ambiente, etc.
4. Impulsar una actitud creativa y contribuir a que el alumno disfrute aprendiendo. Generar nuevas ideas, aunque sean de poca relevancia. Realizar actividades originales. Desarrollar actividades lúdicas.

5. Promover el espíritu de cooperación en la realización del trabajo en común:
   a) valorando la efectividad de desarrollar el trabajo científico en equipo,
   b) potenciando el trabajo en pequeños grupos,
   c) desarrollando actitudes para el diálogo, repartiendo responsabilidades y controlando el trabajo mutuo,
   d) admitiendo distintos puntos de vista, escuchando a los demás, teniendo en cuenta sus opiniones, etc.
6. Desarrollar actitudes positivas hacia las Ciencias:
   a) Conociendo los avances en el campo de las Ciencias.
   c) Destacando sus características: accesible, controlable, no asépticas, etc.
   c) Entenderla como cuerpo de conocimientos organizados en continua elaboración, susceptibles por tanto de ser revisados y, en su caso, modificados.
   d) Valorando su influencia en la vida diaria. La Ciencia es una actividad humana y que, como tal, intervienen en su desarrollo y aplicación factores de tipo social y cultural.

c) Objetivos conceptuales

Estos objetivos están referidos a los conocimientos de las Ciencias Naturales, por lo que necesariamente tienen un carácter más específico que los anteriores. Los objetivos procesuales y actitudinales se pueden considerar y aplicar para cada uno de los objetivos conceptuales.

1. Tanto los seres vivos como los inertes están formados por unidades de materia organizadas jerárquicamente en diferentes niveles.
2. En cada nivel de organización, los sistemas materiales pueden describirse según una serie de propiedades o funciones que los caracterizan.
3. Existe una gran diversidad en todos los niveles de organización del universo y de la naturaleza que puede tratarse según distintos criterios de clasificación.
4. En cada nivel de organización se producen interacciones especificas quedando integradas las de los niveles inferiores en los superiores y, presentando estos últimos, interacciones nuevas no reducibles a las de los niveles inferiores.
5. Existe en el universo una distribución espacial heterogénea de sus componentes.
6. Los sistemas materiales y su componentes están sometidos a continuas transformaciones en el tiempo a causa de las interacciones que se dan entre éllos.
7. Las transformaciones de los sistemas materiales pueden ser descritas y analizadas en términos de cambios energéticos.
8. El desarrollo tecnológico, junto con las transformaciones energéticas y materiales que comporta, permite al hombre modificar, de forma cada vez más notable, los sistemas naturales.

3.2 Orientaciones metodológicas de la ESO para el área de las Ciencias de la Naturaleza

Establecidos los objetivo generales, es necesario determinar modos de enseñanza que posibiliten la consecución de éstos. Las medidas metodológicas que aquí se exponen se han delimitado utilizando distintos documentos sobre desarrollo curricular de la ESO en la Comunidad Andaluza (BOJA del 9/6/92, AA.VV, 1995).

Estas medidas metodológicas habrá que considerarlas como pautas orientativas que guían la actuación del profesor en los procesos de enseñanza y favorezcan, paralelamente, los procesos de aprendizaje de los alumnos.

1. Tomar como punto de partida lo que los alumnos conocen y piensan acerca de su medio físico y natural y organizar el proceso de trabajo teniendo en cuenta dichos conocimientos o concepciones.

   Aprender es, en buena medida, modificar los esquemas de pensamiento y actuación de que disponemos, para comprender mejor la realidad e intervenir en ella. Este proceso, que en la escuela va de la consideración del pensamiento cotidiano hasta la formulación organizada del conocimiento científico acumulado por nuestra cultura, ha de plantearse metodológicamente, entendiendo que entre uno y otro existen diversos niveles de formulación.

   Si el aprendizaje se produce como consecuencia de la interacción entre las nuevas informaciones o experiencias y aquello que el individuo ya sabe, un elemento básico para el diseño y la planificación de la enseñanza de las Ciencias será conocer las ideas o concepciones, correctas o no, que los alumnos tienen acerca de los problemas o conceptos a que se refiere el conocimiento científico.

   El profesor de Ciencias de la Naturaleza deberá conocer los rasgos genéricos de las concepciones de los alumnos, para diseñar métodos de exploración o indagación al respecto (cuestionarios, entrevistas, observación de clase, etc).

   La información que se obtiene del alumno permite seleccionar y organizar los contenidos, diseñar actividades, ajustar los niveles de enseñanza al nivel cognoscitivo del alumno, etc.

2. Diseñar un conjunto diversificado de actividades donde se ponga en juego procedimientos experimentales adecuados al contenido objeto de enseñanza y convenientemente contextualizados.

   De acuerdo con los contenidos, las actividades que se programen pueden ir desde la recogida y análisis de informaciones procedentes de diversas fuentes, hasta el diseño y realización de pequeñas investigaciones, actividades experimentales, análisis de resultados, reconocimiento de variables relevantes en situaciones problema que se planteen, etc. En estas actividades, los procedimientos científicos que se utilicen deben estar estrechamente relacionados con las teorías, principios o hechos que se traten.

   Las actividades han de plantearse de forma contextualizada, de manera que el alumno entienda que su realización es necesaria como vía para buscar posibles respuestas a preguntas o problemas previamente formulados, identificados y asumidos como propios. De esta manera debe entenderse la realización de tareas experimentales, sea en el laboratorio o en el aula. No tiene sentido proponer al estudiante prácticas de laboratorio que no guarden una estrecha relación con los contenidos que en ese momento estudie. Tampoco lo tiene que su participación en las mismas se limite a seguir las instrucciones, más o menos minuciosamente desarrolladas, sobre la manipulación y toma de datos en la experiencia.

   La selección y preparación de los medios didácticos apropiados constituyen tareas básicas en la planificación de la enseñanza, siendo aconsejable diversificar su uso con el fin de fortalecer el carácter didáctico de las actividades programadas. Conviene recordar que el simple uso de un recurso determinado, como la realización de actividades experimentales, proyección de diapositivas, estudio de mapas, etc., no garantiza el carácter activo de la enseñanza, carácter que vendrá dado en todo caso por una aplicación coherente de pautas metodológicas que favorezcan la actividad intelectual del alumno, y no simplemente por la realización de actos externos y la manipulación de recursos variados.

3. Crear un ambiente adecuado de trabajo para realizar un trabajo intelectual eficaz acomodando los ritmos de enseñanza a las peculiaridades del aprendizaje del alumno.

   Las adquisiciones cognoscitivas del alumno no se hacen de un modo lineal sino que requieren de tanteos, rectificaciones, ensayos y error, pruebas, etc, por lo que un ritmo de enseñanza preestablecido con precisión no es lo más conveniente.

   Es básico respetar los principios del desarrollo cognitivo y socio-afectivo, manteniendo una organización del tiempo lo más natural posible, sin forzar el ritmo de la actividad. En este aspecto conviene respetar la alternancia de actividades colectivas con las individuales o de grupo, las que exigen una actitud de escucha o atención con otras que se basen en la manipulación o el movimiento, que respeten los períodos de descanso o actividad, que se compaginen las actividades libres o divergentes con las más dirigidas.

   Sería adecuado poner en juego actividades con un margen de permisividad tal que permitan tanteos, modificaciones, aprender de los errores, etc, y además, admitan distintos ritmos de desarrollo para abarcar la diversidad cognoscitiva que se da en el alumnado que integra la clase.

   Además, el diálogo, el debate y la confrontación de ideas e hipótesis, es otro modo de entender los procesos de enseñanza en consonancia con la manera en que un individuo es capaz de aprender y asimilar nuevos conocimientos e informaciones.

4. Un modo eficaz de llevar a cabo desarrollos procesuales es a través de problemas relacionados con los objetos de estudio propuestos.

   La resolución de problemas obliga al alumno a poner en juego tanto mecanismos procesuales de su cognición como los conceptos ligados al problema. Solicitar al alumno la resolución de un problema constituye un mecanismo eficaz para interesar a los alumnos en los asuntos propuestos, favoreciendo un tipo de motivación vinculada a aspectos cognitivos (la curiosidad por conocer nuevas informaciones e instrumentos para resolver las cuestiones planteadas) al tiempo que se dota a la secuencia general de actividades de mayor significatividad para los alumnos (su razón de ser es ahora dar claves para solucionar el problema).

   Por problema se entiende una situación, cuantitativa o no, que demanda una solución, y en la que los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla.

   Los problemas pueden presentarse como interrogantes, plantearse a partir de un acontecimiento llamativo o preocupante, una situación a contrastar, un fenómeno que no permita un diagnóstico inmediato, o en el contexto de una serie de actividades iniciales que propicien la curiosidad, la formulación de preguntas y problemas que tengan suficiente potencialidad para trabajar contenidos deseables desde el punto de vista educativo. Se pretende partir del análisis de situaciones concretas para buscar posibles soluciones, favoreciéndose en el alumno la formulación de hipótesis y el diseño de estrategias de resolución. En este sentido, se debe considerar el entorno natural de Andalucía como un punto de partida desde el cual

profundizar en los distintos problemas planteados.

No se trata de que los alumnos redescubran de forma autónoma lo que generaciones de científicos han elaborado a lo largo de la Historia, sino más bien de propiciar en ellos, a partir de los problemas planteados, procesos de búsqueda y de elaboración de informaciones, en relación con objetos de trabajo, que favorezcan, en definitiva, la construcción de nuevos conocimientos y la generación de actitudes deseables.

5. Propiciar la elaboración, consolidación y maduración de conclusiones personales acerca de los contenidos de enseñanza trabajados participando los alumnos de forma activa en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

   Puesto que el desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje debe garantizar la construcción de nuevos conocimientos y el progresivo desarrollo de los esquemas de conocimiento de los alumnos y alumnas, será necesario establecer enfoques metodológicos que propicien la intervención del alumno a lo largo del proceso de trabajo y favorezcan la obtención de conclusiones personales.

   Para consolidar los aprendizajes realizados, habrá de ofrecerse a los alumnos oportunidades de aplicarlos a otras situaciones, y favorecer su utilización para la resolución de problemas en situaciones reales. De esta forma se contribuye a evitar que utilicen esquemas de conocimiento diferentes para resolver problemas, según que se ubiquen en un contexto académico o en la vida cotidiana.

   Este nuevo enfoque metodológico conduce a considerar un nuevo papel para profesores y alumnos en la acción educativa:

   - Considerar que el alumno es el protagonista de sus aprendizajes, supone disponer que los procesos de enseñanza se adecúen al proceso de aprendizaje de los alumnos y alumnas, siendo éstos el principal punto de referencia para la toma de decisiones en cuanto a la acción metodológica: ideas previas, necesidades e intereses, estilos de pensamiento, etc... La curiosidad, el gusto por conocer cosas nuevas, la responsabilidad, la capacidad de plantearse problemas y de investigarlos..., dependerán de cómo se aborde este principio metodológico, capaz de motivar e interesar a los alumnos en la actividad escolar.
   - El profesor -trabajando en equipo docente- ha de actuar básicamente como guías de la acción didáctica, lo que supone tomar decisiones fundamentadas en cuanto al diseño y planificación, y en cuanto a la actuación didáctica que se considere más idónea desde el punto de vista metodológico. De esta forma, el profesor puede ser un profesional de la enseñanza que aprenda de su propia acción y de la reflexión que realiza en grupo sobre su práctica docente. Diseñando, desarrollando y evaluando su propia opción metodológica, el equipo educativo progresa en la mejora de la calidad educativa que ofrece, así como en su propio desarrollo profesional.

   En suma, el profesorado deberá ser un facilitador de los aprendizajes de los alumnos, un elemento clave de la acción didáctica, pues es el principal mediador entre la organización del ambiente escolar que ha contribuido a diseñar, y el desarrollo de las capacidades de sus alumnos expresadas en las intenciones educativas.

6. En todo momento se deberá utilizar mecanismo de motivación ya que sin éstos es imposible que se de el aprendizaje, por lo que habrá que conectar los contenidos objeto de enseñanza con los intereses y necesidades del alumnado.

   Para ello, el contenido de enseñanza debe tener una finalidad y/o utilidad clara para el alumno, a través de actividades donde tenga que resolver un problema, satisfacer una necesidad o interés, afrontar una situación novedosa, tratar un conflicto, realizar una investigación, comprender la realidad, entender nuevos fenómenos o acometer un proyecto de trabajo, etc.

4

Nociones básicas sobre la teoría de Piaget

Resulta difícil exponer las partes de la obra piagetiana por dos motivos: el retorcido sentido didáctico que posee el autor para expresar sus ideas ya de por sí complejas y la copiosa producción científica, que aunque innovadora y diversificada, le lleva a veces a la reiteración.

Se ha procurado agrupar las ideas piagetianas, comenzando por la idea que se considera fundamental y constante en su obra: la importancia de los esquemas de acción en el desarrollo cognoscitivo, continuando con una diferenciación entre pensamiento figurativo y operativo, entre significantes y significados, para posteriormente hacer un estudio genético de la aparición de la capacidad operatoria, y terminar con los mecanismos cognoscitivos que utiliza el sujeto para explicar los fenómenos físicos.

4.1 Sobre el papel de la acción en el desarrollo de la inteligencia, su relación con la percepción.

Una constante en la teoría piagetiana es el papel preponderante que juegan los esquemas de acción en el desarrollo de la inteligencia y, sobre todo, el modo armonioso con que se inserta esta idea en los distintos aspectos de su teoría (Richmond, 1980).

Las referencias a los esquemas de acción, como base estructural del pensamiento por encima de la sensación y la percepción, se aprecian en muchas partes de su obra, por citar algunas:

1. el punto de partida no será la sensación, ni la abstracción esquematizante a partir de cualidades sensibles, sino la acción en su totalidad, siendo los índices sensoriales únicamente uno de sus aspectos: a partir de la acción procede el pensamiento en su mecanismo esencial -las operaciones mentales- (Piaget, 1978b, p.38),
2. nuestros conocimientos no provienen únicamente de la sensación ni de la percepción, sino de la totalidad de la acción con respecto de la cual la percepción sólo constituye la función de señalización. Lo propio de la inteligencia no es contemplar sino transformar y su mecanismo es esencialmente operatorio (Piaget, 1981, p. 89, p. 104) y,
3. el instrumento de intercambio en la interacción sujeto-objeto no es la percepción sino más bien la acción misma con su mayor plasticidad. Aunque la percepción juega un papel esencial, depende de la acción en su conjunto, y algunos mecanismos perceptivos que parecen innatos sólo se constituyen cuando se ha alcanzado un cierto nivel en la construcción [representación mental] de los objetos. De modo general, toda percepción conduce a conferir a los elementos percibidos significaciones relativas a la acción (Piaget, 1977a, p.15)

Es curioso apreciar las repetidas alusiones que hace Piaget a un experimento de Michotte llevado a cabo en 1954 (Piaget, 1980a, p. 45; Piaget, 1981, p. 109; Piaget e Inhelder, 1984, p. 43; Piaget y García, 1973, p. 22) consistente en simular el movimiento de un cuadrado A que se acerca con cierta velocidad a otro B inmóvil, dando lugar a varias posibilidades, a) A y B se van juntos lo que da la impresión de un "arrastre", b) A se para y B sale con menos velocidad, esto da una sensación de un "lanzamiento" de B como consecuencia de un choque y c) A se para y B sale con una velocidad superior, dando el efecto de un "disparo" (Piaget, 1981, p. 108). Estas "sensaciones" muestran según Michotte que los efectos causales son abstraídos de la propia percepción, proceso bastante primario ya que se aprecia hasta en el niño pequeño. Sin embargo, Piaget hace una reinterpretación en base a sus propios experimentos y muestra que la causalidad sensomotora no deriva de la causalidad perceptiva y que, por el contrario, la causalidad perceptiva visual se apoya en una causalidad táctilo-cinestésica que depende de la acción propia en su conjunto y no exclusivamente de factores perceptivos. La causalidad operatoria hinca sus raíces en la causalidad sensomotora y no en la perceptiva; esta última depende de la causalidad sensomotora tanto en sus aspectos motores como perceptivos (Piaget, 1980a, p. 45).

La percepción y la inteligencia son independientes ya que, mientras la primera no evoluciona, la segunda sí lo hace: las mejoras perceptivas son debidas al apoyo de las estructuras de la inteligencia. Esto se puede ilustrar con un experimento consistente en dos líneas paralelas y enfrentadas, y en un momento dado una de ellas se adelanta. Los sujetos de 5 años estiman que la adelantada es más larga, a los 8 años hay un 70% que están seguros de la igualdad, y el 100% a los 11 años (Piaget, Inhelder y Szeminska, 1948, pp. 122-139). Sin embargo, si se presentan de entrada dos rectas paralelas una de ellas adelantada respecto a la otra, los sujetos de 5 años dan mejores estimaciones que los de 8 y 11 años (Piaget, 1981, p. 100). En el primer experimento los sujetos pueden ligar operativamente los estados inicial y final, mientras que en el segundo sólo se pone en juego la percepción y de ningún modo la capacidad operativa del sujeto.

La función de la percepción es actuar como conector entre las operaciones mentales y la acción con los objetos por un lado y, de las operaciones y los acontecimientos por otro, aportando datos que la inteligencia transcribe y descifra. La percepción nunca va más allá del pensamiento preoperacional y como tal es inmediata, intuitiva y a veces equivocada.

La importancia de la acción se pone claramente de manifiesto en el papel que juega en el desarrollo cognoscitivo del sujeto. A lo largo del periodo sensomotriz el sujeto desarrolla una serie de esquemas de acción que ofrecen al sujeto un comportamiento catalogable de inteligencia sensomotriz, siendo la permanencia del objeto el logro más importante de este nivel. Posteriormente, los primeros esbozos de inteligencia se logran a través del juego simbólico por la interiorización de los esquemas de acción desarrollados y coordinados en el periodo sensomotriz, con ellos 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, aparecen las operaciones mentales; definidas tomando como base los esquemas de acción y que desde el punto de vista psicológico, son acciones interiorizables, reversibles y coordinadas en sistemas caracterizados por leyes que se aplican al sistema como un todo. Son acciones, puesto que se llevan a cabo sobre los objetos antes de ser realizadas sobre símbolos. Son interiorizables, puesto que se pueden ejecutar mentalmente sin perder su carácter original de acciones. Son reversibles, a diferencia de las simples acciones, que son irreversibles. Así la operación de combinar se puede invertir inmediatamente -su inversión sería la operación de disociar-, mientras que el acto de escribir de izquierda a derecha no puede ser invertido en el acto de hacerlo de derecha a izquierda sin la adquisición de un nuevo hábito diferente del primero. Por último, las operaciones se encuentran fuertemente interrelacionadas entre sí, por ejemplo, la construcción de una clase implica un sistema clasificatorio, una relación asimétrica transitiva, un sistema de relaciones seriales, etc" (Piaget, 1977b, pp. 35-36).

Las explicaciones causales, como un conjunto de transformaciones que da cuenta de los hechos y leyes, generan modelos sobre los objetos y su comportamiento, (Piaget y García, 1973, p. 25) procedentes de la propia acción particular, mientras que las operaciones lo hacen de la coordinación de éstas (p. 24).

Finalmente, otro mecanismo cognoscitivo que pone en evidencia la importancia de la acción es el de la toma de conciencia, considerada ésta, no como una especie de esclarecimiento que no modifica ni añade nada, sino como un proceso de conceptualización de los esquemas de acción que hace que el paso de lo inconsciente a lo consciente exija reconstrucciones y no simple esclarecimiento (Piaget, 1976, p. 254, p. 260). El factor clásico que activa los mecanismos de toma de conciencia es el de la desadaptación, pero Piaget añade otro complementario: los mecanismos de regulación que aparecen cuando se hace necesario buscar nuevos medios para un reglaje más activo y, en consecuencia, son fuente de elecciones deliberadas que suponen la conciencia..,.. esto se ha observado en el caso de andar a gatas donde no interviene ninguna desadaptación (p. 255). La toma de conciencia se activa allí donde se producen las interacciones sujeto-objeto, a través de dos observables iniciales periféricos, por un lado, el objetivo a alcanzar o dirección de la acción y por otro, la terminación de la acción en acierto o fracaso. Aunque estos dos observables son conscientes en toda acción intencional los medios activados (esquema asignador) pueden quedar inconscientes.

Después la toma de conciencia se orienta hacia estas regiones centrales de la acción, cuando se trata de alcanzar el mecanismo interno de ésta: reconocimiento de los medios empleados, razones de su elección o de su modificación durante el ejercicio, etc, (p. 256). Cuando el progreso de la conciencia no depende ya de las dificultades de la acción (desadaptaciones), sólo puede proceder del proceso asimilador en sí; señalarse un fin frente al objeto es ya asimilar éste a un esquema práctico, y, en la medida en que el objetivo y el resultado del acto proporcionan toma de conciencia, el esquema se convierte en concepto y la asimilación se hace representativa, susceptible de evocaciones en extensión (pp. 257-258).

4.2 Distinción entre pensamiento figurativo y operatorio, entre significantes y significados

En el contexto piagetiano conviene hacer una distinción clara entre pensamiento figurativo y operatorio, ya que es un factor distintivo del desarrollo evolutivo de la cognición del sujeto. Mientras el primero es esencialmente preoperacional y se refiere a "los instrumentos de conocimiento que traducen los movimientos y transformaciones en términos de simples sucesiones de estados: tales son la percepción, la imitación y esa especie de imitación interiorizada que constituye la imagen mental" (Piaget, 1980a, p.44). El segundo,está fundamentado en la existencia de operaciones mentales como acciones interiorizadas reversibles (Piaget, 1977b, p. 35), "las situaciones estáticas se subordinan a las transformaciones de forma tal que cada estado se concibe como el resultado de una transformación" (Inhelder y Piaget, 1972, p. 211).

Los significantes y los significados son tratados como elementos cognoscitivos que poseen una génesis y función cognoscitiva bien diferenciada; mientras los primeros juegan un papel de soporte de la estructura cognoscitiva y son instrumentos del pensamiento figurativo (Piaget, 1980a, p.44), los segundos forman parte de la propia estructura cognoscitiva configurada por los esquemas de acción interiorizados (Inhelder y Piaget, 1972). Así, las significaciones comportan, en efecto, "significados" que son el pensamiento como tal, pero también "significantes" constituidos por los signos verbales o las imágenes que se construyen en íntima correlación con el pensamiento (Piaget, 1984, p. 35).

El pensamiento consiste en vincular significaciones, de forma que éstas suponen una relación entre un significante y una realidad significada. En el caso de un indicador perceptivo, el significante constituye una parte o un aspecto objetivo del significado, o incluso está unido a éste por una relación causa-efecto, p.e. las huellas de la nieve como índice de una presa o la parte visible de un objeto como índice de su presencia. Por el contrario, el símbolo y el signo verbal implican una diferenciación entre significante y significado, p.e. una piedra puede significar, para un niño, un caramelo (Piaget, 1984, p. 134). La formación de los símbolos puede explicarse como sigue: la imitación diferida proporciona los significantes que la inteligencia aplica a significados diversos, según los modos de asimilación, libre o adaptada, que caracterizan esas conductas (Piaget, 1984, p. 136). El juego simbólico comporta siempre un elemento de imitación, funcionando como significante, y la inteligencia en sus comienzos utiliza indistintamente la imagen a titulo de símbolo o de significante (Piaget, 1984, p. 136). La imagen mental y el signo verbal son claros ejemplos de significantes (Piaget, 1974, p.76), que se pasan a analizar.

4.3 La imagen mental

La imagen de aparición tardía (finalizado el periodo sensomotriz), resulta de la imitación interiorizada, que proporciona una copia activa de lo percibido con esbozos de referencias sensoriales (Piaget e Inhelder, 1984, p.75). La imagen mental no es una prolongación de la percepción ni un elemento del pensamiento (Piaget e Inhelder, 1984, p. 74; Piaget, 1984, p. 136), primero porque no existe asociación sino asimilación (Piaget, 1984, p. 74; Piaget, 1974, p. 84), de modo que la imagen mental no es un hecho primario, es, como la imitación, una acomodación a los esquemas sensomotrices (Piaget, 1984, p. 136) y, en

segundo lugar, es un instrumento figurativo (Piaget, 1980a, p.44) útil más que a título de soporte para la organización transformadora que es la estructura cognoscitiva del sujeto, verdadera matriz de significados, pero simple retransmisora de significantes (Inhelder y Piaget, 1972).

En su fase preoperatoria la imagen sigue siendo sorprendentemente estática y reproductora sin posibilidad de anticipar los movimientos; es después, gracias al soporte de las operaciones concretas cuando se hace anticipadora y más móvil, evolución que no obedece a leyes autónomas sino que requiere ayuda de naturaleza operativa (Piaget, 1980a, p. 46; Piaget e Inhelder, 1984, p. 84). Las imágenes mentales sólo constituyen un sistema de símbolos que traducen, más o menos exactamente, pero en general con retraso, el nivel de comprensión preoperatoria y luego operatoria del sujeto (Piaget e Inhelder, 1984, p. 84). En definitiva, la imagen no constituye un elemento del pensamiento (Piaget, 1984, p. 35).

Una tarea que ilustra muy bien las afirmaciones anteriores es la de la doble fila de igual número de fichas rojas y azules enfrentadas, el sujeto preoperacional aprecia, cuando las fichas de una fila son espaciadas, que el número de éllas aumenta, reacción que resulta de "centrarse" en la configuración inicial o final sin ponerlas en correspondencia (Piaget y Szeminska, 1982, pp. 94-106). Otro ejemplo que ilustra la dependencia de lo perceptivo es el hecho que al sujeto preoperacional le parece que un peso que pende de un hilo más largo, tira más (Piaget, 1975, p. 47).

4.4 El lenguaje

Las conductas verbales presentan notables diferencias con las sensomotrices, por una parte, las segundas se ven obligadas a seguir los acontecimientos sin sobrepasar el ritmo de la propia acción, mientras que las primeras pueden introducir relaciones con una rapidez muy superior y, por otra parte, las adaptaciones sensomotrices están limitadas en el espacio y en el tiempo, mientras que el lenguaje permite referencias a extensiones espacio-temporales más amplias. Este progreso se debe en realidad a la función semiótica que es la que desliga el pensamiento de la acción (Piaget e Inhelder, 1984, pp. 90-91).

Hay que distinguir el lenguaje de otros instrumentos semióticos como la imagen mental, pues mientras estos son construidos por el individuo a medida de sus necesidades, los signos verbales del lenguaje están elaborados socialmente y contienen ya un conjunto de instrumentos cognoscitivos (clasificaciones, relaciones, etc) (Piaget e Inhelder, 1984, p.91).

El lenguaje se aprende por imitación de signos verbales, y se adquiere al mismo tiempo que el símbolo, representando una cosa por otra (Piaget, 1984, p. 136).

El pensamiento preoperacional procede de una diferenciación de los significados y los significantes y se apoya, por tanto, en la invención de los símbolos y sobre el redescubrimiento de los signos..,.. los preconceptos son las nociones que el niño liga a los primeros signos verbales cuyo uso adquiere, a medio camino entre la generalidad de un concepto y el significado individual de éste (Piaget, 1984, p. 137), donde la coordinación entre la comprensión y la extensión presenta serios problemas (Piaget e Inhelder, 1976, pp. 29-58).

El estudio de los preconceptos muestra que la adquisición del lenguaje acelera la formación de éstos, en todos los niveles se manifiesta subordinado a las estructuras del sujeto, si bien contribuye a modificarlas, de ahí que un mismo significante pueda ser entendido por el niño como si se aplicara a significados de muy diversa generalidad, por ejemplo, desde la débil generalidad del esquema imaginado a la generalidad propiamente genérica (Piaget e Inhelder, 1976, p. 14). Los conceptos se desarrollan lentamente desde lo específico a lo abstracto, de modo que el grado de abstracción posible depende del grado de su experiencia, es decir, de la cantidad de significado que haya podido reunir alrededor de un símbolo determinado.

Por lo tanto, el lenguaje no precede al pensamiento, ya que las verdaderas fuentes de éste provienen de la interiorización de los esquemas de acción. En efecto, las estructuras lógico-matemáticas son mucho más que un lenguaje y dependen de las coordinaciones generales de la acción (Piaget, 1980b, p. 63). El lenguaje no constituye la fuente de la lógica, sino que por el contrario, es ésta quién estructura a aquél, y las raíces de la lógica hay que buscarlas en la coordinación general de las acciones (Piaget e Inhelder, 1984, p.94). Un estudio empírico realizado para comprobar estas argumentaciones se llevó a cabo comparando las conductas en tareas de seriación y clasificación entre sujetos normales, sordomudos y ciegos, mostrando que los segundos adquieren los mismos estadios que los normales con un retraso de entre uno y dos años y de unos cuatro años los terceros (Piaget e Inhelder, 1976).

4.5 El paso al pensamiento operatorio: descentramiento, abstracción empírica y reflexiva

En el periodo preoperacional se asiste a un descentramiento de los esquemas que ya no giran sobre el propio cuerpo del sujeto sensoriomotriz, ahora el centramiento se desarrolla sobre la propia acción, por asimilación de las características de los objetos a las de las acciones (Piaget e Inhelder, 1984, p. 98), esto hace que mientras la asimilación sensomotriz distingue mal los caracteres de los objetos de los de las acciones, la preoperacional se refiere sólo a los objetos, tanto presentes como ausentes, liberando al sujeto de su dependencia con la situación actual, dándole el poder de clasificar,

seriar, poner en correspondencia, etc (Piaget, 1977a, p. 30).

Sobre los seis años se asiste a un nuevo descentramiento, destinado a poner en relación las acciones conceptualizadas por medio de coordinaciones progresivas, dando paso a funciones constituyentes que muestran su conexión con los esquemas de acción, por lo que son de naturaleza irreversible. Esto permite al sujeto llegar a conservaciones por tanteos y regulaciones y no por un planteamiento de necesidad, así prevé que al tirar de un extremo de un hilo en L, mientras un segmento se alarga el otro se acorta pero no conserva la longitud total (pp. 32-35).

El pensamiento intuitivo se logra por una simple interiorización de las percepciones y los movimientos, en forma de imágenes representativas y de experiencias mentales, que prolongan así los esquemas sensorio-motores sin coordinación propiamente racional, logrando a partir de reglajes y articulación de las representaciones, motivadas por el medio, encontrar una relación. Por ejemplo, entre altura y sección a condición de que el contenido del vaso se eche en otros donde se varia paulatinamente la sección, pero esta reacción conservadora no es fruto de la reversibilidad porque una acción, traducida en simple experiencia imaginada sigue siendo de sentido único y una asimilación centrada en una configuración perceptiva que necesariamente también lo es (Piaget, 1984 pp. 147-148).

Cuando la abstracción se establece a un nivel de descentramiento, tal que las acciones particulares mismas ya no son aprehendidas en sus relaciones con los objetos sino en su estructura intrínseca, se generan las operaciones. Así, cuando el niño cuenta piedras y descubre que siempre son diez a pesar de que se modifique el orden o aspecto figurativo, en realidad no experimenta con éllas, que le sirven únicamente de instrumento, sino con sus propias acciones de ordenar y contar. Dichas acciones de ordenar y contar se distinguen de la acción de sopesar piedras de dos maneras: a) son acciones que enriquecen al objeto con propiedades que éste no poseía por sí mismo, puesto que la colección de piedras no comporta orden ni número independientemente del sujeto: éste abstrae esas propiedades partiendo de sus propias acciones y no del objeto, b) son acciones generales (coordinación de acciones), ya que se actúa siempre introduciendo cierto orden en los movimientos, mientras que sopesar es una acción mucho más particular. (Piaget, 1981, p. 43).

Entre la acción de sopesar y la coordinación de las acciones existe la misma distancia que entre la abstracción empírica y la reflexiva. La primera, se refiere a las propiedades de las cosas y supone una acción particular relativa a una cualidad del objeto, por ejemplo cuando el niño descubre, sopesando que el plomo puede pesar igual que el latón. La segunda, se refiere a la coordinación de las acciones (pp. 42-43).

Las operaciones mentales proceden por abstracción refleja a partir de otras de rango inferior o de las coordinaciones generales de la acción..,.. mientras que los hechos y las leyes se descubren por abstracción empírica, dando cuenta de los mismos la causalidad, mezcla de abstracción empírica y refleja (Piaget y García, 1973, pp. 24-25).

También en la toma de conciencia existe una polarización en función de estos dos tipos de abstracciones: la empírica que aporta una conceptualización en cierto modo descriptiva de los observables, comprobados en los caracteres materiales de la acción, y la reflexiva que 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.

Sobre los once-doce años entra en juego la abstracción reflejada, como producto consciente de la reflexiva, de forma que la toma de conciencia se prolonga como una reflexión del pensamiento sobre sí mismo (Piaget, 1976, p. 273).

A partir del nivel de operaciones concretas, las transformaciones se asimilan a las operaciones (Inhelder y Piaget, 1972, p. 211), de forma que los estados se subordinan a las transformaciones y, éstas, son descentradas de la propia acción al hacerse reversibles (Piaget e Inhelder, 1984, pp. 101-102).

Este 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). Así, los desequilibrios ocasionados por estructuras compuestas por esquemas de acción irreversible ponen en funcionamiento compensaciones reguladoras que explicarían la aparición del pensamiento operatorio, ya que dichas compensaciones se orientan en dirección inversa o recíproca a la de la perturbación (obstáculo o laguna), lo cual equivale a anularla (inversión) o a neutralizarla en cuanto perturbación (reciprocidad) (Piaget, 1978a, p. 33).

Las primeras operaciones mentales, así constituidas, son necesariamente concretas en un doble sentido, ya que se limitan a organizar los datos actuales y reales, clasificándolos, seriándolos, poniéndolos en correspondencia, etc, y no son generalizables de inmediato a todos los contenidos, siendo más difícil operar sobre características menos disociables de la propia acción, como el peso, que sobre otras que puedan objetivizarse con mayor rapidez, como la longitud (Inhelder y Piaget, 1972, p. 212). La novedad del pensamiento formal reside en que se opera una inversión entre lo real y lo posible, de modo que los hechos sólo son un sector de las realizaciones efectivas en el interior de un universo de transformaciones posibles, ya que sólo se los explica, e incluso se los admite, como hechos después de una verificación, (p. 213). Las

operaciones formales sobrepasan lo real insertándolo en lo posible para ligarlo directamente a lo necesario sin la mediación indispensable de los concreto (Piaget, 1977a, p. 58).

4.6 Mecanismos cognoscitivos en las explicaciones de los alumnos

Piaget denominaba a las explicaciones con el término de explicaciones causales o causalidad "a pesar de conocer sus peligros" (Piaget, 1977c, p. 16).

Explicar un efecto por un conjunto de condiciones consideradas como causales equivale a mostrar, por un lado, cuáles son las transformaciones que lo han producido y, por otro, cómo la novedad del resultado corresponde a ciertas transmisiones a partir de los estados iniciales; este doble aspecto de producción y conservación caracteriza tanto las transformaciones operatorias como las causales y, en ambos casos, se reconoce por el hecho de que la construcción en juego aparece como necesaria. La causalidad expresa lo que hacen los objetos al actuar los unos sobre los otros y sobre el sujeto (Piaget y García, 1973, p. 15).

En el nivel de operaciones concretas las transformaciones se asimilan a las operaciones (Inhelder y Piaget, 1972, p. 211), mientras que las transformaciones posibles no están contenidas en los estados, por ejemplo, la bolita de plastilina no contiene en su seno a la salchicha (Piaget e Inhelder, 1971, p. 33-108), es con el pensamiento formal cuando las transformaciones se consideran como un simple sector real de lo posible, de forma tal que los estados y las transformaciones pertenecen a un sistema único, donde lo virtual posee una realidad física de igual naturaleza que lo real, esto hace, por ejemplo, que el equilibrio se vea como un conjunto de fuerzas que pueden provocar movimientos virtuales (Piaget, 1975, pp. 72-73).

Si se admite la hipótesis de que las operaciones del sujeto se desarrollan por abstracción reflexiva y éstas, atribuidas a los objetos, producirían nuevos modos de explicación causal, quedarían cuestiones sin resolver: 1. ¿cómo se explica que el sujeto llegue primero a la conservación de la cantidad de materia, luego a la del peso y posteriormente a la del volumen si en cada caso las operaciones que pone en juego son las mismas, 2. las relaciones espaciales tienen una doble naturaleza física y lógico-matemática, es por tanto verosímil pensar que aporten causalidad y operaciones, 3. las primeras relaciones del nivel preoperacional, clasificando, seriando... tienen más de causales que de operatorias, ya que están estrechamente ligadas al objeto y a las acciones de éstos, 4. antes del proceso de abstracción sobre las acciones coordinadas, el sujeto ha llevado una gran actividad en el terreno causal, ya que reunir objetos en colecciones que prefiguran clases o ponerlos en correspondencia equivale a actuar sobre los objetos, desplazarlos, impulsarlos, situarlos en posiciones estables..., contexto causal donde se forman las operaciones (Piaget y García, 1973, pp. 16-20). No deben ser confundidas las relaciones físicas con el grupo de operaciones lógico-matemáticas que intervienen en esas observaciones o experiencias, puesto que si las operaciones son necesarias como instrumento de asimilación, en ningún caso es suficiente.

Considerar la hipótesis de que la causalidad precede a las operaciones y que el desarrollo de éstas constituirá un reflejo interiorizado, y luego formalizado, de nociones causales sucesivamente impuestas al sujeto por lo real parece de entrada plausible, ya que si las operaciones nacen de las acciones y consisten en transformar lo real, parece obvio que el sujeto va a modificarlo, primero materialmente y, por tanto, causalmente antes de permitirse el lujo de transformarlo formalmente enriqueciendo las clasificaciones, series, numeros, medidas... Posteriormente cada progreso operatorio nacerá de una necesidad de comprensión inicialmente provocada por un problema causal que se trata de explicar, o con tal fin, de eliminar cierto número de contradicciones reales o aparentes. Existen muchos experimentos que parecen apoyar esta hipótesis, p.e. la conservación de las longitudes, del peso, velocidad, diferenciación entre fuerza y velocidad, el papel del peso en la verticalidad y horizontalidad..., sin embargo esta hipótesis plantea ciertas dificultades como que sería necesario interpretar la causalidad como determinada por la experiencia con los objetos, en tanto que son experiencias físicas particulares a modo de interacciones sujeto-objeto, ya que recurrir a las coordinaciones generales de la acción sería apelar a las estructuras formadoras de las operaciones mentales, puesto que reunir las acciones, encuadrarlas, ordenarlas, ponerlas en correspondencia, implica ya una estructura prelógica.

Piaget dice que Hume demostró que ateniéndonos a un método de simple lectura empírica, no se llega a la causalidad, sino a simples sucesiones regulares o leyes (pp. 20-23). Además, cualquier observación, por muy sencilla que sea, supone unas relaciones, unas identificaciones, unas dependencias funcionales, etc., que pueden ser preoperatorias (inmediatamente después de la percepción) u operacionales, bien sean aplicadas (leyes), bien sean atribuidas (causas) a los objetos.

Por tanto, lo correcto sería considerar que en todos los niveles del desarrollo, la elaboración de la causalidad conlleva operaciones y viceversa, sin hablar de sentido único, salvo ocasiones particulares, momentáneas y con alternancias, así, es un comportamiento operatorio que el sujeto verifique la conmutatividad de la suma, pero si necesita manipular los objetos para comprender dicho carácter conmutativo, las acciones son al mismo tiempo operatorias y causales. Es de suponer, puesto que la causalidad procede de la propia acción particular y las operaciones de la coordinación de éstas, que conforme más bajo

sea el nivel cognoscitivo más indiferenciadas están. Por tanto, las operaciones mentales consisten en transformar los objetos concretos o abstractos enriqueciéndolos con formas nuevas (clase, orden, correspondencias), y proceden por abstracción refleja de otras operaciones de rango inferior o de la coordinación de acciones. Los hechos y leyes tratan sobre las propiedades observables de los objetos y sus variaciones, que se descubren por abstracción empírica a partir de la lectura de los datos, que supone la utilización de esquemas de asimilación (clase, orden, correspondencias) y la causalidad se caracteriza por ser un sistema de transformaciones no observables directamente, que rinde cuenta de los hechos y leyes por un proceso deductivo análogo a la construcción operatoria, pero que llega a la construcción de un modelo atribuido a los objetos, existiendo mezcla de abstracción empírica y reflexiva.

Las interacciones del sujeto con el objeto no dan lugar a intuiciones directas sino deformadas: sólo son objetivizadas gracias a una regulación activa utilizando deducciones de los esquemas causales u operatorios. Para descubrir los hechos y leyes a través de las operaciones, como elementos de lectura, se hablará de operaciones aplicadas al objeto. Para construir un modelo causal el sujeto atribuye las operaciones a los objetos (pp. 23-26).

En el nivel preoperacional tiene lugar el desarrollo de una precausalidad (Piaget, 1978b), caracterizada por estar orientada hacia la explicación finalista, no diferenciar entre lo psíquico y lo físico y por ser animista y artificialista, como resultado de la asimilación sistemática de los fenómenos físicos a la propia acción (Piaget e Inhelder, 1984, p. 113); más tarde, la aparición de las operaciones hará que surja un nuevo tipo de causalidad por atribución de una forma (operaciones) sobre un contenido (fenómeno físico) (Piaget, 1977a, p.56), de manera que se dan dos procesos análogos: por un lado, una abstracción empírica a partir de los objetos que aporta observables que van desde hechos y acontecimientos singulares hasta funciones, relaciones reiterables y legalidad en general y, por otra, una abstracción reflexiva que permite una interpretación deductiva de los hechos en dirección de los objetos (Piaget, 1976, p.273).

En el periodo formal "la causalidad no consiste ya en aludir solamente a las acciones productivas que, desprovistas de permanencia, no pueden mostrar sino poderes momentáneos e irracionales..,..ésta se reduce a subordinar los estados y las transformaciones en un mismo sistema total que engloba lo virtual y lo real y confiere a lo virtual una realidad física de igual naturaleza que lo real" (Piaget, 1975, pp. 72-73).

Existe una progresiva diferenciación de la causalidad y las operaciones (Piaget y García, 1973, p.142) y, por tanto, la posibilidad, cada vez mayor, de atribuir las operaciones diferenciadas al comportamiento causal de los objetos, como forma de asimilar, entender y explicar dicho comportamiento (p.26, p.141). Así, en el nivel preoperacional, donde "existe una indiferenciación relativa entre las relaciones causales y lógicas", las acciones irreversibles del sujeto, aplicadas sobre los objetos, llevan por un lado a la "falta de reciprocidad en las relaciones" y, por otro, "al carácter psicomórfico de las explicaciones" (p.146-147); después, en el nivel de operaciones concretas, se forman grupos incompletos de operaciones que, atribuidos sobre los objetos, configuran una causalidad de "secuencias en cierto modo unilineales en el orden del tiempo (secuencias sucesivas sin interacciones múltiples y simultáneas) y del espacio (direcciones privilegiadas sin composiciones vectoriales entre direcciones de fuerzas desiguales)" (p. 148). Finalmente, en el nivel formal, "las operaciones se desligan suficientemente de su contenido..,,,y sus atribuciones a los objetos hacen efectuar a la causalidad progresos decisivos en todos los campos estudiados..,..el pensamiento comienza a parecerse funcionalmente al pensamiento científico" (p. 149).

4.7 Las conductas tipo α, ß y γ en los procesos de equilibración

En los procesos de equilibración, hay que distinguir tres conductas principales, en cuanto a la relación entre las modificaciones y las compensaciones. 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, en cuyo caso se está en presencia de conductas de tipo . Así, si un carácter que la experiencia hace evidente, contradice la anterior descripción del sujeto, despreciará el nuevo carácter incompatible con la descripción, o lo deformará a fin de plegarlo al esquema retenido para la descripción; por otro lado, si un objeto inesperado no se puede clasificar según el criterio dado anteriormente, continuará construyendo su colección sin tener en cuenta las diferencias o hará una colección aparte sin retocar sus anteriores disposiciones, y si aparece una relación no integrable en un esbozo de seriación hasta ese momento suficiente, en caso de que se empezara a hacer pares o tríos, los nuevos elementos se colocarán en un segundo trío en lugar de modificar el primero aumentando su extensión (Piaget, 1978a, pp. 73-74).

Si el elemento perturbador surgido del exterior se integra en el sistema de modo que la compensación no sea una anulación o rechazo, sino una modificación por "desplazamiento del sistema" hasta hacer asimilable el hecho inesperado, se está ante conductas de tipo j; en este caso, a diferencia de las conductas de tipo , la modificación no consiste en anular la que introduce el objeto perturbador, sino en modificar el esquema de asimilación mismo para acomodarlo al objeto y seguir su orientación, así la descripción será mejorada, la clasificación

refundida para coordinar la clase nueva con las demás y la seriación extendida o distribuida en dos dimensiones (Piaget, 1978a, pp. 74-75).

Finalmente, las conductas de tipo j consisten en anticipar 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, así en los sujetos en posesión de estructuras de perspectiva, la proyección de una sombra o cono luminoso, no constituye una perturbación ya que se integrará en las transformaciones que pueden ser inferidas, de forma que cada transformación puede ser completamente anulada por su inversa o invertida por su recíproca, y el sentido de la compensación será el de una simetría inherente a la organización del sistema (Piaget, 1978a, p. 76).

Es frecuente descubrir estas conductas en muchos de los experimentos piagetianos, así se aprecian algunas de tipo en determinadas fases de la evolución cognoscitiva (nivel IA), que generalmente coinciden con los inicios de un determinado estadio para un determinado ámbito físico. La estructura cognoscitiva basa su estabilidad en cierta rigidez asimiladora de los esquemas, de forma que la asimilación prevalece sobre la acomodación, es decir, en determinados dominios físicos la valoración del esquema asimilador prevalece sobre la evidencia de un nuevo dato. Por ejemplo, su esquema de fuerza ligada al esfuerzo subjetivo llevado a cabo con los objetos, le lleva a prever mal el número de pesos que se deben colocar para compensar otros ya colocados (incluso cuando son situaciones simétricas) o a sobrevalorar la acción del último peso colocado (Piaget, 1975, pp. 56-74). A un determinado nivel de la evolución del niño, la noción de velocidad está ligada con la de adelantamiento de móviles, esto le hace creer que dos coches que parten y llegan en el mismo instante, llevan la misma velocidad, aunque uno de ellos ha recorrido más camino que el otro (Piaget, 1946, pp. 55-68).

En otras fases de la evolución cognoscitiva que generalmente coinciden con aquéllas de carácter transicional (nivel IB y IIB), se pueden apreciar conductas de tipo j, cuya principal característica es que frente a las primeras preguntas de una tarea, presentan reacciones que son propias de un determinado nivel, pero si se van alterando adecuadamente las variables físicas, que les son más significativas, suelen evolucionar progresivamente, dando, en un momento dado, reacciones que son propias del nivel siguiente, tal es el caso de la tarea de transvases de líquidos donde si se utilizan una serie de vasos de sección cada vez menor el sujeto preoperacional termina, al menos momentáneamente, dando respuestas semejantes a las de un sujeto de operaciones concretas (Piaget y Szeminska, 1982, pp. 19-41); otro ejemplo es el de la tarea de la conservación de la cantidad de plastilina, algunos sujetos preoperacionales pueden llegar a responder como lo hacen los del nivel siguiente, a condición de hacer paulatinas transformaciones de la misma, haciéndola cada vez más delgada o volviéndola poco a poco a su posición esférica inicial (Piaget e Inhelder, 1971, pp. 33-56). Un sujeto del nivel de operaciones concretas inicial, puede reaccionar preoperatoriamente cuando se trata de la conservación del peso y el volumen, si es de un nivel concreto avanzado conserva el peso pero no el volumen, ante el cual reacciona preoperacionalmente, ya en el nivel formal conserva las tres variables. En general, la capacidad operatoria de un sujeto es dependiente del tipo y contenido de la tarea (Marín, 1992), de forma que la rigidez o flexibilidad de un esquema de asimilación depende, además del nivel operatorio del sujeto, del contenido que se intenta asimilar.

Las conductas de tipo j se aprecian exclusivamente en niveles operatorios, donde es posible, gracias a las operaciones mentales, realizar inversiones y reciprocidades y, sobre todo, en el nivel formal donde las posibles transformaciones reales están integradas en un sistema más amplio de transformaciones posibles y virtuales.

5

Planteamientos neopiagetianos ligados al procesamiento de la información.

Es un hecho constatable que a pesar de las críticas recibidas durante más de 60 años, Piaget es el autor más citado (Carretero, 1983, p. 208) y su teoría, a pesar de presentar puntos débiles, posee grandes cualidades relativas a la descripción de pautas generales e invariantes del desarrollo cognoscitivo, que ha llevado a numerosos autores a proponer nuevos enfoques para precisar, profundizar, mejorar y reformular la dirección marcada por Piaget (Vuyk, 1985, p. 567; Carretero, 1983, p. 223) y que de algún modo, consiguen paliar las deficiencias piagetianas.

Esta continuidad de la obra piagetiana ha sido especialmente fructífera al insertarse en su seno constructos, procedimientos y métodos inspirados en la psicología del procesamiento de la información (Vuyk, 1985, p. 570; Carretero, 1983; Rodríguez López, 1983). Es por ello, que se va a hacer una breve revisión a estas teorías en relación con la propia de Piaget, como complemento de ésta.

Señala Rodríguez López (1983) que existen dos modos de proceder en la corriente psicológica que utiliza el procesamiento de la información en un ordenador a nivel de software, como símil de la actividad mental: el fuerte (IA=inteligencia artificial), donde se pretende construir programas que simulen comportamientos inteligentes y, el débil (S=simulación), donde el símil permite configurar hipótesis, pero sin perder de vista el propio sistema cognoscitivo humano. Mientras la simulación se ciñe más a

datos empíricos tomados del comportamiento inteligente, la inteligencia artificial resuelve tareas sin que los algoritmos sean necesariamente propios del sistema cognoscitivo.

Las teorías del procesamiento de la información permiten un análisis ontogenético de gran resolución. Así, mientras la teoría de Piaget permite analizar el macrodesarrollo, las teorías de procesamiento permiten analizar el microdesarrollo en tareas y procesos específicos (Rodríguez López, 1983, p.238).

Las aportaciones de la psicología del procesamiento de la información en su versión débil, a la psicología evolutiva de Piaget han dado como consecuencia dos interesantes teorías neopiagetianas: la de Pascual-Leone y la de Case (Carretero, 1983), que se describen brevemente:

5.1 Teoría de los operadores constructivos de Pascual-Leone

Para posicionarnos adecuadamente en el punto de vista de Pascual-Leone, se exponen algunas críticas de este autor relativas al carácter descriptivo y estático de la teoría piagetiana: ésta teoría es de carácter puramente estructural ya que es incapaz de representar explícitamente paso a paso el despliegue temporal de la conducta del sujeto, a diferencia de las teorías de proceso estructural que tratan de simular en un lenguaje metasubjetivo el mecanismo cognoscitivo del sujeto paso a paso (Pascual-Leone, 1979, p. 218); en este sentido, señala dos deficiencias en la teoría piagetiana: a) intentar convertir los modelos descriptivos-estructurales de la equilibración en causa de otro modelo descriptivo-estructural como es el de los estadios, cuando en realidad ambos coexisten como aspectos estructurales de los datos básicos y, b) convertir los modelos de estadios en determinantes causales de la actuación del sujeto (Pascual-Leone, 1983, p. 374). Para salvar estas deficiencias es necesario introducir factores independientes de la situación, los operadores constructivos, que son admitidos por la escuela de Ginebra a través de los confusos mecanismos de regulación (p. 375).

La teoría de los operadores constructivos (TOC), se puede resumir utilizando tres conjuntos de nociones: la noción piagetiana de esquema, la de campo de activación y la de activadores de esquemas, es decir, metaconstructos que aplicados a los esquemas incrementan su grado de activación (Pascual-Leone, 1979, p. 220). Aunque Pascual-Leone no lo explicita, al apoyarse en la noción de esquema, lo está haciendo en otros mecanismos cognoscitivos propuestos por Piaget, como la asimilación, la acomodación y la equilibración.

Si bien es cierto que Pascual-Leone da pautas concretas, utilizando los metaconstructos, para explicar de un modo pormenorizado cómo se produce, por ejemplo, la asimilación. Como se verá más adelante también asume la noción de estadio, pero superando su defecto principal, a saber, los desfases que son explicados a través de la TOC, como se verá posteriormente.

Para Pascual-Leone los constructos específicos de su teoría son los esquemas, que son definidos como un par ordenado de componentes: uno desencadenante, que se activa con la entrada y, otro afector, cuando la función del esquema es la producción de una respuesta (p. 221). El campo de activación sería el conjunto de esquemas activados por una entrada, si bien no todos tendrán la misma capacidad asimiladora, ya que dependerá de la labor catalizadora de los metaconstructos, que serán los que determinen la fuerza asimiladora de los esquemas activados, de modo que algunos quedarán inhibidos y otros serán los que produzcan la actuación del sujeto (p. 224).

Pascual-Leone propone siete metaconstructos (pp. 224-227): los operadores de aprendizaje C y L que explican, respectivamente, la modificación de los esquemas individuales en función de la experiencia (dependientes del contenido) y la noción de aprendizaje relacional y/o estructural, y se refieren a las nociones piagetianas de diferenciación y de asimilación recíproca de esquemas.

El operador A que es un factor afectivo que matiza la fuerza asimiladora de los esquemas cognitivos, y puede estar ligado al propio contenido de la situación, o bien ser independiente de ésta como motivación general. El principio SOP o principio de sobre-determinación esquemática de la actuación, que configura el grupo de esquemas dominantes o más altamente activados que determinan la conducta del sujeto.

El operador I que permite inhibir determinados esquemas del campo de activación que son irrelevantes para la ejecución de un plan. Finalmente los operadores F y M que dada su importancia en la resolución de tareas cognitivas, se les dedica una mayor atención:

El operador F permite que el metasujeto humano no se vea desbordado en la búsqueda de la solución de un problema, como los ordenadores cuando no existe una solución preprogramada, y marque el cierre de una actuación inducida externa o internamente (p. 226). Este operador está inspirado en la noción de estilo cognoscitivo desarrollada por Witkin y colaboradores y está relacionado con la noción piagetiana de "efecto de campo". Determina la importancia de los elementos figurativos de un problema al inducir la activación de esquemas que no son los pertinentes para llegar a la solución correcta, esto hace que un dependiente de campo resuelva peor que un independiente una tarea piagetiana configurada por aspectos figurativos engañosos, lo que puede ser explicado, señalando que el operador F interviene en el dependiente produciendo un deficiente procesamiento de la información, ya que no utiliza todo el espacio mental M (Carretero, 1983, p. 220). Se ha demostrado que la presencia de este factor explica las diferencias individuales,

cuando resulta tan difícil hacerlo en un contexto piagetiano.

El operador M constituye una explicación del "campo de centración" de Piaget y funcionalmente es equivalente en algunos aspectos a la noción de atención mental, memoria de trabajo, almacén a corto plazo o procesador inmediato y puede definirse de dos modos: a) como una cantidad limitada de energía mental a utilizar para activar los esquemas relevantes de una tarea o, b) como una especie de memoria en la que pueden colocarse los esquemas relevantes para la tarea no activados directamente por la entrada (Pascual-Leone, 1979, p. 224).

CUADRO DE TEXTO 1
ANÁLISIS DIMENSIONAL DE LAS TAREAS DE CONSERVACIÓN

Las tareas piagetianas de conservación poseen formalmente la misma estructura operatoria: una de las dos bolas a y b inicialmente iguales se transforma en b' ¿serán iguales a y b' para cada factor (cantidad de materia, peso y volumen)?.

Así, a la conservación de la cantidad de sustancia se puede llegar por varias estrategias, la habitual de identidad-reversibilidad requiere, además de la dimensión ejecutiva e, por la cual se estima que la bola inicial es igual a la deformada, tres dimensiones más:

a) relación entre las bolas iniciales,

b) transformación realizada y,

c) tipo de transformación que preserva la cantidad frente al cambio (esto presupone una representación de la sustancia como un agregado de partículas, definidas cada una por una cantidad invariante de masa superficie).

En el caso de la conservación del peso precisa una cuarta dimensión:

d) representación de la materia como un agregado de partículas de masa superficie, dotadas de peso, de forma que la suma de pesos de éstas da el peso del objeto, y una dimensión ejecutiva distinta: anticipar el equilibrio de la balanza, si a y b' pesan lo mismo.

Finalmente, la conservación del volumen requiere una quinta dimensión:

e) regla que establece que si un objeto se mete en agua su tendencia a hundirse depende del peso, pero el agua desplazada se debe al volumen, y una dimensión ejecutiva que consiste en establecer qué objeto elevará más el nivel del agua.

Pascual-Leone hace un análisis de las tareas piagetianas relevantes, seriadas en secuencias genético-epistemológicas (ver cuadro de texto 1), en términos del número mínimo de dimensiones semánticas organísmicamente distintas que es preciso considerar a un tiempo para resolver el problema (dimensionalidad) (Pascual-Leone, 1983, p. 368), llegando a la conclusión de que el crecimiento de la dimensionalidad de las tareas es la expresión de un factor del organismo independiente de la situación cuya capacidad aumenta con la edad, el operador M (p. 371), de forma que, considerando que su capacidad aumenta en una unidad cada año, la secuencia de los estadios de Piaget se explica como una característica numérica de este operador (Pascual-Leone, 1979, p. 224).

Considerando que e representa la cantidad de espacio M o atención mental necesaria para sostener los esquemas ejecutivos y los esquemas de instrucción de la tarea, que se desarrollan durante los dos primeros años de vida y constituye un invariante del desarrollo, e+1 sería la capacidad máxima de M en el nivel preoperacional temprano (3-4 años), e+2 corresponde al final del nivel preoperacional (5-6 años), e+3 a los comienzos de las operaciones concretas (7-8 años), e+4 al final de operaciones concretas (9-10 años), e+5 al nivel introductorio del nivel de operaciones formales (11-12 años), e+6 al nivel inicial de operaciones formales (13-14 años) y e+7 al nivel tardío de operaciones formales (15-adulto).

El operador M también permite explicar los desfases horizontales de la teoría de Piaget, si se tiene en cuenta que diversas tareas correspondientes a la misma estructura operatoria pueden diferir en el número de esquemas coordinados que exigen su solución (Rodríguez López, 1983, p. 235).

5.2 La teoría de los automatismos de Case

El trabajo de Case se basó hasta 1978 en el de Pascual-Leone, a partir de entonces mantiene una postura un tanto diferente (Carretero, 1983, p. 208); al igual que Pascual-Leone, reconoce la existencia de una memoria de trabajo central, pero la capacidad de ésta no cambia con la edad, de forma que el incremento observado de cada estadio es debido a un decremento en la capacidad requerida para ejecutar las estrategias características de cada fase, gracias a un creciente automatismo en la ejecución de las operaciones básicas de las estrategias (Rodríguez López, 1983, p. 235).

Case (1984, p. 341), aprecia, como otros autores, que la teoría piagetiana presenta algunas deficiencias, tales como: a) no explican los desfases ni el efecto del aprendizaje y, b) no se dan definiciones operativas de los estadios. Para resolver estos problemas propone una nueva teoría que tenga en cuenta lo ya explicado por Piaget y salve los inconvenientes señalados; para ello, fundamenta sus postulados en dos ideas básicas piagetianas como son la existencia de cuatro niveles de operaciones básicas, las descritas por Piaget y el hecho de que una operación de un nivel necesita del ensamblaje de componentes consolidados en el nivel anterior.

Otros postulados de su teoría son: 1. las estructuras intelectuales pueden representarse por conjuntos de estrategias ejecutivas, 2. la adquisión y aplicación de una estrategia ejecutiva requiere un espacio en el almacén de corto plazo, 3. el espacio en el almacén de corto plazo aumenta con la edad, 4. las operaciones se vuelven más eficientes en el tiempo y requieren menos espacio para ejecutarse y, 5. la mejora en la eficiencia operacional se debe a la maduración del sistema neuronal.

Considera Case que, la evolución intraestadio se debe a que: a) las operaciones básicas se incluyen en estrategias de complejidad creciente; b) la adicción de un bucle a una estrategia requiere la mediación activa de la atención del niño; c) el paso de un subestadio a otro requiere un aumento en la capacidad de atención o en el almacén a corto plazo y, d) la continuada exposición a una situación concreta, de forma que se vea afectada la frecuencia, la prominencia de los indicios y la correspondencia evolutiva de la tarea con el nivel del niño (p. 350).

Para explicar los cambios evolutivos de la memoria a corto plazo divide el espacio para el procesamiento de información (ETP) en dos partes: espacio requerido para ejecutar las operaciones básicas (EOP) y, el propio almacén a corto plazo (ACP) o espacio disponible para almacenar los productos de las operaciones durante breves períodos de tiempo, de forma que ETP=EOP+ACP.

ETP no cambia con la edad, sólo el espacio necesario para operar (EOP) es cada vez menor ya que hay mayor eficiencia operatoria y, por tanto, ACP es cada vez mayor, esto permite una creciente complejidad en la utilización de estrategias. Los cambios en la eficiencia operacional responden a la maduración neuronal y son relativamente independientes de la experiencia específica. La eficiencia de las estrategias permanece relativamente constante durante largos períodos de tiempo y, luego, experimenta un cambio rápido al añadir o reordenar un nuevo componente (p. 351).

Case señala que la secuencia invariante del desarrollo intelectual, la semejanza de las normas de edad para diversos dominios físicos y el fenómeno de la disponibilidad, se explican del mismo modo en ambas teorías, pero las nociones utilizadas por uno y otro son un tanto diferentes: operaciones mentales y estructura lógica en el primero y espacio ACP y procesamiento de la información en el segundo (p. 360-361).

Sin embargo, resulta difícil explicar por la teoría de Piaget algunos extremos como:

1. La baja correlación entre tareas de igual estructura lógica y diferente contenido, Case señala que la existencia de una determinada capacidad de procesamiento es un requisito necesario pero no suficiente, ya que además, los niños necesitan poseer una buena cantidad de experiencia relevante que les induzca a centrarse sobre los aspectos significativos de la tarea, y esto varía de un niño a otro (p.361).
2. La existencia de amplias diferencias respecto a la edad en la que se resuelven tareas con semejante estructura lógica, Case señala para este caso que dichas tareas pueden diferir en el espacio que ocupan en ACP, en la frecuencia con que se ha producido en el entorno natural y en la dificultad inherente a las operaciones básicas que es preciso utilizar y,
3. La existencia de importantes efectos de aprendizaje. En la teoría de Case se puede esperar aprendizaje del hecho de que el niño haya desarrollado el espacio de ACP requerido o cuando exista algún procedimiento en el proceso de aprendizaje que reduzca la demanda de ACP (p. 361).

Señala Case que la noción de estrategia intelectual cumple la misma función que la de estructura lógica en la teoría de Piaget, pero es mucho más fácil de operativizar y medir, y que el proceso de equilibración queda liberado de la pesada carga de ser el único mecanismo evolutivo de un estadio a otro, ya que se especifican varios procesos posibles con el requisito común de utilizar de un modo activo la atención (p. 362).

Finalmente Case admite que su teoría comparte un problema con la de Piaget: el del análisis de tareas.

5.3 Comentarios acerca de los neopiagetianos

Con estas exposiciones se comprueba que la concepción piagetiana ha ejercido una influencia enormemente fructífera en el dominio de la Psicología Evolutiva, entre otras razones, porque ha generado posiciones que más que falsarla lo que han tratado es de ampliarla y precisarla, incluyendo en ella nuevos constructos, procedimientos más precisos de análisis de tareas y aspectos totalmente ignorados hasta la fecha, como es el estudio de las diferencias individuales (Carretero, 1983, p. 223).

En general, la secuencia invariable de la evolución cognoscitiva, la caracterización descriptiva de los estadios, la noción de esquema, estructura cognoscitiva, y por tanto, la de asimilación y acomodación, la descripción de la equilibración como un mecanismo explicativo de las transiciones evolutivas, son en mayor o menor medida asumidas por los neopiagetianos, si bien es necesario constatar que estos han ganado en detalle en el análisis de las tareas y en los mecanismos cognoscitivos que se ponen en juego en la resolución de éstas, además han introducido nuevos constructos que permiten explicar algunas entidades del entramado conceptual piagetiano, como son los metaconstructos de Pascual-Leone o el funcionamiento pormenorizado del almacén a corto plazo de Case.

Examinados en profundidad los datos básicos y los métodos de Piaget, indican que los estadios y la equilibración son modelos descriptivos aproximativos válidos, pero su falta de representaciones, paso a paso, los hacen demasiados globales o imposibles de aplicar para muchos objetivos (Pascual-Leone, 1983, p. 379). El mérito de Piaget es destacar los dos aspectos descriptivos-estructurales más importantes de los datos y su interrelación (p. 374).

Pascual-Leone (1983, p. 390) propone nuevos métodos para estudiar los estadios y la equilibración, teniendo en cuenta cuatro aspectos en la toma de datos: 1. los diseños piagetianos, 2. la manipulación experimental (variación) de los tipos de tareas, 3. el control de las diferencias humanas y 4. el uso de un método constructivo-racionalista para diseñar o elegir los tipos de tareas y sujetos. Esta metodología podría eliminar las barreras de datos básicos y los perjuicios teóricos que separan, en el campo de la psicología evolutiva, a piagetianos y estudiosos del procesamiento de la información-IA.

Finalmente decir que el entramado conceptual piagetiano, a pesar de su "carácter descriptivo y demasiado global", puede ser muy útil para acercar el punto de vista del docente de Ciencias, inicialmente centrado en el contenido de enseñanza debido a su formación universitaria, al de la cognición del alumno, para una mejor comprensión de los modos de aprender éste.

6

Un modelo para aglutinar las tendencias específicas y generales de la cognición del alumno

Después de la revisión piagetiana, de la aproximación analítica de su validez y de los puntos de vista neopiagetianos, hay algo del modo de proceder piagetiano que es realmente cautivador, así, ante los ojos atónitos del lector van surgiendo paulatinamente, parsimoniosamente, coherentemente distintas estructuras de pensamiento provenientes de sencillas interacciones del sujeto con su medio, paso a paso, casi sin solución de continuidad, toscas acciones del sujeto con los objetos como desplazar, empujar, sostener..., son convertidas en nociones como velocidad, fuerza, peso..., en contraste con el retorcido estilo con que expresa sus ideas, se deja entrever esta genial metamorfosis acción-pensamiento. Si como Pascual-Leone afirma, Piaget no explica paso a paso la actividad mental del sujeto para resolver una tarea, si bien se admite esto como cierto, al menos sí que lo hace para la génesis y evolución del conocimiento, y es ahí donde consigue relaciones paso a paso.

6.1 La teoría de Piaget es poco sensible al contenido específico de la tarea

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 que a él pertenecen.

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).

Las divergencias individuales respecto a este sistema de categorización, dominantemente 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 el de que "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 de discurso" (Piaget, 1978a, p. 15), si bien, en ningún momento deja claro el por qué 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 Piaget (1977c, p.17) propone 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 llegan a dar las relaciones de inclusión (Piaget e Inhelder, 1976, p.310) o en cómo el sujeto formal llega a controlar variables "dejando constante el resto" (Inhelder y Piaget, 1972, p. 64, p.242).

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 divergen 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 se incidirá de manera exhaustiva o demostrativa en este particular sino a título de ver los distintos enfoques y tratamientos que se le dan sobre los desfases.

Tras un análisis correlacional, se mostró 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, presentaban correlación alta, lo que sugiere considerar los desfases más como una regla que como una excepción (Niaz, 1991a). 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, 1983, 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, además lleva a cabo una replica de 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 De Vechi, 1987, p 83; Carretero, 1983, p. 214; Marín, 1990; 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 denominar interestadio, dejando el término intraestadio 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 Gillièron (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 primordialmente un problema de relación entre contenido y forma.

Esta visión conciliadora de Gillièron 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 e Inhelder, 1971).

El mismo Piaget señaló el hecho de que las operaciones concretas no son generalizables de inmediato a todos los contenidos, explicando ésto por la mayor 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 por qué 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).

6.2 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 semejantes, se centran en que ambos deben 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.

Se presentan a continuación 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 nosotros:

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 sólo 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 utilizada de la primera conservación (longitud) 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, después se le modifica la forma a una de éllas, a la vez que se le pide al niño, para cada transformación figurativa, que explique bajo qué forma la cantidad puesta en juego es mayor, menor o igual.

   Se encuentra 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. Así, para niveles operacionales inferiores al formal se aprecian reacciones preoperacionales en la resolución de la tarea del volumen, mientras que sujetos operacionales para la cantidad de plastilina son preoperacionales para el peso.
3. La última comparación realizada 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 nosotros 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 sobre el periodo, las variables longitud del hilo, peso que pende e impulso inicial. 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.

   En esta experiencia, se han utilizado los datos piagetianos para diseñar una prueba de opciones múltiples con una serie de 6 items de opciones múltiples por cada experimento (2 items del nivel 2A, 2 del nivel 2B y 2 del nivel formal), previamente validados tras reiteradas administraciones; desempeñando la función de distractores las respuestas incorrectas que los niños dan en el curso de la entrevista clínica piagetiana. Se presenta la tabla de frecuencias obtenida después de aplicar los items sobre una muestra de 482 alumnos (95 de 5º de E.G.B, 132 de 6º, 136 de 7º y 119 de 8º):

Nº de items	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.

Por otro lado, el análisis de más de una veintena de experimentos piagetianos (Marín, 1985b) pone de manifiesto que, estructuralmente, las tareas piagetianas poseen gran similitud, de modo que siempre están referidas a una situación física, que 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 estructuradas del siguiente modo:

- 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 en las que la actividad gira en torno a clasificaciones y seriaciones.
- Intervienen un conjunto de variables físicas que son las que provocan o sufren las transformaciones.
- Se opera de dos modos bien diferenciados: modificando la presentación perceptiva o figurativa de los datos empíricos o modificando estructuralmente la tarea en orden de una mayor complejidad de 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 mientras que las variables físicas permanecen constantes. Por el contrario en la última, de una tarea a otra cambian tanto las variables físicas como el aspecto figurativo.

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 además 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 3º) son más críticos en la medida en que ponen de manifiesto cierto grado de dependencia de las operaciones mentales con las variables físicas puestas en juego. Así en el tercer 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 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 éstas son sensibles al aspecto figurativo y a 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.

6.3 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, frecuentemente se ha llevado a cabo 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, de forma 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, su aspecto sincrético 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 también participan en las operaciones mentales del sujeto.

Ahora bien, las concepciones poseen algunas características que las hacen atrayentes para ser consideradas las entidades cognoscitivas sensibles al contenido referidas en las conclusiones del apartado anterior (§ 2.5.2) y que son perfectamente diferenciables de las operaciones mentales, en efecto:

- La mayoría de sus características figurativas, unidireccionales, causalmente contiguas y 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 sensibles al contenido.
- Son muy persistentes al cambio promovido por un proceso de enseñanza 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 dicha estructura, en los que 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 el 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).

El punto de vista que se intenta mantener es el de postular la existencia de nuevos elementos en la estructura cognoscitiva, a los que denominaremos cognofísicos, que junto a las operaciones mentales y los instrumentos figurativos de la estructura cognoscitiva, y por interconexiones adecuadas entre ellos, originan la mayoría de las concepciones espontáneas ligadas al dominio de la Física.

El término cognofísico se justifica, al igual que las operaciones mentales, para evocar un determinado elemento perteneciente a la estructura cognoscitiva (cogno-) cuya génesis estaría ligada a las interacciones físicas del sujeto con su medio físico (-físico). Aunque pueda parecerlo, el cognofísico no tiene por qué 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, 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 ejercita, los cognofísicos se van forjando como modelos cognoscitivos de la actuación física de los objetos y del propio sujeto sobre éstos.

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 empírica, permite el descubrimiento de los hechos y leyes, la segunda, la abstracción refleja, que genera las operaciones mentales (Piaget y García, 1973, pp. 24-25).

La abstracción empírica aporta una conceptualización en cierto modo descriptiva de los observables, y la refleja 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 empírica, 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, se ha indicado que normalmente el sujeto presenta concepciones que poseen

características preoperatorias, por tanto, no hay indicio 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.

Los cognofísicos ponen de manifiesto una importante cualidad: 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, 1980a, 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 tipos de previsiones. Trabajos en los que se aprecian anticipaciones en el nivel preoperacional confirman de algún modo este postulado (Vuyk, 1985, p. 415-416).

Se ha indicado que el cognofísico se genera por la interacción física del sujeto con su medio, es por ello que su génesis es principalmente individual. Al igual que las operaciones, son muy semejantes entre individuos, 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 su continua repetición 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 exigen 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.

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 con la consecuencia externa de 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 denominada cognofísico, hay que señalar que la respuesta de un individuo a una determinada tarea se debe a la combinación de varios tipos de elementos pertenecientes a la estructura cognoscitiva, unos de carácter dinámico con capacidad transformadora, operaciones y cognofísicos, y otros 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. Así, el sujeto utilizando sus cognofísicos, sus operaciones mentales y elementos de tipo estático, configura un modelo mecánico, una previsión, una relación causal... que le permitirá realizar una acción específica, una explicación, una anticipación...

6.4 Explicación de los desfases

No hay que olvidar que estamos situados en un plano hipotético que sería necesario confirmar. Pero mientras tanto, el modelo cognoscitivo propuesto habrá que considerarlo como una hipótesis plausible en la medida que explica de un modo bastante plausible los desfases, sin dejar el sistema de referencia tan valioso que 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 dé el proceso de asimilación de determinados cognofísicos a los esquemas operatorios, formándose consecuentemente un nuevo estrato.

Una variable física perteneciente al grupo de las asociadas a un cognofísico, no puede ser estructurada operatoriamente hasta que el cognofísico sea 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 las que el sujeto perteneciente 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 realmente novedoso en este nivel, es la capacidad de realizar operaciones hipotético-deductivas que permiten procesar los datos empíricos de modo superior a como se hace en el nivel anterior.

Es 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, como pudiera ser la adquisición cognoscitiva debida a procesos de enseñanza-aprendizaje.

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.

7

Experimentos piagetianos

A lo largo de los primeros 4 capítulos se ha hecho referencia a una serie de experimentos realizados por Piaget, bien para apreciar el punto de vista del alumno, para enfatizar algún aspecto metodológico relativo al tratamiento de los datos que aporta el sujeto o para ilustrar alguna de sus capacidades procesuales.

En este apartado, exponemos los resúmenes de un total de 30 experimentos realizados por Piaget y sus colaboradores, a fin de que el lector pueda apreciar de un modo concreto, cómo se ponen de manifiesto ante una diversidad de situaciones, las distintas capacidades cognoscitivas del alumno.

Además, estos experimentos pueden ser de suma utilidad al docente que intenta diseñar actividades para favorecer, sobre todo, contenidos procesuales.

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, 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 entre estadios.

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

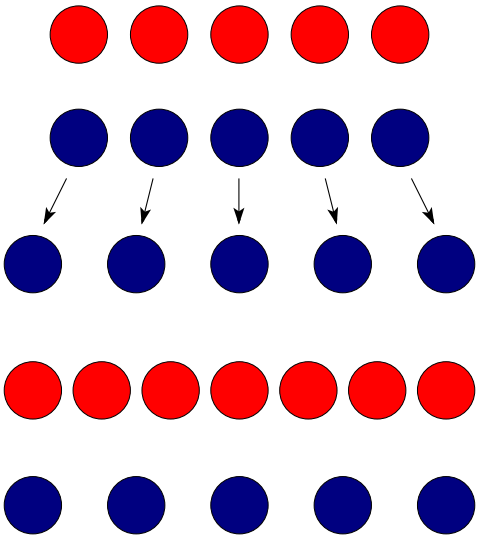
otros, el problema planteado queda lejos de ser resuelto, o es demasiado evidente para los niños, por lo que se ha centrado la atención en los niveles cuyas respuestas son más significativas.

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, no 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.

Experimento nº 1: LA OBSERVACIÓN (I)

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



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

NIVEL I

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

NIVEL IIA

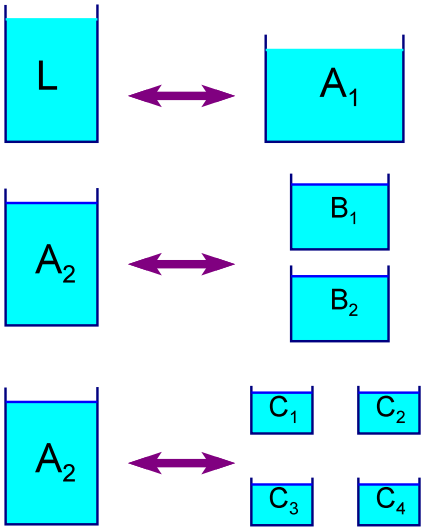
El niño ya sabe copiar la fila modelo realizada por el experimentador, procurando que su fila esté enfrentada término a término con éste; se trata pues de una simple construcción perceptiva. Pero cuando la distancia entre fichas se altera, bien acortándola o bien ampliándola, y desaparece toda coordinación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

NIVEL IIIA

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

Experimento nº 2: LA OBSERVACIÓN (II)

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



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

NIVEL IA

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

NIVEL IB

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

NIVEL IIA

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

Experimento nº 3: LA OBSERVACIÓN (III)

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



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

NIVEL I

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

NIVEL IIA

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

NIVEL IIB

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

Experimento nº 4: LA OBSERVACIÓN (IV)

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

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

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

NIVEL IIA

La mayor parte de los sujetos de este nivel siguen con la mirada el extremo de la barra que se desplaza, sin ocuparse del retroceso progresivo del otro extremo, y juzgan de este modo como más larga ésta, algo natural si tenemos en cuenta que en estos niveles el desplazamiento es concebido como un simple cambio de orden. Ahora bien, si se centran en el extremo adentrado, ven la barra más pequeña. Algo similar ocurre para evaluar el camino recorrido que tan sólo se hace por el orden de llegada de los móviles, sin referencia a los puntos de partida y a los intervalos comprendidos entre ellos. Todo parece indicar que existe ausencia de un sistema de referencia independiente de los móviles.

NIVEL IIB

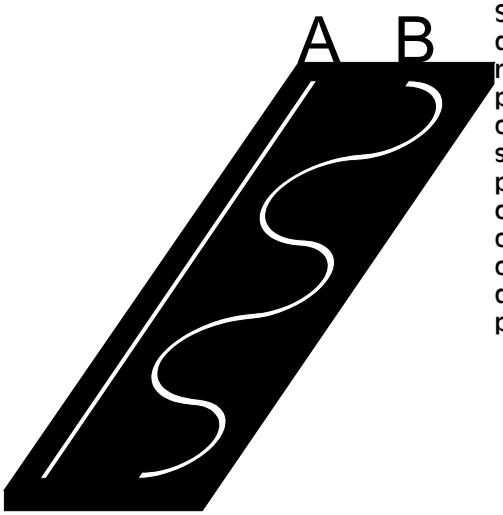
Se parte de posiciones no conservadoras, pero después de regulaciones perceptivas, debido a la manipulación, se orientan en el sentido de la igualdad. Por ejemplo, la no igualdad de las barras se atenúa cuando éstas son de tamaño superior y el avance es de 1 a 2cm, pero vuelven al comienzo si se avanza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

NIVEL III

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

Experimento nº 5: LA OBSERVACIÓN (V)

LA GEOMETRIE SPONTANEE DE L'ENFANT (1948), P.U.F., PARIS, 1948, pp141-55



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

NIVEL IA

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

NIVEL IB

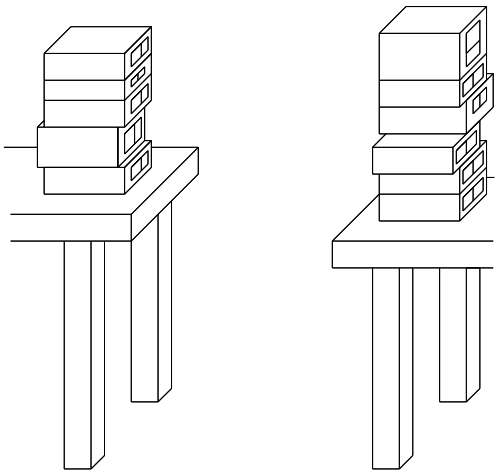
Los sujetos de este nivel, si bien comienzan reaccionando como los del nivel anterior, después de pasar el dedo por los hilos, al ser preguntados por el camino que es más largo para recorrer o por otro tipo de constataciones, consideran la línea ondulada como más larga. Sin embargo este juicio no lo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

NIVEL IIA

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

Experimento nº 6: MEDICIÓN ESPONTANEA

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



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

NIVEL IA

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

NIVEL IB

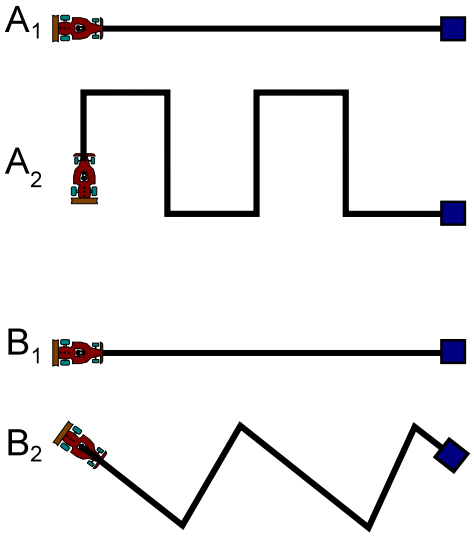
La confianza del sujeto de este nivel por su capacidad visual comienza a declinar a favor de algunas evidencias tales como el desnivel de las mesas y las alturas diferentes de las torres. Los intentos más toscos consisten en acercar las mesas para comparar las torres; reacciones más aventajadas utilizan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

NIVEL IIA

Mientras que en el nivel anterior el objeto intermedio debía ser mayor o igual a la torre modelo para que pudiera servir, en este nivel se descubre que un objeto más pequeño que la torre también sirve cubriendo dicha altura aplicando repetidas veces y de forma contigua el objeto. Esta reacción implica la utilización de operaciones recién adquiridas: partición de la altura de la torre modelo (A) según el largo de un objeto tomado como unidad: (B1=B2=B3...), adición de las partes para conservar la altura de la torre modelo (B=B1+B2+B3+...), finalmente, compara las torres a través de la operación transitiva (si A=B y B=C entonces A=C siendo B el objeto intermedio y C la torre del niño).

Experimento nº 7: MEDICIÓN DEL CAMINO RECORRIDO

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



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

NIVEL IA

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

NIVEL IB

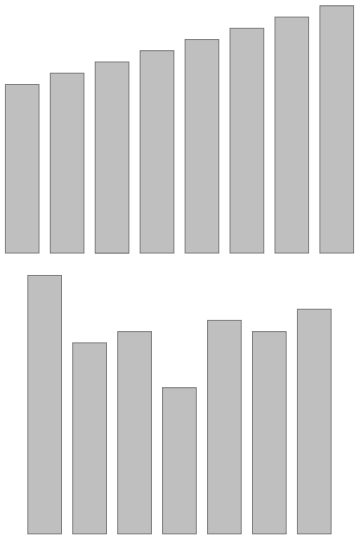
Comienzan reaccionando como los sujetos del nivel IA, pero después de las constataciones experimentales en las dos primeras cuestiones, el niño comprende que el camino recorrido no corresponde con la posición paralela de los coches y trata de recorrer más distancia que el experimentador. Desprovisto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

NIVEL IIA

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

Experimento nº 8: SERIACIÓN DE PALILLOS

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



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

NIVEL IA

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

NIVEL IB

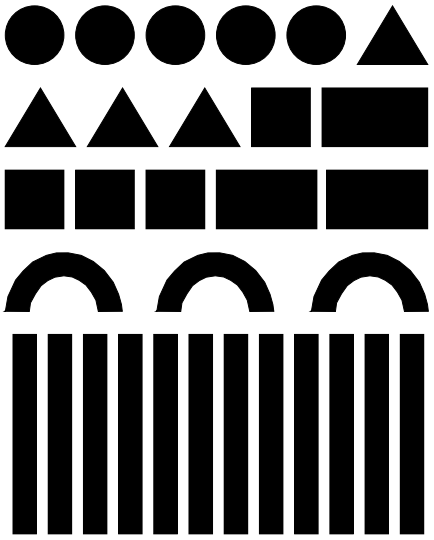
Después de algunos tanteos equivocados, el niño es capaz de disponer los palillos en serie (ABCDEFGHIK), a pesar de esto, no consigue intercalar los nuevos palillos sino después de algunos errores y vacilaciones, lo que demuestra que estas reacciones son fruto de reglajes intuitivos, ya que no posee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

NIVEL IIA

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

Experimento nº 9: CLASIFICACIÓN DE OBJETOS

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



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

NIVEL IA

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

NIVEL IB

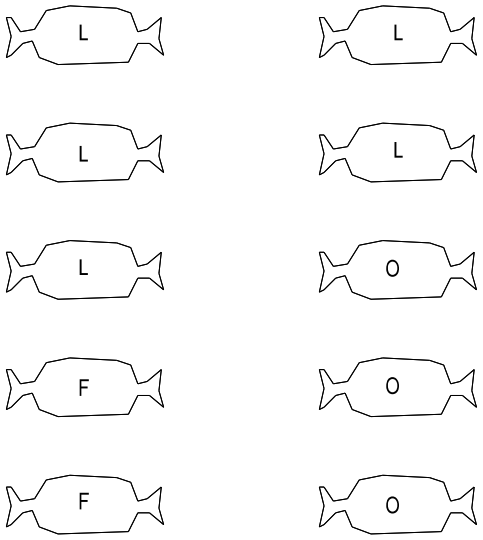
Clasifica el 2º grupo de objetos sólo por criterios figurativos (color, forma), en cuadrados (B) y círculos (B'), subdividiendo estos a su vez según el color:B en rojos (A) y azules (A') y B' en D y D', de modo que todos y cada uno de los elementos se pueden localizar en un subconjunto, que sólo contiene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

NIVEL II

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

Experimento nº 10: CUANTIFICACIÓN DE CLASES

APRENDIZAJE Y ESTRUCTURAS DEL CONOCIMIENTO (INHELDER y col., 1974), MORATA, 1975, pp 214-242



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

NIVEL IA

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

NIVEL IB

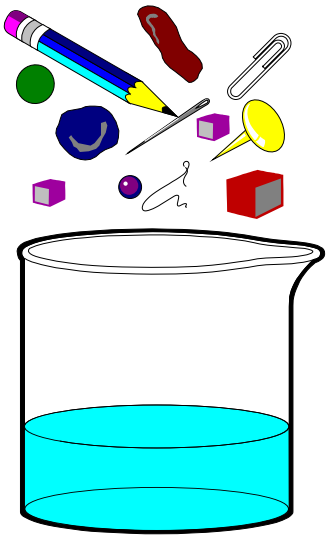
Se aprecian algunos avances respecto a IA, p.e. se comprende que un aumento de la subclase L debe llevar una disminución de la subclase F; algunos afirman: "si doy más L tengo que dar menos F para que no se enfaden", sin embargo, esta compensación es sólo cualitativa, porque el sujeto no llega a construir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

NIVEL IIA

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

Experimento nº 11: CLASIFICACIÓN DE CUERPOS SEGÚN FLOTEN O SE HUNDAN

DE LA LÓGICA DEL NIÑO A LA DEL ADOLESCENTE (1955), PAIDOS, BUENOS AIRES, 1972, pp 28-48



Además de varios recipientes con agua se provee al sujeto de diversos objetos como trozos de madera, alambre, agujas, hilo de cobre, piedras, barcos y patos de juguete, pedazos de vela, bolas de madera, fósforos, papel, clavos, broches, peces, corchos, botellas de agua, plomos, cubos de madera, y cuerpos de hierro y plástico de varias formas geométricas. Se le solicita que los clasifique según floten o no en el agua, seguidamente se le pide que aclare para cada uno de los objetos las razones de su clasificación. Luego el niño realiza la experiencia, para ello dispone de uno o varios recipientes de agua, por último se les solicita que resuman los resultados observados para que formulen la ley.

NIVEL I

Aunque saben los niños de nivel IA que existen cuerpos que flotan y que no flotan, son incapaces de dar una respuesta acertada. A falta de cualquier tipo de criterio medianamente satisfactorio para clasificar los objetos según el criterio de flotación, realizan esta operación en base a las reacciones observadas con los objetos presentes, lo que les lleva a continuas contradicciones frente a las que no muestra ninguna extrañeza. En el nivel IB a pesar de seguir sin poseer un criterio clasificador adecuado, en su intento de no dar respuestas contradictorias, crean subclases en donde habrán objetos que están en más de una clase, lo que les complica aún más su tarea clasificatoria.

NIVEL II

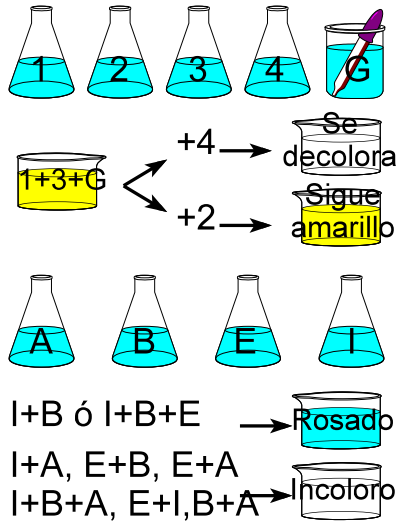
Se intentan resolver los problemas derivados de un mal criterio clasificatorio (p.e. los objetos grandes se hunden y los pequeños flotan) relacionando el peso del objeto con el volumen del recipiente y no con el de él mismo. Tras ciertos tanteos intuye que la composición (comprensión) del objeto es lo que hace que se hunda o no (concepción intuitiva de peso específico), desechando la relación anterior. La conservación del peso le lleva al niño del nivel IIB a pensar que si un cuerpo se hunde es porque está compuesto de materia pesada, lo que le dificulta para comprender que un objeto grande no se hunda ("no se hunde porque están llenos de aire"). No llegan a relacionar el peso y el volumen.

NIVEL III

Las "hipótesis primitivas" (inferencias inductivas ad hoc) de niveles anteriores se superan realizando todas las combinaciones posibles entre los factores que creen intervienen en el problema, ponen en juego uno cada vez para emitir hipótesis que ya no tienen por qué estar relacionadas con datos observables (imaginan el volumen de agua igual al del objeto comparado); después intentan confirmar éstas con experimentos. Disocian peso y volumen llegando al concepto de densidad que les permite dar explicaciones unificadas a los problemas clasificatorios. En IIIB se busca de forma espontánea una unidad métrica para la densidad a través de reducir los distintos materiales a cubos imaginarios.

Experimento nº 12: COMBINACIONES DE CUERPOS QUÍMICOS

DE LA LÓGICA DEL NIÑO A LA DEL ADOLESCENTE (1955), PAIDOS,BUENOS AIRES, 1972, pp 97-108



Se hace una primera prueba con ácido sulfúrico diluido (1), agua (2), agua oxigenada (3), tiosulfato (4) y yoduro de potasio (g). La combinación 1+3+g da amarillo y si se le echa 4 se decolora; 2 no tiene ningún efecto. Se presenta un vaso al niño con 1+3 y otro con 2, vertiendo seguidamente unas gotas de g en cada vaso, se le hace notar los dos colores que se obtienen. Entonces se le pide que reproduzca el color amarillo haciendo las mezclas que considere oportunas. En una segunda prueba contamos con ácido sulfúrico=A, sosa cáustica=B, agua=E y fenolftaleína con agua=I. IxB e IxBxE da rosado y IxA, ExB, ExA, IxBxA, ExI y BxA no dan color. Se trata de encontrar el color rosa mezclando 2, 3 ó 4 sustancias.

NIVEL I

En el nivel preoperatorio el niño asocia los elementos dos a dos realizando dichas asociaciones totalmente al azar. No hace pruebas ni formula hipótesis. La aparición de colores son explicados por simple fenomenismo o por otras formas de causalidad prelógica: reemplazan o completan lo real mediante representaciones imaginarias, "el color es algo que sale del agua", o bien, el agua es la que se transforma ya que puede irse "al fondo", "achatarse" hasta volverse invisible, "volar" a un frasco que se halla a un metro de distancia, "volver" nuevamente o "cambiar" si se sacude el agua convenientemente. Es obvio que el niño de este nivel no posee ningún tipo de noción sobre combinatoria.

NIVEL II

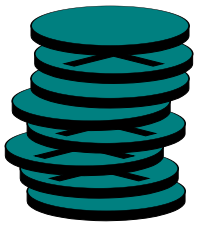
En el nivel IIA el niño realiza asociaciones sistemáticas de (g) con todos los demás elementos. Cuando se le sugiere que realice la combinación de más de dos elementos a la vez vuelve a hacerlo al azar, sin obtener ninguna consecuencia de ello. Si el experimentador no le sugiere al niño otro tipo de combinaciones, sólo se le ocurre mezclar dos a dos. Ya en el nivel IIB, el niño comienza a trabajar con combinaciones de más de dos elementos, pero sólo lo realiza a nivel empírico por simples tanteos sucesivos que están lejos de cualquier tratamiento sistemático. La explicación que da en este estadio es que el color se halla virtualmente en B o en I considerados por separado.

NIVEL III

En el nivel IIIA se aprecia un cierto tratamiento sistemático de los elementos puestos en juego para combinarlos casi en su totalidad, comprendiéndose que el color es el resultado de una combinación. Incluso cuando encuentra la combinación que provoca el color intenta encontrar otras posibles soluciones. Lo que le interesa no es el logro por medio de una combinación particular, sino la comprensión del papel que desempeña esta combinación entre el conjunto de las combinaciones posibles. En el nivel IIIB se aprecia un avance pues tanto las combinaciones como las pruebas se hacen sistemáticamente aplicando el esquema "permaneciendo constante el resto".

Experimento nº 13: CUANTIFICACIÓN DE LAS PROBABILIDADES

DE LA LÓGICA DEL NIÑO A LA DEL ADOLESCENTE (1955), PAIDOS, BUENOS AIRES, 1972, pp 197-205







	Ojos	Pelo
A.	Azules	Rubio
B.	Azules	Negro
C.	Negros	Rubio
D.	Negros	Negro

A,B,C,D	A,B,C,D
4,0,0,4	13,8,3,8
4,4,4,4	6,4,2,4
6,6,2,2	4,4,4,4

1. Una caja tiene 20 fichas, 8 marcadas con una cruz. Para dos montones con un número distinto de fichas y cruces se pregunta ¿cuál de los dos es mejor para conseguir a la primera una cruz?. Para dos montones con igual número de fichas y cruces ¿de cuál de los dos es mejor sacar una ficha para tener más probabilidad de sacar una cruz a la primera?.

2. Se hacen montones con una baraja de rostros combinando A. ojos azules, pelo rubio; B. ojos azules, pelo negro; C. ojos negros, pelo rubio y D. ojos negros y pelo negro en las siguientes proporciones(A,B,C,D): (4,0,0,4), (4,4,4,4), (6,6,2,2), (13,8,3,8), (6,4,2,4) y (4,4,4,4), etc. Se pregunta qué relación existe entre el color del pelo y el de los ojos.

NIVEL II

Aparecen los primeros esquemas probabilísticos. Sólo se percibe el número de casos posibles sin relacionarlos con los casos favorables. Así, dándole al sujeto un montón de 4 fichas con una marcada (1/4) y otro de 4 fichas con 2 marcadas (2/4), el niño considera solamente dónde hay más cruces. Si le damos 3/5 y 3/7 distingue dónde hay menos fichas sin marcar. Relaciona el número de casos posibles con el de casos favorables cuando la relación entre éstos es del doble o mitad. Ante 2/4 y 1/2 observa que existe la misma proporción de fichas amarillas y marcadas en los 2 montones. Cuando le damos 2/4 y 3/7 reconoce que en 2/4 hay la mitad de fichas marcadas, y en 3/7 menos de la mitad.

NIVEL IIIA

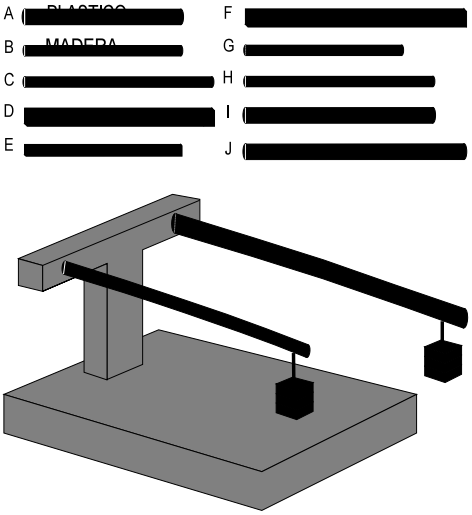
Sin recurrir a los montones aprecia distintas relaciones entre casos posibles y favorables. Así, se comprende que 3/9 es lo mismo que 2/6, puesto que la oportunidad de sacar una ficha marcada es la misma. No es capaz de generalizar. Clasifica las cartas en función de 4 asociaciones (a,b,c,d), pero no es capaz de relacionar adecuadamente casos favorables entre sí (a y d) y casos favorables con desfavorables (b y c). Comprende que ante el mismo número de montones, ej. (2,2,2,2), la correlación es nula, pero ante (5,2,1,4) dice "en este grupo (a) hay 5 posibilidades, y aquí (c y d) hay 4 posibilidades de acertar y una de equivocarse", "en total hay tres posibilidades de equivocarse sobre 12 (b+c/a+b+c+d)"

NIVEL IIIB

Relaciona casos posibles con favorables en cualquier caso y sistemáticamente. Así, con 3/8 y 2/6, dice que en 3/8 hay más probabilidad pues hay menos ficha amarillas con respecto a las cruces. Con las cartas, opone los casos favorables a los desfavorables. Distingue ley relativa en (5,1,2,4) de ley absoluta en (3,0,0,3), así, (1,2,2,1) es muy desfavorable mientras que (1,1,1,3) es bastante favorable. Ante (5,1,2,4) compara casos favorables (9) frente al total (12). Con (6,0,0,6): "es lo máximo". "Mezclando (1,1,1,1) tenemos un grupo donde no hay correlación". Con (4,2,2,4) y (3,3,1,5) dice: "las relaciones son iguales, existe el mismo número de cartas", "hay en los 2 grupos 8/12 favorables y 4/12 desfavorables".

Experimento nº 14: LA FLEXIBILIDAD DE LAS VARILLAS

DE LA LÓGICA DEL NIÑO A LA DEL ADOLESCENTE (1955), PAIDOS, 1972, BUENOS AIRES, pp 49-65



Se dispone de un juego de varillas que difieren entre sí en longitud (L), grosor (G), material (M) y forma de sección (S). Para probar de qué factores depende la flexibilidad varillas se dispone de un soporte vertical al que se le ha practicado una ranura donde se encaja un extremo de la varilla, quedando ésta horizontal a la mesa; en el otro extremo se colocan distintos pesos con el fin de flexionar con mayor o menor grado la varilla. En primer lugar se le piden previsiones ante algunos pares de varillas, después, hechos los experimentos, debe explicar de que factores depende la flexibilidad de las varillas, por último, ha de comprobar sus afirmaciones experimentalmente.

NIVEL I

El niño se limita, por lo general, a dar una descripción de lo que percibe, y como no dispone aún de instrumentos operatorios para clasificar y seriar sistemáticamente, explica y completa lo observado a través de relaciones precausales (finalismo, animismo, causalidad moral , etc), p.e. para varillas que apenas se doblan afirma que "la varilla es demasiado larga", si se dobla mucho "es porque el peso tira de ella". No parece preocuparle demasiado que sus afirmaciones sean contradichas por datos experimentales, p.e. explica el hecho de que una determinada varilla no toca el agua porque se halla fijada al tablón, sin darse cuenta que todas las varillas probadas están fijadas.

NIVEL II

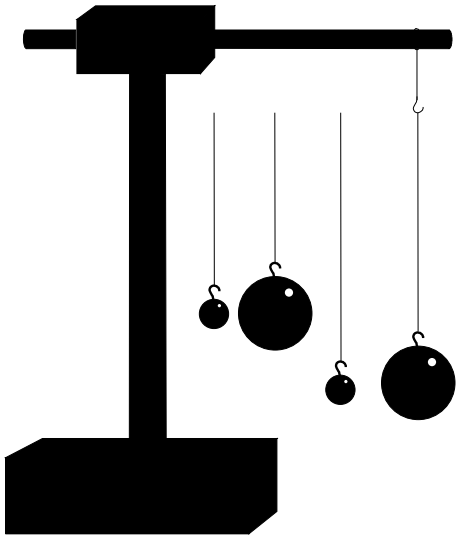
A través de clasificaciones, seriaciones y correspondencias, se hace posible una lectura de los datos observados, sin embargo estas operaciones no son suficientes para poner algo en claro. En el nivel IIB el niño resuelve situaciones donde los factores que se varían se pueden compensar visualmente p.e. (+G)x(+L)=(-G)x(-L), pero no saben generalizar este avance para todos factores, en estos casos hacen correspondencias y seriaciones cada vez más complejas, lo que les lleva a relaciones entre los diversos factores cada vez más complicadas p.e. "varillas largas y delgadas son más flexibles que las cortas y gruesas", respuestas poco concluyentes dado que no saben disociar los factores.

NIVEL III

Lo real forma parte de entrada de un dominio más amplio: lo posible. Así, comprenden que para comparar una cierta relación es mejor coger unas varillas y no otras, utilizando hipótesis y estrategias experimentales que dejan entrever el esquema "permaneciendo constante el resto", estrategias que caracterizan al pensamiento hipotético-deductivo. El sujeto del nivel IIIB aplicando sistemáticamente su aparato combinatorio sobre las proposiciones que son construidas en el nivel IIB como conclusiones, llega a nuevas conclusiones que le permite disociar los factores que entran en juego gracias a un juego de implicaciones combinadas con simples conjunciones.

Experimento nº 15: LAS OSCILACIONES DEL PÉNDULO

DE LA LÓGICA DEL NIÑO A LA DEL ADOLESCENTE (1955), PAIDOS, BUENOS AIRES, 1972, pp 66-75



Se le presenta al niño un péndulo y se le instruye acerca del modo de poder variar la longitud del hilo, el peso y el modo de aplicar diferentes impulsos con el fin de encontrar los factores que condicionan las variaciones de la frecuencia de las oscilaciones. El material utilizado consiste, en tres bolas de pesos distintos e hilos de dos tamaños diferentes. En un primer momento, se le invita a experimentar con el material citado preguntándole qué debe hacer para que el péndulo vaya más rápido; después, se le piden previsiones sobre el efecto que tiene la variación de un determinado factor sobre la rapidez de los balanceos, seguidamente se realizan una serie de experimentos con el fin de comprobar sus declaraciones.

NIVEL I

En este nivel los tanteos experimentales del sujeto suplantan totalmente a las operaciones mentales, e incluso se hallan indisociadas de los movimientos observados en el experimento. En este caso el sujeto reduce sus explicaciones a concebir el impulso como única causa de las variaciones en las oscilaciones. A falta de seriaciones y correspondencias que le permitan poner cierto orden en los datos, el sujeto no logra ni leer objetivamente la experiencia ni siquiera a tener en cuenta sus afirmaciones contradictorias. Cuando el sujeto interactúa con los movimientos propios del péndulo, no es capaz de disociar el impulso que él mismo imprime, del movimiento natural del péndulo.

NIVEL II

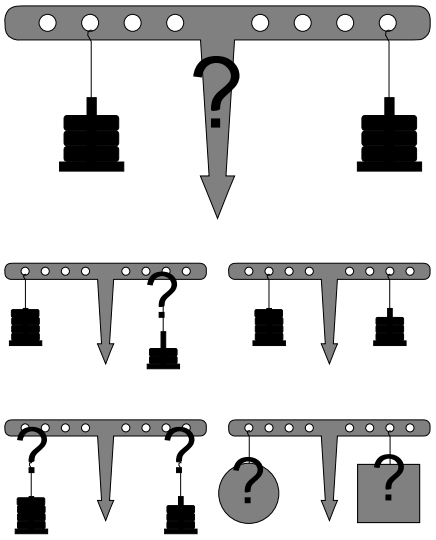
A partir de seriaciones de las longitudes, el niño de este nivel juzga más objetivamente las diferentes frecuencias del péndulo estableciendo correspondencias satisfactorias después de algunos tanteos experimentales, p.e. algunos encuentran la relación inversa entre la longitud y la frecuencia. El problema mayor de este estadio se produce al hacer variar varios factores al mismo tiempo ya que atribuyen los cambios observados a todos los factores que se han modificado creyendo que cada uno de estos factores produce por sí mismo dichos cambios, a falta de una operatoria formal que le permita disociar los distintos factores que intervienen en los cambios de frecuencia.

NIVEL III

En el nivel IIIA después de disociar los factores que entran en juego y poner uno de ellos en juego mientras mantienen constantes el resto, realizan inferencias correctas, sin embargo sólo puede comprobar el efecto de un factor si controla los demás factores, al no operar aún sistemáticamente, atribuye el efecto a la combinación de los factores no controlados, lo que le impide excluir el efecto de un determinado factor de una serie de experimentos. En el nivel IIIB el niño experimenta sistemáticamente con todas las combinaciones posibles para llegar a determinar aquellas que son significativas en tanto muestran la influencia de un determinado factor, excluyendo los factores que no influyen.

Experimento nº 16: EL EQUILIBRIO DE LA BALANZA

DE LA LÓGICA DEL NIÑO A LA DEL ADOLESCENTE (1955), PAIDOS, BUENOS AIRES, 1972, pp 142-55



Tenemos una balanza con ocho agujeros, cuatro a un lado y cuatro al otro, que sirven para colocar ganchos que nos permitan quitar y poner pesos a voluntad; disponemos de doce pesos iguales Las cuestiones que se les formula al niño son las siguientes: a) con pesos A y B iguales a distancias Lx y Ly desiguales se pregunta ¿como equilibrarías la balanza?, b) con dos pesos A y B distintos colocados a distancias Lx y Ly iguales se preguntas ¿hacia donde se inclinaría la balanza?, c) con dos pesos C y D desiguales se pregunta ¿en que agujero los colocarías en la balanza para que esta quede equilibrada?, finalmente se cuelgan pesos a distancias conocidas y se le pide que determine sus valores.

NIVEL I

En el nivel IA el niño no logra asegurar el equilibrio distribuyendo los pesos en la balanza, ya que al intervenir en los experimentos confunde su acción sobre la balanza con la acción de los pesos que hay en ella. No comprende que los pesos iguales colocados a iguales distancias equilibran la balanza. Los tanteos le llevan a colocar los pesos a la misma distancia del eje lo que supone un comienzo de simetría. En el niveel IB esta tendencia a conseguir el equilibrio a través de la simetría es mayor. A pesar de que relaciona el equilibrio con la igualdad de los pesos, no comprende el papel de la distancia para modificar el efecto del peso, por lo que no sabe cómo obtener el equilibrio.

NIVEL II

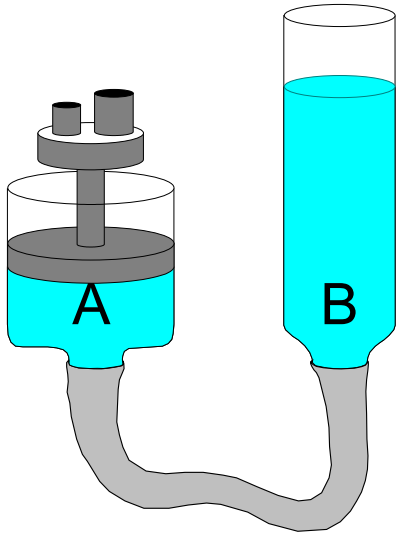
En este nivel se aplica sistemáticamente la razón de simetría en la colocación de los pesos iguales. Resuelve mediante ensayo y error bastantes situaciones: P y L iguales, P desiguales y L iguales y P iguales y L desiguales, sin embargo no coordina la relación entre pesos y distancias desiguales, aunque sabe sustituir un peso por la suma de otros pesos A=B+C e igual hace con las distancias. En el nivel IIB el niño hace previsiones para pesos y distancias desiguales, mediante correspondencias cualitativas (pesará más cuando se aleje del eje y menos cuando se acerque a él), y cuantitativas si la relación entre pesos o distancias es sencilla, p.e. para pesos donde B=2A sabe que Lx=2Ly.

NIVEL III

En nivel IIIA, por tanteos experimentales, se descubre como un esquema de compensación cualitativa, la forma proporcional P/P'=L'/L, aunque pasa con rapidez de la correspondencia cualitativa a la proporción métrica. Establece analogías con otras experiencias, lo que indica que utiliza nociones de reciprocidad y compensaciones. En el nivel IIIB se descubre una nueva ley P/P'=H'/H como un sistema de compensaciones y busca para ello una explicación mediante tanteos suspensiones alternativas de distintos pesos en diferentes distancias. La relación inversa P/L se explica diciendo que se necesita más fuerza para alzar el peso situado en el extremo porque hay que recorrer más espacio.

Experimento nº 17: LA PRENSA HIDRÁULICA

DE LA LÓGICA DEL NIÑO A LA DEL ADOLESCENTE (1955), Paidos, Buenos Aires, 1972, pp 130-41



El dispositivo cuenta con dos vasos comunicantes, uno de ellos se halla provisto de un pistón (A) donde se puede poner y quitar pesos, el otro consiste en un tubo de cristal largo (B) que es llenado en el curso de la entrevista con diversos líquidos no miscibles con el agua. El niño, a la vez que responde a las cuestiones que se le van planteando, experimenta con el material citado; se le pregunta por qué desciende el líquido en A y por qué asciende en B; qué debe hacer para que el líquido ascienda más o menos en la columna B; se le pedirán previsiones sobre el efecto que tienen los pesos sobre el nivel del líquido que se consigue. Se le piden previsiones cuando se cambia el líquido de B por otro de distinta densidad.

NIVEL I

En el nivel IA no se prevé de modo unívoco que el agua sube en B debido al peso del pistón porque si lo "pesado" tiene fuerza, lo "liviano" es apto para "elevar" ("las pequeñas no pueden alzar algo muy arriba", "las grandes y las gruesas pueden ir muy cerca (distancia corta)"); además en este nivel no necesariamente se conserva el agua de los tubos. A falta de disociación entre la acción subjetiva y las transformaciones físicas se deja llevar por su intuición, mostrando contradicciones cuando quiere determinar el nivel de agua según los pesos aplicados. En IB se comprende generalmente que cuanto más pesado es el peso más sube el agua en B, pero sin establecer seriaciones o correspondencias y por tanto sin previsión exacta.

NIVEL II

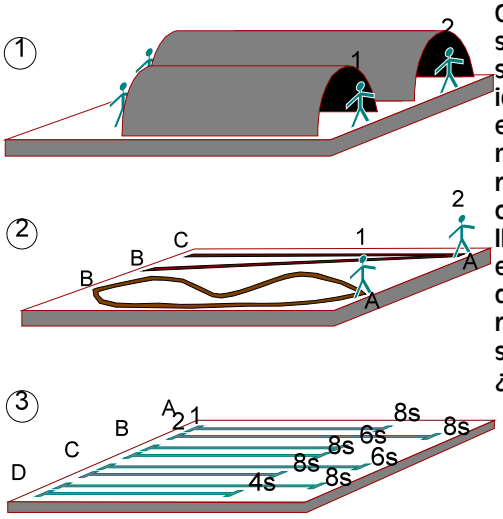
En IIA se establece ya una seriación sencilla entre pesos y se comprende mejor la correspondencia entre pesos y niveles, sin embargo en lo que concierne a la densidad del líquido, se piensa que cuanto más pesado es el líquido más alto subirá "porque su peso se agrega al del pistón que hace subir el agua". Por lo tanto no hay noción de la reacción del líquido en sentido contrario a la acción del peso. En IIB se entrevé intuitivamente que el líquido resiste en función de su densidad; efectivamente, se prevé que el agua sube menos que el alcohol, sólo cuando hay centramiento en B, lo que supone un principio de comprensión de la reacción del vaso B, pero es incapaz de dar una explicación de conjunto del equilibrio de la prensa.

NIVEL III

Se percibe que el peso del pistón A encontrará resistencia debido al peso del líquido de B y en proporción a su densidad la cual se asimila a comprensión de materia en igual volumen; p.e. prevén que el pistón bajará más con alcohol ya que opone menos resistencia al ser menos denso. Las acciones que se ponen en juego son: a) el peso del pistón, b) la sustracción de a, c) la reacción del líquido en función de su altura y densidad y d) la disminución de altura o densidad. a y b son transformaciones inversas, así como c y d, lo que caracteriza a IIIB es descubrir que (c) es recíproco de (a) ya que se compensan (el equilibrio viene al compensar la acción con la reacción) y las acciones a, b, c y d se ligan bajo el grupo INRC.

Experimento nº 18: LA NOCIÓN MÉTRICA DE LA VELOCIDAD

LES NOTIONS DE MOUVEMENT ET DE VITESSE CHEZ L'ENFANT (1946), P.U.F., PARIS, 1972, pp 113-72, 187-240



Consta de tres experimentos: 1º.- dos muñecos entran simultáneamente en dos túneles de 60cm y 40cm, salen simultáneamente y llegan al mismo tiempo; preguntas: ¿ha ido uno más rápido que el otro?, si fracasa se hace el experimento sin túneles y con ellos después y se hace la misma pregunta. 2º.- Dos coches salen simultáneamente y recorren la distancia AB por caminos distintos, en un segundo caso la llegada B está encima de C, (AC mayor que AB). ¿cual llegará primero si van a la misma velocidad?, después del experimento ¿porqué el coche que recorre más llega después?. Para llegadas sincrónicas ¿ha ido un coche más rápido que el otro?. 3º.- Se pinta la trayectoria de un coche y se anota el tiempo que ha tardado. Lo mismo para otro coche. ¿Cuál ha ido más rápido?.

NIVEL I

Piensan que van igual de rápidos. Sin túneles pueden ver el más rápido pero una vez puestos no actúan en consecuencia, en el 2º después de la experiencia siguen pensando que a velocidades iguales deberían llegar juntos, lo que viene a poner de relieve el peso de la percepción. En IB comienzan como los precedentes pero enseguida, las diferencias de L en los túneles les hace modificar su primera opinión, y comprenden que el que recorre mayor L tiene mayor V. En el 2º entienden que llegará primero el que recorre más camino pero cuando llegan al mismo tiempo creen que han ido a la misma velocidad, aunque algunos llegan a la solución justa después de la experiencia.

NIVEL IIA

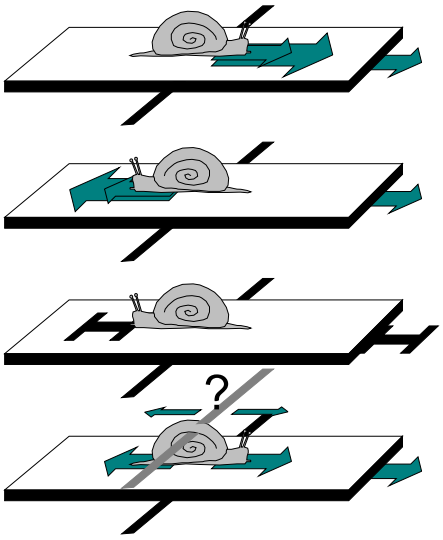
Relacionan L desiguales con T iguales y V es reconocida diferente. "Más lejos" o "detrás" se traducen en términos de longitudes y se acepta la igualdad de duraciones sincrónicas. Sin embargo en 3 donde los movimientos son sucesivos para L iguales y T desiguales, o viceversa se dejan entrever ciertas dificultades (para grandes desproporciones, (8,2) frente a (2,1) se llega a ciertos logros intuitivos), fracasando para L y T desiguales, incluso cuando son directamente proporcionales ((2,2) frente a (4,4)), con reacciones propias del nivel I para movimientos simultáneos: para L iguales y T desiguales, "más deprisa" equivale a "más tiempo", L desiguales y T iguales son recorridos a la misma V.

NIVEL IIB

En IIB hay éxito inmediato para velocidades con L iguales y T desiguales o viceversa, pero cuando los dos términos son desiguales sólo a través de constataciones sucesivas hay un acercamiento hacia la solución concreta. En el caso particular donde se cumple que $V = e_1/t_1 = e_2/t_2$, unas veces se centra en el tiempo otras en el espacio, sin poderlos reunir en una única relación. En IIIA se llega a la solución dejando constante una variable p.e. buscando donde se encontraba el móvil que ha estado más tiempo moviéndose en el momento donde el otro se paró, por el contrario, en IIIB, se hace una comparación métrica de los dos movimientos, con lo que llegan a la solución sistemática.

Experimento nº 19: EL MOVIMIENTO RELATIVO

LES NOTIONS DE MOUVEMENT ET DE VITESSE CHEZ L'ENFANT (1946), P.U.F., PARIS, 1972, pp 95-112



Se coloca un caracol de juguete sobre un cartón rectangular y cuando este comience a andar a partir de una raya de referencia moveremos también la tabla: 1.- en la misma dirección (con el trayecto del cartón más largo o más corto que el caracol) ¿cuánto ha recorrido el caracol?, 2.- en dirección contraria, idem (1), 3.- sin realizar ningún movimiento se le dice verbalmente que el caracol y el cartón van a ir en sentido contrario recorriendo la misma distancia y se pide que prevea dónde quedará el caracol, 4.- en dirección contraria a la del caracol y con distinto recorrido, se le pide que prevea si el caracol se quedará a la izquierda o derecha de la raya. Se provee al niño de una serie de cartones para que pueda medir la trayectoria.

NIVEL I

En IA el sujeto sólo se percata de un movimiento, en general, el del caracol. En IB, se llega a utilizar los cartones para medir los trayectos, pero o bien se tiene en cuenta un solo trayecto o bien se colocan paralelos los dos trayectos medidos a partir de la línea de referencia sin tener idea, que hay que adicionar o sustraer. Es curioso apreciar que percibiendo los dos movimientos (caracol y placa), se reconstruye el trayecto del caracol, como si hubiese salido desde la raya y no considera el movimiento de la tabla, es decir, toma la raya como punto absoluto del movimiento del caracol. En cuanto a la cuestión 2, el movimiento del caracol es concebido como si se hubiera hecho en la misma dirección.

NIVEL II

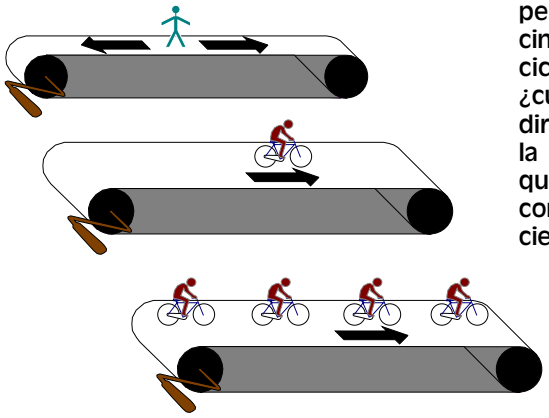
En este nivel se componen con relativa facilidad los movimientos del mismo sentido y dirección, así como movimientos inversos de igual longitud, pero fracasan cuando tratan de componer movimientos desiguales de sentido contrario, aunque algunos después de algunos pasos intermedios llegan a componer correctamente algunos casos particulares. De cualquier forma, el punto de salida del caracol es ya considerado como relativo al movimiento del cartón. Estas reacciones que se observan en este nivel concreto ante movimientos contrarios hacen pensar que requieran un pensamiento formal para evocar los movimientos acaecidos simultáneamente para diferenciarlos y operar con ellos formalmente.

NIVEL III

Después de una evolución tan compleja, es curioso observar la simplicidad con que los niños del pensamientos formal llegan a la solución, el trayecto del caracol que avanza, se sustrae del trayecto recorrido en el mismo tiempo por la plancha que va hacia atrás, para obtener un trayecto que es el que recorre el caracol con relación a la tabla. Se trata de pensar en dos sistemas de referencia a la vez y coordinarlos adecuadamente. Los sujetos del nivel III utilizando un mecanismo hipotético-deductivo, traducen a voluntad lo simultáneo en sucesivo y lo sucesivo en simultáneo para descomponer formalmente dos movimientos ligados físicamente y así poder operar con ellos.

Experimento nº 20: LAS VELOCIDADES RELATIVAS

LES NOTIONS DE MOUVEMENT ET DE VITESSE CHEZ L'ENFANT (1946), P.U.F., PARIS, 1972, pp 173-83



Sobre una cinta sin fin se ajustan en fila 8 ciclistas y paralelo a ésta un cordón y solidario un monigote; una manivela permite pasar los ciclistas frente a un monigote sujeto a otra cinta paralela a la anterior. Se pregunta al niño, si todos los ciclistas tardan 15s en pasar frente al monigote inmóvil, ¿cuántos lo cruzarán en 15s si éste se mueve en la misma dirección o en la contraria a la misma velocidad o distinta que la que llevan a su encuentro o marcha en el mismo sentido que él. Si es necesario, para los sujetos más pequeños, se comienza haciendo el experimento con un solo ciclista, y para ciertos sujetos con cuatro ciclistas antes de pasar a ocho.

NIVEL I

Los niños en pleno nivel preoperacional (IA) no saben resolver la cuestión, ni siquiera con un ciclista solo, que sí es resuelta en el nivel IB, sin embargo no utilizan este dato para resolver algunas de las cuestiones relativas a los 8 ciclistas, y en general consideran que el monigote verá igual número de ciclistas estando inmóvil o en movimiento, si bien, en determinadas ocasiones de la entrevista admiten que no verá lo mismo. Aquellos que llegan a una solución articulada por los datos empíricos, traducen el movimiento a distancias entre monigote y ciclistas. Así pues, hay una ausencia de composición de los dos movimientos (monigote y ciclistas) incluso después de las observaciones y constataciones.

NIVEL II

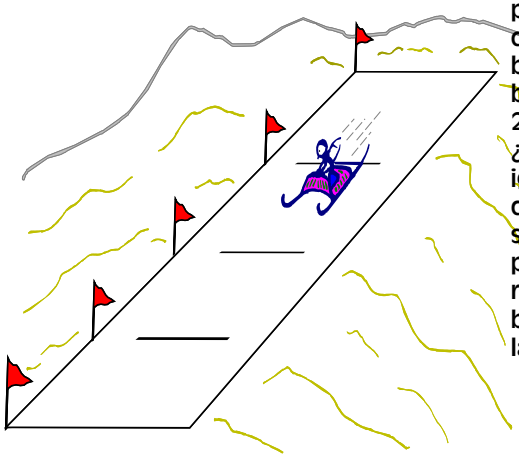
Sobre los 8-9 años el niño anticipa ciertas situaciones, sobre todo aquellas relativas a movimientos se dan en el mismo sentido, si bien después de la experiencia llegan por titubeos y aproximaciones sucesivas a la solución correcta que no se generaliza para todas las cuestiones. Los movimientos de sentido contrario dan lugar a más cruces "por que siempre hay que vienen" e incluso "porque ellos tardarán menos tiempo para venir que él", o "los corredores pasan menos rápido: él ve menos delante de él porque también se desplaza", lo que es la expresión de la relatividad como tal. Los datos son organizados a través de las operaciones concretas hasta dar, poco a poco, con respuestas propias del nivel III.

NIVEL III

Es lógico esperar al nivel de operaciones formales para solucionar el problema. No se trata de comparar dos velocidades, para concluir que los ciclistas van más o menos rápidos que el monigote, reduciendo el problema a la coordinación de dos velocidades caracterizadas por tiempos sincrónicos y espacios desiguales ya que el problema sería resuelto en el nivel de operaciones concretas. Más bien, se trata de componer estas velocidades, manteniéndolas distintas, en una tercera, y esto conlleva pensar separadamente en cada una de ellas, como en dos sistemas de referencia diferentes para después coordinarlos simultáneamente, operación que es propia del nivel formal en que nos encontramos.

Experimento nº 21: EL MOVIMIENTO UNIFORMEMENTE ACELERADO

LES NOTIONS DE MOUVEMENT ET DE VITESSE CHEZ L'ENFANT (1946), P.U.F., PARIS, 1972, pp 241-256



1. Sobre una tabla inclinada rueda una bola y se hacen preguntas sobre el movimiento de bajada o si la velocidad es constante. Después, frente a un dibujo donde se ve un niño bajando con su trineo una pendiente uniforme, jalonada con banderas equidistantes se plantean las siguientes cuestiones: 2. ¿en cuál de estos intervalos la velocidad será mayor?, ¿cuáles son las relaciones de la velocidad (mayor, menor, igual) de un intervalo a otro?, 3. ¿qué tiempo tardará el conductor del trineo en recorrer el primer intervalo, el segundo, el tercero, etc?, 4. se hace suponer que un patinador da un grito cada intervalo de tiempo, a que responde el espectador que esta frente a él clavando una bandera; se trata de saber cuáles serán las distancias entre las banderas.

NIVEL I

Los sujetos de IA traducen sus experiencias de aceleración como un impulso o fuerza endógena al propio objeto que desciende ligada a sus impresiones musculares y kinestésiscas y por tanto subjetiva y egocéntrica, lo que le impide ver que el móvil va cada vez más deprisa; de ahí la idea de que el impulso máximo está en la salida, o bien, la velocidad es igual por todas partes. En IB hay una intuición empírica de la aceleración en función de la pendiente, que le lleva a ver una velocidad en aumento (v1=v2<v3<v4 o v1=v2<v3=v4) e incluso (v1<v2<v3<v4), pero a espacios iguales aprecia tiempos iguales o cada vez más largos (más rápido=más tiempo) y, a tiempos iguales, espacios iguales o más pequeños ("más rápido"="menos camino que hacer").

NIVEL II

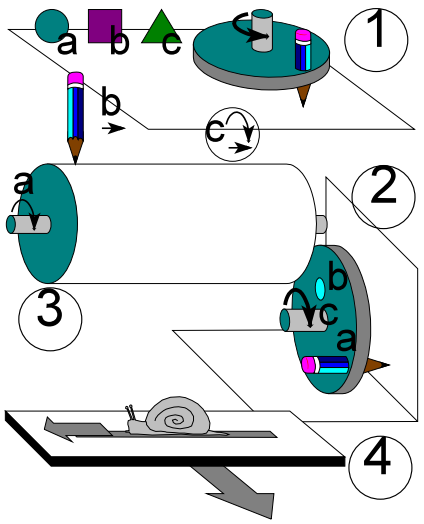
Igual que en IB se cree que a mayor velocidad le corresponde un tiempo más largo y un espacio menor, sin embargo, se aprecia el crecimiento de la aceleración más continuo y regular. En IIB se avanza un poco más: para espacios iguales (3) muchos sujetos responden correctamente a la primera, si son desiguales (4) se llega a la solución después de algunos tanteos, dichas correcciones provienen de una evocación de los movimientos simultáneos traduciendo los trayectos sucesivos en simultáneos por simple imaginación representativa más que por consideración hipotética. A falta de esta lógica formal, que le permita razonar a la vez sobre dos situaciones distintas, se verá reducido a utilizar como mejor pueda procedimientos intuitivos.

NIVEL III

Dos tipos de respuestas: una, más elemental, admite una disminución constante para el tiempo (10", 13", 16",19") o un aumento progresivo del espacio con diferencias constantes, otra, admite disminuciones de tiempos, cuyas diferencias se hacen cada vez más grandes (30", 28", 25", 20", y l4", con diferencias de 2, 3, 5, 6, etc) y espacios con diferencias crecientes para intervalos de tiempo constantes. Sin desembocar en una solución exacta, se estructuran progresivamente las relaciones espacio-temporales del movimiento acelerado. Operatoriamente parecen equivalentes comparar dos fases sucesivas en un M.U.A y comparar M.U sucesivos de distinta velocidad: en uno y otro caso hay que "verlo" como simultáneos.

Experimento nº 22: COMPOSICIÓN DE MOVIMIENTOS: LAS CURVAS MECÁNICAS

LA GEOMETRIE SPONTANEE DE L'ENFANT (1948), P.U.F., PARIS, 1948, pp.292-332



1. Un disco de madera gira por su eje y se pide prever el dibujo que hace un lápiz fijo. Idem con un cuadrado y un triángulo. 2. El disco gira de canto sobre la mesa y paralelo a un plano vertical, donde un lápiz fijo en varios puntos de su área (centro, periferia, punto cualquiera) dibuja curvas. Idem. 3. Un cilindro de madera horizontal gira mientras que un lápiz radial a él se mueve por su generatriz superior; casos: a) fijo el cilindro y se mueve el lápiz (recta), a) se gira el cilindro y fijo el lápiz (curva), c) se mueven ambos a distinta velocidad, d) Idem, colocando el lápiz en el mismo eje. 4. Un rectángulo se desplaza en un sentido, mientras un caracol con lápiz lo hace en sentido perpendicular por un raíl practicado en la placa, para distintas velocidades.

NIVEL I

En IA no se transcribe el movimiento a líneas trazadas a falta de imaginar las trayectorias, y cuando lo intenta para 1 pinta el contorno del triángulo o del cuadrado. En IB se comprende que el trazado del lápiz es generado por el movimiento, sin embargo le cuesta trabajo disociar la trayectoria de la forma del objeto que gira ya que no conserva la distancia entre eje y punta del lápiz.Estas dificultades son mayores en movimientos dobles donde se trata de asimilar a uno de los movimientos simples: para la cicloide prevé círculos espaciados o yuxtapuestos, rectas en 3 y en 4 hace el mismo trazo para el caracol andando sólo y cuando es arrastrado por la plancha. En 3 se comprende el círculo del lápiz inmóvil cuando el cilindro gira.

NIVEL T

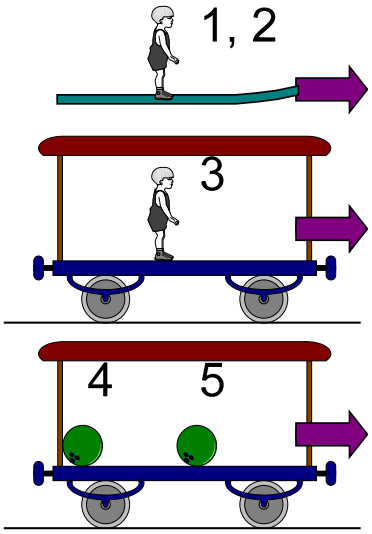
En este nivel transitorio entre reacciones preoperatorias y operatorias se asiste a un principio de representación correcta de las trayectorias circulares independientemente de la periferia de las figuras en rotación después de algunas constataciones, ya que aún no conservan la distancia eje-punta del lápiz; esta diferenciación coincide con los esfuerzos para conciliar los dos movimientos elementales de 2 y 4 en una sola curva diferente a sus componentes simples. Sin embargo los resultados se resuelven por pura yuxtaposición, mezclando curvas elementales. Se procede por anticipaciones intuitivas hasta el momento en el cual las reúne en una intuición única, exacta y casi operatoria en unos casos, inexacta en otros.

NIVEL II

Se dibuja de inmediato las curvas circulares en 1. En 2 el cicloide se inicia con líneas circulares para después, por constataciones sucesivas, enlazar varias posiciones sucesivas o se hacen series de rizos, reacción que se vuelve a encontrar en la construcción de la hélice (3), de mayor dificultad que el cicloide. En 4 se llega a soluciones inmediatas en el caso de velocidades semejantes de caracol y plancha, en caso contrario, se dan tanteos. En el nivel IIB utilizando esquemas anticipadores más que tanteos, estos sujetos comienzan por trazar figuras de conjunto: rizos, arcos, zigzags, que anticipan las soluciones rápidas de los sujetos del nivel formal (III) mediante esquemas de coordinación de dobles sistemas de referencia.

Experimento nº 23: REACCIONES DE INERCIA

PIAGET, J. y col. 1973. La formation de la notion de force. (P.U.F, Paris). pp. 167-190



Se trata de prever la dirección del movimiento de un objeto apoyado en un sistema de referencia que en un momento dado se va a mover. En las siguientes situaciones: 1. Se pone al sujeto encima de una alfombra y se le pide que prevea en qué sentido va a caer cuando se tire hacia un lado de la alfombra; se realiza el experimento y nuevas explicaciones; 2. idem con un muñeco sobre un cartón; 3. idem con un muñeco sobre una caja que simula un tranvía; 4. una bola apoyada sobre la parte de atrás de un tranvía. Se trata de prever qué sucederá a la bola, cuando arranque el tranvía y cuando éste pare; 5. la bola ahora se coloca en centro del tranvía. Se piden previsiones para movimientos en las dos direcciones.

NIVEL I

Se prevé la caída en el sentido de la tracción a pesar de las comprobaciones. Finalmente algunos aceptan la previsión contraria (29%). En el caso 4 y 5 el niño reacciona como si el impulso que se le da al vagón se transmite a la bola, tomando en consecuencia una velocidad doble a la del vagón. Resulta extraña la dificultad para tomar conciencia respecto a los movimientos del propio cuerpo. Hay comprensión precoz cuando la dirección de la acción (tirar, lanzar, empujar, etc.) coincide con la del objeto impulsado, ya que hay ajuste del esfuerzos con la resistencia, pero las reacciones inerciales no permiten dicho ajuste ya que el sentido es siempre contrario al del movimiento y, a la vez, al no ser fuerzas de contacto, no son perceptivas.

NIVEL II

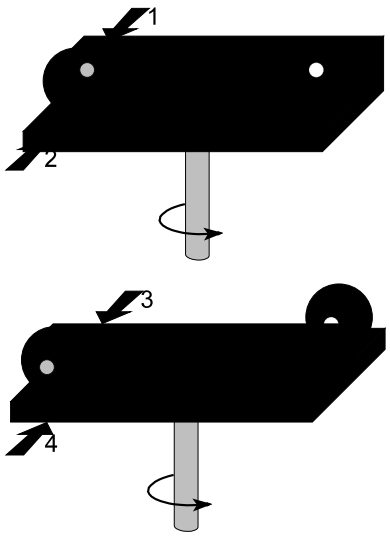
Las previsiones son correctas para las cuestiones 1, 2 y 3, reaccionando análogamente a los sujetos del nivel I en las cuestiones 4 y 5. La resistencia de estos sujetos es tan fuerte en favor de la transmisión del movimiento que una vez constatado la no salida de la bola hacia adelante, lo explican por la falta de impulso, por la acción contraria del aire, por un truco, por cola, por un imán, etc. Si en todas las cuestiones subyacen reacciones inerciales, entonces ¿por qué se comprende unas reacciona y no otras?, o dicho de otro modo ¿cómo no se transfiere lo aprendido en 1, 2 y 3 a 4 y 5?. La razón de ello es evidentemente: falta de comprensión de las interacciones entre el móvil que cae y el que es desplazado, y el soporte en movimiento.

NIVEL III

Las previsiones a 4 y 5 son exactas. Las explicaciones se basan en la composición de las velocidades relativas, pero la idea de inercia sólo es comprendida parcialmente: no se aprecia la inmovilidad de la bola bajo la forma general de conservación del movimiento. Aunque en este nivel aparecen las acciones virtuales, las reciprocidades o el principio de acción y reacción, estas se basan en relaciones causales diferentes a las reacciones de inercia de la bola. La primera toma de conciencia de la inercia son de tipo cinemático: al moverse el vagón, la bola no modifica su posición respecto a los carriles, pero la causa no se comprende, aunque se comprende mejor por qué la bola sigue en movimiento cuando el vagón se para.

Experimento nº 24: CAÍDA DE BOLAS DE UN SOPORTE POR TRANSMISIÓN E INERCIA

PIAGET, J. y col. 1973. La formation de la notion de force. (P.U.F, Paris). pp. 191-222



Se trata de diferenciar dos movimientos provocados por una sola fuerza (golpeo de un martillo): mientras un movimiento es producido por la transmisión de esta fuerza el otro es inercial. En los extremos de un soporte horizontal que puede girar alrededor de un eje se coloca una bola roja R y una blanca B. Para que las bolas no caigan por un lado del soporte, sobresale un soporte vertical (ver fig 1). Con un martillo se golpea por el lado de la bola roja, ya sea por detrás o por delante. 1. Se pide que prevea los movimientos de las bolas cuando se da un golpe por atrás, después del golpe se piden nuevas explicaciones sobre los movimientos de R y B; 2. idem si se golpea con el martillo por delante; 3. se dispone el dispositivo según la fig 2. Idem.

NIVEL I

En las anticipaciones, los sujetos de este nivel creen que las bolas "van a pasearse", o caen "porque son redondas", o van a permutar sus posiciones, etc; si el choque se hace por delante creen que ambas bolas son sujetadas por el borde vertical (ausencia de giros). Después de las constataciones aparece una intuición momentánea de transmisión. Esta falta de comprensión de la transmisión explica la dificultad sistemática en distinguir los movimientos de R y B, incluso después de las constataciones. La única diferencia que aparece en el nivel IB es que las diferentes reacciones entre R y B se explican a través de una diferencia de intensidad, unida a una intuición naciente de transmisión inmediata después de las constataciones.

NIVEL II

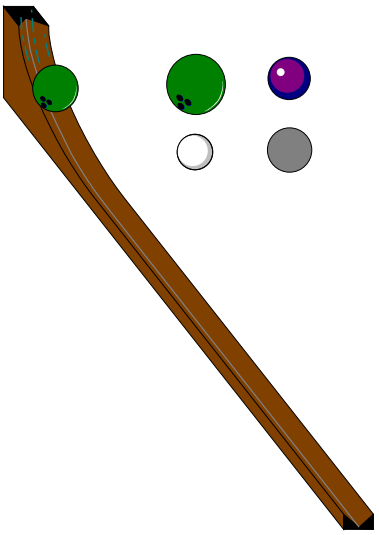
Se llega por tanteos sucesivos a la noción de transmisión inmediata semi-interna. Se aprecia que R irá más lejos y B sólo recibe un choque amortiguado, sin embargo se sigue sin comprender qué harán las bolas después del choque pues se prevé, para el golpe por atrás de la R, que ésta y B caerán por delante, pero distinguiendo una dirección para R y otra para B. En IIB se asiste a dos progresos: a) se prevé que la transmisión del empuje hará que tanto el lado del soporte que avanza como el que retrocede tomen el mismo impulso y b) consecuentemente, después de una serie laboriosa de tanteos, incluidas todas las hipótesis imaginables sobre choques, impulsos y vibraciones, se llega a comprender que B cae porque el soporte retrocede.

NIVEL III

En IIIA, por tanteos sucesivos, se dirige a una interpretación casi inercial: "va a caer en el mismo sitio", "B no va a ser empujada", "B no llega a engancharse", llegando a comprender el papel del borde vertical: en unos casos sirve para proyectar la bola y en otros no sirve de nada, aunque esto último lo comprenden después de algunos titubeos. En IIIB, desde un principio comprenden la no intervención del borde sobre B que cae en vertical y de la proyección hacia adelante de R al chocar contra el borde vertical y todo ello más por una comprensión cinemática al coordinar los dos sistemas de referencia (plataforma y bola no ligada a ésta) que a una comprensión dinámica del comportamiento inercial de la masa de la bola.

Experimento nº 25: CONSERVACIÓN DEL IMPULSO

DE LA LÓGICA DEL NIÑO A LA DEL ADOLESCENTE (1955), PAIDOS, BUENOS AIRES, 1972, pp 109-16



Propulsadas por un dispositivo de resorte se lanzan bolas de distintos pesos, volúmenes y materiales por un plano horizontal sin que ningún obstáculo exterior disminuya su marcha, se procura que el impulso inicial que se la da a cada bola sea siempre el mismo. Realizados los distintos lanzamientos se procede a plantear al niño una serie de cuestiones como las que siguen: ¿por qué llega un momento en que se paran las bolas? ¿de qué depende que se paren las bolas? ¿por qué unas van más lejos que otras? Se permite al niño lanzar bolas a fin de constatar sus afirmaciones o realizar algún tipo de experimento para comprobar el efecto de los distintos factores.

NIVEL I

Este nivel no dispone de las operaciones necesarias para captar y manejar los datos que le aporta la experiencia, no puede ni tan siquiera realizar un mínimo de orden para evitar contradecirse, por lo que las respuestas ante la cuestión de por qué unas bolas van más lejos que otras son divergentes y contradictorias entre sí y no tienen coherencia: en un momento dado contesta que la bola va más lejos porque es más pequeña y un instante después la bola va más lejos porque es más grande, unas veces la bola se para antes porque es más ligera y otras porque es más pesada. Un esquema adecuado le impide apreciar las contradicciones. Consideran que el movimiento de la bola se debe a un impulso animado.

NIVEL II

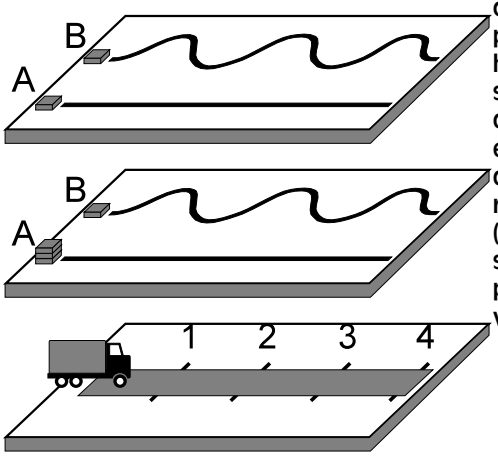
Las explicaciones tienen cierta coherencia, manteniendo el efecto que asocian al tamaño y al peso en todas sus explicaciones. Prevén que las bolas grandes recorren más espacio, después cuando ven que no recorren tanto espacio, lo atribuyen al peso. Creen que las bolas pesadas tienen más fuerza pero son más difíciles de empujar. En IIB no se va mucho más allá, aunque se intentan relacionar factores, no llega a ninguna conclusión. Se centran en justificar la disminución de velocidad utilizando para ello el peso y el volumen, sin embargo no piensan que el poco peso y el pequeño tamaño son causas de la prolongación del movimiento, es decir, hacen caso omiso de las causas que provocan el movimiento.

NIVEL III

El sujeto de este nivel no trata de comprender las razones de por qué avanza la bola sino que centra su atención en las causas que hacen que ésta disminuya su velocidad hasta pararse. Se llega a comprender que hay varias causas que producen la detención de la bola (roce y aire), pero les cuesta más admitir que hay varias causas para producir el movimiento. En el nivel IIIB se achaca, en un primer momento, las causas del movimiento a la superficie, tamaño, peso y rozamiento de las bolas. Posteriormente, tras las constataciones, llega mediante un razonamiento formal a comprender la conservación del movimiento: Si se evitan las causas que provocan que la bola se pare esta no se pararía nunca.

Experimento nº 26: OBJETIVIZACIÓN OPERATIVA DE LA ACCIÓN

PIAGET, J. y col. 1973. La formation de la notion de force. (P.U.F, Paris). pp. 9-54



Se utilizan 2 técnicas cualitativas y una cuantitativa: 1. Una caja (2x2cm) recorre un trayecto recto y otra uno sinuoso. Se pregunta: 1.a. para salidas y llegadas simultáneas ¿qué placa ha realizado más esfuerzo?; 1.b. con sobrecarga en A ¿quién se fatiga más?; 1.c. Una bola recorre una recta de un golpe y después empujada poco a poco ¿cuándo se realiza más esfuerzo?. 2. Idem a (1) inclinando el tablero. 3. En un tablero de 50x70cm se hacen cuatro divisiones sobre un camino recto. Se indica al sujeto que hace falta un bidón de gasolina (B) para que un camión lleve una pieza (P) hasta el cuarto segmento (4L). Se pregunta por la relación entre dos parámetros, cuando se varía el tercero, o cómo varía uno variando los otros dos. 3b. Idem con una grúa en vertical.

NIVEL I

Durante este nivel se pasa de la acción puramente psicomórfica a la acción en su sentido físico. En IA la atención se centra en el camino más largo o en el nº de peso. La estimación del esfuerzo es esencialmente equívoca y polivalente y no hay una coherencia. Ya en IB se llega a la equivalencia +p-e=-p+e (más peso y menos distancia equivale a menos peso recorriendo más distancia): la acción adquiere un significado más objetivo. Esta equivalencia se impone al sujeto a través de un mecanismo de equilibraciones y autorregulaciones que une en un todo simultáneo una serie de relaciones sucesivas o alternativas físicas, de modo que esta construcción de instrumentos lógicos sirven para evaluar nuevas situaciones físicas.

NIVEL II

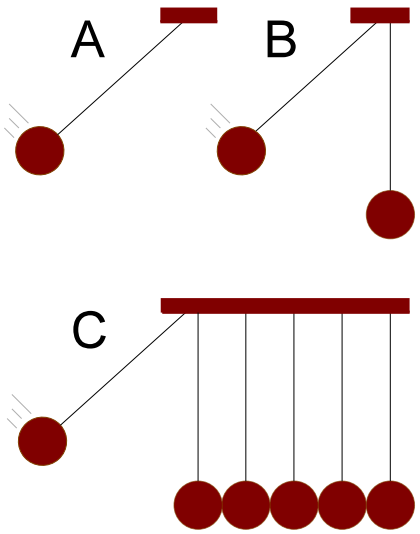
Se soluciona la cuestión 1, donde el factor tiempo se compensa a través de la equivalencia entre el empuje y el recorrido de modo que un empuje fuerte sobre un camino corto es equivalente a un empuje suave sobre un camino más largo. En la cuestión 3, los sujetos reaccionan de dos modos diferentes: a) el mismo peso es trasladado la misma distancia, aunque de dos formas diferentes, el esfuerzo es el mismo y b) un fuerte empuje ejercido en un instante, equivale a un empuje menor ejercido durante más tiempo, lo que indica una cierta comprensión del concepto de empuje. En el nivel IIB aparece un principio de compensación en la técnica 3, pero éstas son sólo cualitativas: (B,P,4L)≡(1+1/2B,2P,4L) ó (B,2P,L)≡(B,P,3L) etc.

NIVEL III

El progreso para resolver la técnica 1 estriba en una mayor precisión en el análisis de las cuestiones. Las reacciones en la técnica 2 son semejantes a las del nivel II en horizontal (IIA con IA y IIB con IB). Los resultados de la técnica 3 requieren distinguir el trabajo pasivo a realizar (T_1=PxE, donde P son los pesos y E el desplazamiento) del trabajo activo (T_2=FaxE, donde Fa son los bidones de gasolina). Se resuelve el problema cuantitativamente. No hay diferencias entre reacciones en 3a y 3b, lo que indica que el acento está puesto en las fuerzas activas que están diferenciadas de las pasivas (los pesos). Se diferencia mejor entre T_1 y T_2, entre Fa de Fp, es decir, se distingue bien el trabajo objetivo u operatorio del esfuerzo muscular asociado a T_1.

Experimento nº 27: DEL EMPUJE ESPACIO-TEMPORAL A LA NOCIÓN DE FUERZA

PIAGET, J. y col. 1973. La formation de la notion de force (P.U.F, París). pp.55-94



Se intenta ver la evolución de nociones como velocidad, empuje, peso, impulso, aceleración, etc para llegar al concepto de fuerza. Se dispone de un cierto nº de bolas iguales en dimensión y peso con distintos colores, suspendidas una contigua a otra por hilos de igual longitud, sujetos a una barra horizontal. A. Se suelta una sola bola. Previsión de su balanceo, comprobación, etc. Preguntas sobre los factores invocados por el sujeto (impulso, velocidad, peso, fuerza, etc.) y sobre las variaciones y conservaciones de estos factores. B. Se hace chocar una bola sólo contra otra. Idem. C. Idem de 1b con dos, tres, cuatro,.. hasta nueve. Para precisar, se repiten las preguntas utilizando dibujos donde se representan los trayectos de las bolas.

NIVEL I

En IA sólo se aprecian las acciones de una o dos bolas como poderes o cualidades inherentes a la misma bola (motor interno) ejerciéndolos sobre ella misma o transmitiéndolos a otra bola pasiva que toma, a su vez, el poder de moverse. En IB se comprende que el empuje de N bolas ocasiona la salida de otras N, por transmisión inmediata externa (a través de pequeños desplazamientos de cada bola). Aunque aparecen los dos factores constituyentes de impulso: peso y velocidad, no se utiliza como elemento explicativo en las transmisiones, por ser éstas inmediatas, y esto se explica desde el punto lógico, pues no hay ni conservación ni continuidad de sus efectos a lo largo de los choques, ni la velocidad varía de forma continua.

NIVEL II

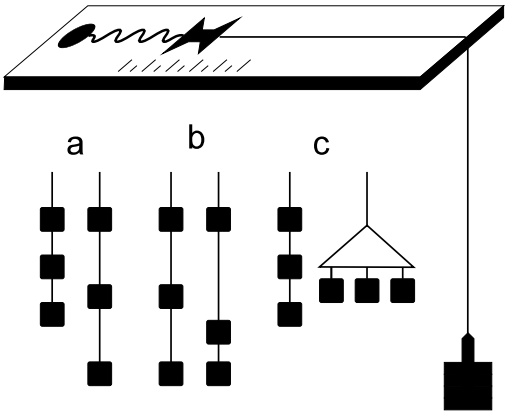
Ahora, el impulso se aprecia con más continuidad explicando la subida de la bola aislada por el impulso tomado en la bajada y "atraviesa" las bolas como una "corriente" y pone en movimiento la bola pasiva, aunque sea necesario un pequeño desplazamiento de las bolas intermedias (transmisión semi-interna) que implica la conservación del impulso. El peso se conserva en los choques y es relacionado con el impulso, a la vez, éste se diferencia de la velocidad y no son simplemente sinónimos, aunque no se aclara quien es el precedente. Se relacionan las variaciones de impulso y velocidad de manera imprecisa. En IIB la nueva función del peso como causa del descenso provoca ciertos retrocesos: ya no está claro que con N bolas salgan N.

NIVEL III

Está caracterizado por tres adquisiciones: a) la transmisión del impulso de la bola activa para que salga la última bola pasiva es tomada como puramente interna, b) la aceleración de la bola en la bajada es considerada como constante y c) hay regreso a la conservación del peso y, por tanto, de la acción. El peso es el factor que en la bajada se conserva y, a la vez, es el causante del movimiento descendente. La velocidad se considera que va siendo cada vez mayor con lo que se ponen en el camino de la aceleración como el factor que varía. De este modo el sujeto hace un acercamiento a la fórmula $F = m \cdot a$, no como síntesis de dos componentes sino por diferenciaciones y coordinaciones progresivas a partir de la noción indiferenciada de acción.

Experimento nº 28: ADITIVIDAD DE FUERZAS DE IGUAL DIRECCIÓN Y SENTIDO

PIAGET, J. 1975. La composición de la fuerzas y el problema de los vectores. (Morata, Madrid). pp. 11-55



A la púa fijada a un extremo de una tabla horizontal, se sujeta sucesivamente, un elástico, una placa y un hilo, cuyo extremo, que pende fuera de la tabla, se enganchan pesos de 50 g cada uno. Se dispone de tiras de papel de colores, para medir el desplazamiento de la placa. Cuestiones: a) se colocan pesas a intervalos iguales y desiguales; previsión de los efectos; comprobación posterior; nuevas explicaciones. b) dos hilos paralelos; en uno penden pesos a intervalos iguales, en el otro a intervalos desiguales, pero igual en número. Idem. c) de un hilo pende una percha con pesos en horizontal, en el otro hilo se colocan en vertical. Idem. También se les hacen preguntas sobre la acción de los pesos y las direcciones de las fuerzas, que entran en juego.

NIVEL I

No se prevén los efectos. No se llega a la aditividad de los pesos por alguna de las razones que se exponen: a) el resultado del esfuerzo común de n acciones, es superior al de n acciones yuxtapuestas, "[no tiran igual porque] allí hay 4 pesos y ahí hay 2 y 2, b) la pesa tira más porque ha bajado más y el descenso es la causa de que tira con más fuerza y c) las pesas tiran mejor por el simple hecho de ser el hilo más largo, ya que este es sinónimo de acción superior, es decir, un peso supera a otro en fuerza porque le supera el hilo en longitud, "ese tirará mucho porque tiene un hilo más largo". De los 12 sujetos examinados ninguno ha dicho que el peso aumente porque quede más bajo, sólo se han referido a la acción del peso a propósito de la longitud del hilo.

NIVEL II

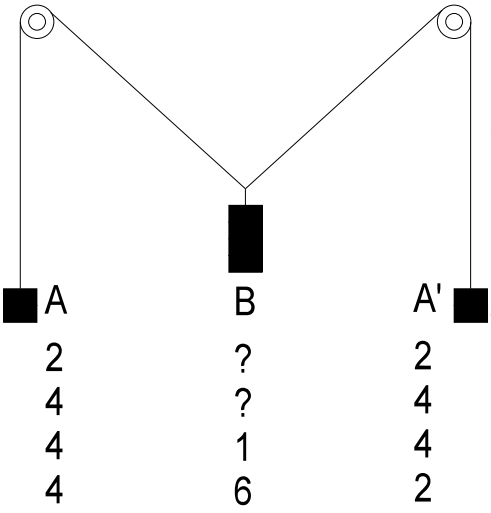
Se conserva el peso, primero frente a los cambios de posición, después también en los cambios de forma. En el nivel IIA se descubre la conservación del peso respecto a su posición junto a la aditividad de pesos, gracias a la cuantificación de este y por una centración del peso como una característica invariable de los objetos, que sobreestima el número frente a la acción, sin embargo en el nivel IIB, aún sin poner en duda la igualdad numérica, no les supone un argumento convincente para llegar a la igualdad de sus acciones, ya que ahora hay conciencia del papel del peso en las caídas y los descensos, asociando "más bajo" con "más fuerza", lo que les lleva a previsiones erróneas sobre la aditividad de las fuerzas, no así de los pesos como cantidades.

NIVEL III

Se comprende la aditividad de las fuerzas de tracción, por tres razones que explican la gran separación entre este nivel y el IIB: a) la acción del peso, explicará simultáneamente el descenso del cuerpo pesado y la tracción que ejerce sobre el elástico, no como dos acciones diferentes, y por tanto, cada pesa tira por el mero hecho de descender, b) la acción de cada pesa se transmite al elástico por transmisión mediata y puramente interna, independiente de las demás pesas (no se da el proceso acumulativo del nivel IIB; donde la transmisión es semiinterna y se mantiene una concepción solamente de fuerza-choque) y c) una fuerza continúa existiendo y actuando, incluso cuando no hay movimiento. En el nivel anterior un peso encima de una mesa no hace fuerza.

Experimento nº 29: COMPOSICIÓN DE FUERZAS EN VERTICAL

PIAGET, J. 1975. La composición de la fuerzas y el problema de los vectores. (Morata, Madrid). pp 56-74



Se dispone un tablero vertical con dos poleas y tres grupos de pesos variables que interaccionan en vertical. 1ª cuestión: se coloca el peso A y se pregunta ¿qué hay que hacer para que no se caiga?. 2ª cuestión: colocamos los pesos A y A' donde A=A'; se le piden que prevea lo que sucederá al poner el peso B, después del experimento se le pide explicaciones: ¿por qué se para?, ¿por qué se para ahí?. Preguntas análogas para diversas combinaciones de A, B y A', p.e. 1,1,1, 2,1,2 2,2,2 etc. 3ª cuestión: se le pide que prevea cuándo se añaden pesos en A y A', en cantidades iguales o desiguales realizando dibujos sobre la dirección de las fuerzas que intervienen. Se trata de analizar los papeles que juegan los distintos pesos.

NIVEL I

Tres reacciones características: a) ausencia de cuantificación de las acciones de los pesos; tratan de equilibrar 50g en A con 5g en A' o bien dos de 50g "para que sujete mejor", b) el efecto de los pesos depende del orden temporal de su colocación, dando a un solo peso el papel de activo y a otro el de pasivo, p.e. en 1,0,1 A tira y A' aguanta, si se pasa de 1,1,1 a 1,2,1, B se vuelve activo, c) las fuerzas existen tan sólo en estado de movimiento, de modo que en equilibrio no hay fuerzas. Añadiendo pesos en A y A', se prevé que B subirá por encima de la horizontal, y otros mejor orientados prevén que el hilo se quedará en horizontal cuando A=A'=4,5,6... y B=2 e incluso si B=10.

NIVEL II

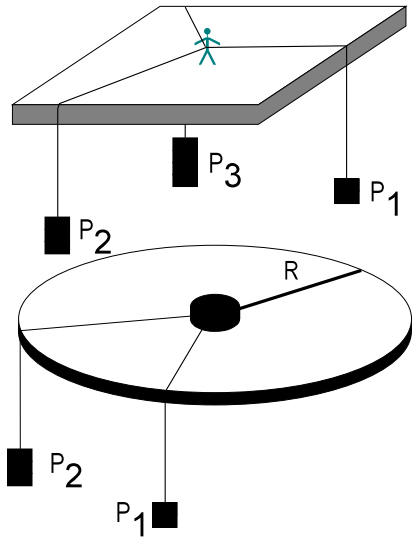
En este nivel se prevén ciertas situaciones concretas, gracias a que estos sujetos han llegado a la conservación del peso frente a los cambios de posición. Todos comprenden que el equilibrio de a,0,0, está en a,0,a' siendo a=a', pero para n, 2, n, donde n=3,4,5, etc, creen que el peso de B no tienen efectividad, lo que indica que se mantiene la ausencia de reciprocidad del nivel I. La explicación de las acciones son unilaterales, unos pesos "tiran" y otros "sujetan" (nociones ausentes del nivel I). El equilibrio se explica por el hecho de que un peso no puede seguir tirando si hay otros que lo sujetan de forma que compensan su efecto. Las fuerzas sólo existen si hay movimiento en el sistema de pesos.

NIVEL III

La 1ª novedad consiste en comprender que cada peso puede a la vez tirar y sujetar otros pesos y al mismo tiempo los otros le sujetan y tiran de él. La 2ª novedad es que en equilibrio los pesos siguen actuando como en estado de movimiento. En el nivel II las transformaciones posibles no están contenidas en los estados (p.e. exp.2), con el pensamiento formal las transformaciones (salchicha, trozitos...) es un simple sector real de lo posible. Los estados y las transformaciones pertenecen a un sistema único donde lo virtual posee una realidad física de igual naturaleza que lo real, esto hace que el equilibrio se vea como un conjunto de fuerzas que puede provocar movimientos virtuales.

Experimento nº 30: EL EQUILIBRIO DE TRES PESOS PRESENTADOS EN HORIZONTAL

PIAGET, J. 1975. La composición de la fuerzas y el problema de los vectores. (Morata, Madrid). pp 56-74



Sobre una plancha cuadrada, se dejan colgar tres pesos (ver fig.). En la unión de los tres hilos se pone un monigote 1. Ante tres pesos iguales se pide explicaciones del equilibrio y se pregunta cómo se puede variar la posición del monigote. 2. Se desplaza manualmente el monigote de su posición de equilibrio y se pregunta a) si el monigote permanecerá en ese lugar cuando se suelte y b) después o antes de la prueba, según prevea, se le pregunta por qué vuelve a tomar su posición inicial. 3. Se añaden pesos en P_2. Previsiones. Finalmente se le pregunta cómo se podría llevar el monigote a su posición inicial, sin quitar P_2. 4. Idem, cambiando dos componentes. 5. Idem, cambiando tres componentes. 6. Idem, variando la dirección de las fuerzas.

NIVEL I

No prevén la dirección del movimiento del monigote al poner una o varia pesas, ni ante un incremento igual de pesos. Aunque suelen admitir la vuelta del monigote a su posición inicial en 2, no comprenden que sea por los pesos sino que "los hilos tienen que volver a su sitio" o "el monigote tiene que estar en medio". El peso es apto para todas las acciones: empujar, propulsar, sujetar, tirar, etc, así, el peso del monigote puede compensar un añadido en P_2. En 3 no prevén la dirección, pero usan los datos una vez realizado el experimento. Colocando pesos en P_2 y P_3 (4), algunos creen que el muñeco irá primero a un lado y después al otro, otros que se irá hacia P_2, o indican extrañas trayectorias. No hay capacidad para simultanear las acciones.

NIVEL II

La función del peso se aclara: sólo tira. Se resuelve la cuestión 3. Incluso en 4 se comprende que cada peso tirará en su dirección, pero no de forma simultánea, o lo hacen en términos de elección o consideran que primero actúa uno y después el otro, lo que les hace fracasar. Algunos hacen intervenir el peso no modificado. Reacciones lógicas si se considera que las fuerzas sólo existen nada más que en movimiento y en la composición de la acción de dos pesos, ninguno tira hacia sí de modo perceptible. En IIB se da la solución para la mediana en 4. Se componen las direcciones de dos fuerzas iguales que forman un ángulo cualquiera. Pero ante la cuestión 5 aparecen reacciones propias del nivel IIA: se pierde la simultaneidad.

NIVEL III

En este nivel se resuelve de manera sencilla la cuestión 5 ya que las fuerzas que deben componerse han de concebirse actuando cada una por sí sola y, al mismo tiempo, componerlas sincrónicamente y no sucesivamente (de no ser así la composición es imposible), operaciones que sólo el pensamiento formal puede realizar. En cuanto a la cuestión 6, el número de sujetos que llegan al nivel III se reparten así: el 36% llegan a él en las cuestiones de intensidad y dirección a la vez, el 45%, llega antes en los problemas de dirección; y el 18% en los de intensidad. Esta asincronía cuando la solución de los problemas de composición ante variaciones de intensidad y de dirección son iguales denota cierta dependencia del contenido en este nivel.

CAPÍTULO 6

BIBLIOGRAFÍA REFERENCIADA

AA. VV. 1992. Educación Primaria. Currículo (Comunidad Autonoma de Andalucía) (Edebe, Barcelona).

AA.VV. 1995. Materiales Curriculares. Educación Secundaria Obligatoria, "Area de Ciencias de la Naturaleza". Junta de Andalucía, Vol.21.

ABIMBOLA, I.O. 1988. The problem of terminology in the study of student conceptions in science. Science Education, Vol.72, Nº2, pp. 175-184.

ACEVEDO, J.A. 1990. Aportaciones acerca del aprendizaje por analogía: modelos analógicos y conceptuales de la corriente eléctrica. Cambio educativo y desarrollo profesional. Actas del VII Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela, Sevilla, pp. 201-208.

ACEVEDO, J.A., BOLIVAR, J.P., LÓPEZ MOLINA, E.J. y TRUJILLO, M. 1989. Sobre las concepciones en dinámica elemental de los adolescentes formales y concretos y el cambio metodológico. Enseñanza de las Ciencias, Vol.7, Nº1, pp. 27-34.

ADEY, P.S. 1987. A Response To "Towards a Lakatosian Analysis of Piagetian and Alternative Conceptions Research Programs". Science Education, Vol.71, Nº1, pp. 5-7.

ALIBERAS, J., GUTIÉRREZ, R. e IZQUIERDO, M. 1989a. Modelos de aprendizaje en la didáctica de las ciencias. Investigación en la Escuela, Nº9, pp. 17-24.

ALIBERAS, J., GUTIÉRREZ, R. e IZQUIERDO, M. 1989b. La didáctica de las ciencias: una empresa racional. Enseñanza de las Ciencias, Vol.7, Nº3, pp. 277-284.

ALONSO, V., GONZÁLEZ, A. y SÁENZ, O. 1988. Estrategias operativas en la resolución de problemas matemáticos en el ciclo medio de la E.G.B. Enseñanza de las Ciencias, Vol.6, Nº3, pp. 251-264.

APOSTEL, L. 1986. Construcción y validación en la epistemología contemporánea, pp. 100-135. En J. Piaget y otros. Construcción y validación de las teorías científicas. Paidós. Argentina.

ARTIGUE, M. y DOUADY, R. 1986. La Didactique des Mathématiques en France. Revue Française de Pèdagogie, Nº76, pp. 69-88.

AUSUBEL, D.P. 1982. Psicología educativa, "Un punto de vista cognoscitivo" (Trillas, Mejico).

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. 1986. Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo (Trillas, Méjico).

BACHELARD, G. 1988. La formación del espíritu científico (Siglo XXI, Méjico).

BAENA CUADRADO, M.D. 1993. La "ciencia" del profesorado, enseñanza de las ciencias y aprendizaje científico. Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso), Nº Extra, pp. 25-26.

BAR, V. 1989. Introducing mechanics at the elementary school. Physics Education, Vol.24, pp. 348-352.

BELTRÁN, J.A. 1993. Procesos, estrategias y técnicas de aprendizaje (Síntesis, Madrid).

BOEHA, B.B. 1990. Aristotle, alive and well in Papua New Guinea science classrooms. Physics Education, Vol.25, pp. 280-283.

BORASI, R. 1986. On the nature of Problems. Educational Studies in Mathematics, Nº17, pp. 125-141.

BRINGUIER, J. 1977. Conversaciones con Piaget (Granica, Barcelona).

BRNA, P. 1987. Confronting dynamics misconceptions. Instructional Science, Nº16, pp. 351-379.

BROUSEAU, G. 1987. Estudes en Didactique des Mathematiques, "Fundaments et methodos de la didactique des mathematiques" (Université de Bourdeaux, Bordeaux).

BROWN, D.E. 1989. Students' concept of force: the importance of understanding third Newton´s law.. Physics Education, Vol.24, pp. 353-358.

BUNGE, M. 1981. La investigación científica (Ariel, Barcelona).

BURBULES, N.C. y LINN, M.C. 1991. Science Education and Philosophy of Science: congruence or contradition?. International Journal of Science Education, Vol.13, Nº3, pp. 227-241.

CALATAYUD, M.L. y GIL PÉREZ, D. 1993. La preparación docente del profesorado de facultades de

ciencias: una necesidad emergente. Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso), Nº Extra, pp. 35-36.

CAMACHO, S. 1991. (Proyecto docente, Universidad de Granada).

CAÑAL, P. 1995. Formación inicial y permanente del profesorado de Primaria, pp. 3-12. En Actas "La Didáctica de las Ciencias Experimentales a Debate". XV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Manga del Mar Menor (Murcia).

CAREY, S. 1986. Cognitive Science and Science Education. American Psychologist, Vol.41, Nº10, pp. 1123-1130.

CARMICHAEL, P. y otros. 1990. Rechearh on students' conceptions in science: a bibliography (Children's learning in Science, University of Leeds).

CARNICER, J., FURIÓ, C., GARCÍA, M.J., MARTÍNEZ, R., MATOSES, V. y USO, F. 1993. Facilitando el cambio didáctico de la formación permanente del profesorado de ciencias. Estudio de casos. Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso), Nº Extra, pp. 41-42.

CARRETERO, M. 1983. Las teorías neopiagetianas, pp. 207-224. En A. Marchesi, M. Carretero y J. Palacios. Psicología evolutiva. 1. Teorías y métodos. Alianza Editorial. Madrid.

CARRETERO, M.; LÓPEZ MANJÓN, A.; POZO, J.I.; LEÓN, J.A.; PÉREZ ECHEVARRIA, P. y ASENSIO, M. 1992. Psicología de la instrucción, razonamiento y conocimientos específicos. Infancia y Aprendizaje, Nº59, pp. 11-29.

CASE, R. 1983. El desarrollo intelectual: una reinterpretación sistemática, pp. 339-362. En M. Carretero y J.A. Madruga. Lecturas de psicología del pensamiento. Razonamiento, solución de problemas y desarrollo cognitivo. Alianza Editorial. Madrid.

CLAXTON, G. 1986. The alternative conceiver's conceptions. Studies in Science Education, Vol.13, pp. 123-130.

CLEMENT, J. 1982. Students' preconceptions in introductory mechanics. American Journal Physic, Vol.50, Nº1, pp. 66-71.

CLEMENT, J., BROWN, D.E. y ZIETSMAN, A. 1989. Not all preconceptions are misconceptions: finding "anchoring conceptions" for grounding instruction on students' intuitions. International Journal of Science Education, Vol.11, pp. 554-565.

CLOUGH, E.E. y DRIVER, R. 1986. A Study of Consistency in the Use of Students`Conceptual Frameworks Acroos Different Task Contexts. Science Education, Vol.70, Nº4, pp. 473-496.

COLL, C. 1992. Constructivismo e intervención educativa (I y II), "¿Cómo enseñar lo que ha de construirse?". Aula de Innovación Educativa, Nº2, pp. 79-82.

CONFREY, J. 1990. A Review of the Research on Student Conceptions in Mathematics, Science and Programming, pp. 3-56. En C. Cazden (Eds). American Education Research Association. Michigan State University. Review of Educational Research.

CRISCUOLO, G. F. 1987. ¿Pueden interpretarse las preconcepciones a la luz de las teorías del aprendizaje?. Enseñanza de las Ciencias, Vol.5, Nº3, pp. 231-234.

CROMBIE, A.C. 1979. Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo, "Siglos XIII-XVII" (Alianza Universitaria, Madrid).

DAVIDOFF, L.L. 1989. Introducción a la Psicología (McGraw- Hill, Mexico).

DE MANUEL, E. 1995. Didáctica de la Química. Orientación y tutorías en Prácticas de Enseñanza (Proyecto docente, Universidad de Granada).

DRIVER, R. 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias, Vol.4, Nº1, pp. 3-15.

DRIVER, R. 1988. Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum en Ciencias. Enseñanza de las Ciencias, Vol.2, Nº6, pp. 109-120.

DRIVER, R. y OLDHAM, V. 1986. A constructivist approach to curriculum development in Science. Studies in Science Education, Vol.13, pp. 105-122.

DUSCHL, R.A. y GITOMER, D.H. 1991. Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. Journal of Research in Science Teaching, Vol.28, Nº9, pp. 839-858.

ERAZO, M.A., CARDENAS, F.A. y SALCEDO, L.E. 1994. Investigación científica y formación de docentes en Ciencias. Actualidad Educativa, Vol.1, Nº2-3, pp. 22-30.

FELDMAN, C.F. 1990. El pensamiento a partir del lenguaje: la construcción lingüistica de las representaciones cognitivas. En J. Bruner y H. Haste. La elaboración del sentido. La construcción del mundo por el niño. Paidós. Barcelona.

FEYERABEND, P.K. 1974. Contra el método (Ariel, Barcelona).

FINEGOLD, M. y GORSKY, P. 1991. Students' concepts of force as applied to related physical systems: A search for consistency. International Journal of Science Education, Vol.13, Nº1, pp. 97-113.

FOSNOT, C.T. 1993. Rethinking Science Educación: A Defense of Piagetian Constructivism. Journal of Research in Science Teaching, Vol.30, Nº9, pp. 1189-1201.

FURIÓ, C.J. y GIL, D. 1989. La Didáctica de las Ciencias en la Formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados. Enseñanza de las Ciencias, Vol.7, Nº3, pp. 257-265.

FURIÓ, C.J. 1994. Tendencias actuales en la formación del profesorado de Ciencias. Enseñanza de las Ciencias, Vol.12, Nº2, pp. 188-199.

GALILI, I. 1993. Weight and gravity: teachers' ambiguity and students' confusion about the concepts. International Journal of Science Education, Vol.15, Nº2, pp. 149-162.

GALILI, I. y BAR, V. 1992. Motion implies Force: where to expect vestiges of the misconception?. International Journal of Science Education, Vol.14, Nº1, pp. 63-81.

GIL, D. 1991. ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de Ciencias?. Enseñanza de las Ciencias, Vol.9, Nº1, pp. 69-77.

GIL, D. 1993a. Contribución de la historia y de la filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. Enseñanza de las Ciencias, Vol.11, Nº2, pp. 197-212.

GIL, D. 1993b. Psicología Educativa y Didáctica de las Ciencias: los procesos de enseñanza/aprendizaje en las Ciencias como lugar de encuentro. Infancia y aprendizaje, Nº62, pp. 171-185.

GIL, D. 1994a. Diez años de investigación en Didáctica de las Ciencias: realizaciones y perspectivas. Enseñanza de las Ciencias, Vol.12, Nº2, pp. 154-164.

GIL, D. 1994b. Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. Investigación en la Escuela, Nº23, pp. 17-32.

GILBERT, J.K. y SWIFT, D.J. 1985. Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. Science Education, Vol.69, Nº5, pp. 681-696.

GIMENO SACRISTÁN, J. 1983. El profesor como investigador en el aula. Un paradigma de formación de profesores. Escuela y Sociedad, Nº2, pp. 51-72.

GIORDAN, A y de VECHI, G. 1987. Les origenes du savoir (Dalachaux, París). (Trad.cast. Los origenes del saber. Diada. Sevilla. 1988).

GÓMEZ, M.A., POZO, J.I., SANZ, A. y LIMÓN, M. 1992. La estructura de los conocimientos previos en Química: una propuesta de núcleos conceptuales. Investigación en la Escuela, Nº18, pp. 23-40.

GUNSTONE, R.F. y WATTS, M. 1989. Fuerza y movimiento, pp. 137-167. En R. Driver y otros. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Morata/M.E.C. Madrid.

HASHWEH, M.Z. 1986. Toward an explanation of conceptual change. European Journal of Science Education, Vol.8, Nº3, pp. 229-249.

HASHWEH, M.Z. 1988. Descriptives studies of students' conceptions in science. Journal of Research in Science Teaching, Vol.25, Nº2, pp. 121-134.

HELM, H. 1980. Misconceptions in physics amongst South African students. Physics Education, Vol.15, pp. 92-105.

HELLER, P.M. y FINLEY, F.N. 1992. Variable Uses of Alternative Conceptions: A Case Study in Current Electricity. Journal of Research in Science Teaching, Vol.29, Nº3, pp. 259-275.

HERRON, J.D. 1978. Role of learning and development: Critique of Novak's Comparisom of Ausubel and Piaget. Science Education, Vol.62, Nº4, pp. 593-605.

HEWSON, P.W. 1981. A conceptual change approach to learning science. European journal of science education, Vol.3, pp. 383-396.

HEWSON, P.W. 1990. La enseñanza de "fuerza y movimiento" como cambio conceptual. Enseñanza de las Ciencias, Vol.8, Nº2, pp. 157-171.

HEWSON, P.W. y THORLEY, R. 1989. The conditions of conceptual change in the classroom. Internacional Journal of Science Education, Vol.11, Nº5, pp. 541-553.

HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. 1991. La ciencia de los alumnos, "Su utilización en la didáctica de la Física y Química" (Elzevir, Vélez Málaga).

HODSON, D. 1985. Philosophy of Science, Science, Science and Science Education. Studies in Science Education, Nº12, pp. 25-67.

HODSON, D. 1992. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. International Journal of Science Education, Vol.14, Nº5, pp. 541-566.

HODSON, D. 1994. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciencias, Vol.12, Nº3, pp. 229-313.

HOLTON, G. 1976. Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas (Reverté, Barcelona). (Ver.orig. Introduction to Concepts and theories in Phisical Science. Addisson-Wesley. Massachusetts. 1952).

HOLTON, G. 1982. Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein (Alianza Universitaria, Madrid).

INHELDER, B. y otros, 1975. Aprendizaje y estructuras de conocimiento (Morata, Madrid).

INHELDER, B. y PIAGET, J. 1972. De la lógica del niño a la lógica adolescente (Paidos, Buenos Aires). (Ver.orig. De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent. Presses Universitaires de France. París. 1955).

IVOWI, U.M.O. 1984. Misconceptions in physics amongst Nigerian secondary school students. Physics Education, Vol.19, pp. 279-285.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. 1991. Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. Enseñanza de las Ciencias, Vol.9, Nº3, pp. 248-256.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. 1992a. Introducción a la Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza, pp. 7-12. En Jiménez Aleixandre y otros. Didáctica de las Ciencias Naturales. MEC. Madrid.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. 1992b. El desarrollo cognitivo y afectivo: objetivos de la enseñanza de las Ciencias, pp. 13-24. En Jiménez Aleixandre y otros. Didáctica de las Ciencias Naturales. MEC. Madrid.

JIMÉNEZ GÓMEZ, E. 1994. Didáctica de Física y Química (Proyecto docente, Murcia).

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.

JUNTA DE ANDALUCÍA. 1992. Decreto 106/1992 de 9 de Junio por el que se establecen las enseñanzas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía (BOJA de 20 de Junio de 1992).

JUNTA DE ANDALUCÍA. 1992. Decreto 106/1992 de 9 de Junio por el que se establecen las enseñanzas correspondientes a la Educación Primaria en Andalucía (BOJA de 20 de Junio de 1992).

KITCHENER, R. 1992. Piaget's Genetic Epistemology: Epistemological Impliactions for Science Education, pp. 116-146. En Duschl, R. y Hamilton, R.J. Philosophy of Science, Cognitive Psichology, and Educational Theory and Practice. State University of New York Press. New York.

KOULAIDIS, V. y OGBORN, J. 1989. Philosophy of science: an empirical study of teachers' views. International Journal of Science Education, Vol.11, Nº2, pp. 173-184.

KOYRE, A. 1977. Estudios de historia del pensamiento científico (Siglo XXI, Madrid).

KRUGER, C., PALACIO, D. y SUMMERS, M. 1992. Surveys of English Primary Teachers' Conceptions of Force, Energy and Materials. Vol.76 (Science Education).

KUHN, T.S. 1981. La estructura de las revoluciones científicas (Fondo de Cultura Económica, Madrid).

LAKATOS, I. 1983. La metodología de los programas de investigación científica (Alianza Universitaria, Madrid).

LAWSON, A.E. 1993a. Deductive reasoning, brain maduration, and science concept acquisition: Are they linked?. Journal of Research in Science Teaching, Vol.30, Nº9, pp. 1029-1051.

LAWSON, A.E. 1993b. Inductive-deductive versus Hypothetico-deductive reasoning: A reply to Yore. Journal of Research in Science Teaching, Vol.30, Nº6, pp. 613-614.

LAWSON, A.E. 1994. Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. Enseñanza de las Ciencias, Vol.12, Nº2, pp. 165-187.

LAWSON, A.E., BAKER, W.P., DIDONATO, L., VERDI, M.P. y JOHNSON, M.A. 1993. The role of hypotetico-deductive reasoning and physical analogues of molecular interactions in conceptual change. Journal of research in Science teaching, Vol.30, Nº9, pp. 1073-1085.

LAWSON, A.E., MC ELRATH, C.B., BURTON, M.S., JAMES, B.D., DOYLE, R.P., WOODWARD, S.L., KELLERMAN, L. 1991. Hypotetico-deductive reasoning skill and concept acquisition: Testing a constructivis hypothesis. Journal of Research in Science teaching, Vol.28, Nº10, pp. 953-970.

LISTON, Z. y ZEICHNER, K. 1991. Formación del profesorado y condiciones sociales de la escolarización (Morata, Madrid).

LÓPEZ RUPÉREZ, F. 1990. Epistemología y didáctica de las ciencias. Un análisis de segundo orden. Enseñanza de las Ciencias, Vol.8, Nº1, pp. 65-74.

M.E.C. 1989. Diseño Curricular Base, "Educación Primaria, I y II" (M.E.C, Madrid).

M.E.C. 1991. Real Decreto: Enseñanzas Mínimas (Educación Primaria) (BOE (13-9-91), Madrid).

M.E.C. 1993. Ley Organica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) (BOE (31-12-93), Madrid).

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

MARCELO, C. 1989. Introducción a la Formación del Profesorado: Teoría y Métodos (Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla).

MARÍN, N. 1984a. Evaluación de dos métodos experimentales en la enseñanza de la Física básica. (Tesina inédita), Facultad de Ciencias de la Univeridad de Granada.

MARÍN, N. 1984b. Cuaderno de experimentos de Física para Maestros, pp. 85-92. En Actas de los IV Encuentros de Didáctica de Física y Química. Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz. Cádiz.

MARÍN, N. 1985a. Evaluación del aprendizaje por descubrimiento en Física, pp. 86-92. En Actas de los. V Encuentros de Didáctica de Física y Química. Tipografía Católica. Córdoba.

MARÍN, N. 1985b. Taxonomía evaluativa basada en la teoría de Piaget. VI Encuentros de la Física y Química, Málaga.

MARÍN, N. 1986. Experimentos de Física para maestros (Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada, Granada).

MARÍN, N. 1990. Implicaciones didácticas de una interpretación relativista de los estadios piagetianos, pp. 251-259. En X Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Servicio de publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Ciudad Real.

MARÍN, N. 1991. Criterios de Actuación Didáctica (El autor, Almería).

MARÍN, N. 1992. La devaluación de las nociones previas en la teoría piagetiana. Investigación en la Escuela, Nº16, pp. 23-35.

MARÍN, N. 1994a. Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. Revista interuniversitaria de formación del profesorado, Nº20, pp. 195-208.

MARÍN, N. 1994b. Evolución de los esquemas explicativos en situaciones de equilibrio mecánico. (Tesis inédita), Facultad de Ciencias de la Univeridad de Granada.

MARÍN, N. 1995. Metodología para obtener información del alumno de interés didáctico (Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería, Almería).

MARÍN, N. y JIMÉNEZ GÓMEZ, E. 1992. Problemas metodológicos en el tratamiento de las concepciones de los alumnos en el contexto de la filosofía e historia de la Ciencia. Enseñanza de las Ciencias, Vol.10, Nº3, pp. 335-339.

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.

MARINA, J.A. 1996. El laberinto sentimental (Anagrama, Barcelona).

MARTINAND, J.L. 1986. Quelques apports des recherches en didactique a l'enseignement des Sciences Physiques. Bulletin de L'Union des Physiciens, Nº706, pp. 891-913.

MARTÍNEZ AZNAR, M.M. 1990. Perspectivas sobre tipos y resolución de problemas. Cambio educativo y desarrollo profesional. Actas del VII Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela, Sevilla, pp. 38-44.

MARTÍNEZ TORREGROSA, J., DOMÉNECH, J.J. y VERDÚ, R. 1993. Del derribo de ideas al levantamiento de puentes:, "La Epistemología de la Ciencia como criterio organizador de la enseñanza de las ciencias Física y Química". Qurriculum, Nº6, pp. 67-89.

MATHIEU, J., y THOMAS, R. 1985. Manuel de Psychologie (Vigot, París).

MATTHEWS, M.R. 1990. History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement. Studies in Science Education, Vol.18, pp. 25-51.

MATTHEWS, M.R. 1994a. Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. Enseñanza de las Ciencias, Vol.12, Nº2, pp. 255-277.

MATTHEWS, M.R. 1994b. Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. Enseñanza de las Ciencias, Vol.12, Nº1, pp. 79-88.

MAYER, R.E. 1986. Pensamiento, resolución de problemas y cognición (Paidós, Barcelona).

MC C LELLAND, J.A. 1984. Alternative frameworks: interpretación of evidence. Eur. J. Sci. Educ., Vol.6, Nº1, pp. 1-6.

MEDINA RIVILLA, A. 1988. Teoría de la enseñanza (UNED, Madrid).

MELLADO, V. y CARRACEDO, D. 1993. Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias, Vol.11, Nº3, pp. 331-339.

MILLAR, R. 1989. Constructive criticisms. Int. J. Sci. Educ., Vol.11, pp. 587-596.

MILLAR, R. y DRIVER, R. 1987. Beyond Processes. Studies in Science Education, Nº14, pp. 33-62.

MONK, M. 1990. A Genetic Epistemological Analysis of Data on Children's ideas about DC electrical circuits. Research in Science & Technological Education, Vol.8, Nº2, pp. 133-143.

MONK, M. 1991. Genetic epistemological notes on recent research into children's undertanding of light. International Journal of Science Education, Vol.13, Nº3, pp. 255- 270.

MONTANERO, M. y PÉREZ, A.L. 1995. A survey of students' understanding of colliding bodies. Vol.30 (Physics Education).

MOREIRA, M.A. 1994. Diez años de la revista Enseñanza de las Ciencias: de una ilusión a una realidad. Enseñanza de las Ciencias, Vol.12, Nº2, pp. 147-153.

NIAZ, M. 1989. The relationship betwen M-Demand, Algorithms, Problem Solvin: A Neopiagetian Analysis. Journal of Chemical Education, Vol.66, Nº5, pp. 422-424.

NIAZ, M. 1991a. Correlates of formal operational reasoning: a neo-piagetian analysis. Journal of Rechearch in Science Teaching, Vol.28, Nº1, pp. 19-40.

NIAZ, M. 1991b. Role of the Epistemic Subject in Piaget's Genetic Epistemology and its importance for Science Education. Journal of Research in Science Teaching, Vol.28, Nº7, pp. 569-580.

NIAZ, M. 1993. If Piaget's Epistemic Suject is Dead, Shall we Bury the Sccientific Research Methodology of Idealization?. Journal of Research in Science Teaching, Vol.30, Nº7, pp. 809-812.

NOCE, G., TOROSANTUCCI, G. y VICENTINI, M. 1988. The floating of objects on the moon: Prediction from a theory or experimental facts?. International Journal of Science Education, Vol.10 pp. 61-70.

NOVAK, J.D. 1982. Teoría y práctica de la educación (Alianza Universitaria, Madrid).

NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. 1988. Aprendiendo a aprender (Martínez Roca, Barcelona). (Trad. cast. Learning how to learn. Cambridge University press. 1984).

OSBORNE, R.J. y GILBERT, J.K. 1980. A technique for exploring students' views of the world. Physic Education, Vol.15, Nº6, pp. 376-379.

PACCA, J.L.A. y SARAIVA, J.A.F. 1989. Causalidad y operaciones en la interpretación de las concepciones espontáneas. Enseñanza de las Ciencias, Vol.7, Nº3, pp. 266-270.

PASCUAL-LEONE, J. 1979. La teoría de los operadores constructivos, pp. 208-228. En Juan Delval. Lecturas de psicología del niño. Alianza Universitaria. Madrid.

PASCUAL-LEONE, J. 1983. Problemas constructivos para teorías constructivas, "La relevancia actual de la obra de Piaget y una crítica a la psicología basada en la simulación del procesamiento de información", pp. 363-392. En M. Carretero y J.A. García Madruga. Lecturas de psicología del pensamiento. Alianza Editorial. Madrid.

PERALES, F.J. 1992. Desarrollo cognitivo y modelo constructivista en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Rvta. Interuniversitaria de Formación del Profesorado, Nº13, pp. 173-189.

PERALES, F.J. 1993a. El constructivismo en la Didáctica de las Ciencias, "Luces y sombras". XIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Cáceres.

PERALES, F.J. 1993b. La resolución de problemas: una revisión estructurada. Enseñanza de las Ciencias, Vol.11, Nº2, pp. 170-178.

PÉREZ GÓMEZ, A. 1995. La interacción teoría-práctica en la formación del docente. En AA. VV. El trabajo docente y psicopedagógico en la Educación Secundaria. Aljibe. Granada.

PÉREZ LÓPEZ, J. 1990. Inferencias causales y clasificación: su relación en niños de 4-7 años. Infancia y apredizaje, Nº49, pp. 91-106.

PIAGET, J. 1946. Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant (P.U.F., París).

PIAGET, J. 1974. El estructuralismo (Oikos-tau, Barcelona).

PIAGET, J. 1975. La composición de la fuerzas y el problema de los vectores (Morata, Madrid). (Ver.orig. La composition des forces et le problème des vecteurs. P.U.F. París. 1973).

PIAGET, J. 1976. La toma de conciencia (Morata, Madrid). (Ver.orig. Le prise de conscience. Presses Universitaires de France. París. 1974).

PIAGET, J. 1977a. Epistemología genética (Solpin, Argentina). (Ver.orig. L'epistemologie génetique. Presses Universitaires de France. París. 1970).

PIAGET, J. 1977b. Lógica y psicología (Solpin, Argentina). (Ver.orig. Logic and psychology. Manchester University Press. New York. 1953).

PIAGET, J. 1977c. La explicación en las Ciencias. (Martínez Roca, Barcelona).

PIAGET, J. 1978a. La equilibración de las estructuras cognitivas, "Problema central del desarrollo". (Siglo XXI, Madrid).

PIAGET, J. 1978b. La representación del mundo en el niño (Morata, Madrid). (Ver.orig. La representation du monde chez l'enfant. Presses Universitaires de France. París. 1926).

PIAGET, J. 1980a. Psicología y pedagogía (Ariel, Barcelona). (Ver.orig. Psychologie et pédagogie. Gonthier. París. 1969).

PIAGET, J. 1980b. Biología y Conocimiento. (Siglo XXI, Méjico).

PIAGET, J. 1981. Psicología y Epistemología (Ariel, Barcelona). (Ver.orig. Psychologie et épistémologie. Denoël-Gonthier. París. 1970).

PIAGET, J. 1984. Psicología de la inteligencia (Psique, Buenos Aires). (Ver.orig. La psychologie de l'intelligence. A. Colin. París. 1947).

PIAGET, J. e INHELDER, B. 1948. La représentation de l'espace chez l'enfant (P.U.F., París).

PIAGET, J. e INHELDER, B. 1968. Mémoire et intelligence (P.U.F., París).

PIAGET, J. e INHELDER, B. 1971. El desarrollo de las cantidades en el niño (Nova Terra, Barcelona). (Ver.orig. Le développement des quantités physiques. Delachaux & Niestle. París. 1941).

PIAGET, J. e INHELDER, B. 1976. Génesis de las estructuras lógicas elementales, "Clasificaciones y seriaciones" (Guadalupe, Buenos Aires (Argentina)). (Ver.orig. La genèse des structures logiques élémentaires. Delachaux & Niestlé. París. 1959).

PIAGET, J. e INHELDER, B. 1984. Psicología del niño (Morata, Madrid). (Ver.orig. La psychologie de l'enfant. Presses Universitaires de France. París. 1969).

PIAGET, J y SZEMINSKA, A. 1982. Génesis del número en el niño (Guadalupe, Buenos Aires).

PIAGET, J., INHELDER, B. y SZEMINSKA, A. 1948. La géométrie spontanée de l'enfant (P.U.F., París).

PIAGET, J. y GARCÍA, R. 1973. Las explicaciones causales (Barral, Barcelona).

POLYA, G. 1945. How to solve it (Pricenton University Press, Nueva Jersey). (Ver.orig. Cómo plantear y resolver problemas. Trillas. Méjico. 1965).

POLYA, G. 1968. Mathematical discovery (Wiley, Nueva York).

POMES RUIZ, J. 1991. La metodología de resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: un punto de vista postpiagetiano. Enseñanza de las Ciencias, Vol.9, Nº1, pp. 78-82.

POSADA, J.M. 1993. Las teorías constructivistas y las concepciones de los alumnos: hacia una teoría aglutinadora. Enseñanza de las Ciencias, Nº Extra, pp. 121-122.

POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. 1982. Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of conceptual change. Science Education, Vol.66, Nº2, pp. 211-227.

POZO, J.I. 1987. Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal (Visor, Madrid).

POZO, J.I. 1992. Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las Ciencias (MEC, Madrid).

POZO, J.I. 1993. Psicología y Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza ¿concepciones alternativas?. Infancia y aprendizaje, Nº62, pp. 187-204.

POZO, J.I., SANZ, A., GÓMEZ, M.A. y LIMÓN, M. 1991a. Las ideas de los alumnos sobre ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. Enseñanza de las Ciencias, Vol.9, Nº1, pp. 83-94.

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).

POZO, J.I., PÉREZ, M., SANZ, A. y LIMÓN, M. 1992. Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como

teorías implícitas. Infancia y Aprendizaje, Nº57, pp. 3-22.

POZO, J.I. y CARRETERO, M. 1987. Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia?. Infancia y Aprendizaje, Nº38, pp. 35-52.

REYNOSO, H.E., ENRIQUE FIERRO, H., GERDO TORRES, O., VICENTINI-MISSONI, M. y PÉREZ DE CELIS, J,H. 1993. The alternative frameworks presented by Mexican students and teachers concerning the free fall of bodies. International Journal of Science Education. Vol.15, Nº2, pp. 127-138.

RICHMOND, P.G. 1980. Introducción a Piaget (Fundamentos, Madrid).

RIVIERE, A. 1992. Sobre "Psicología de la instrucción, razonamiento y conocimientos específicos", "Comentarios a la ponencia de M. Carretero y al.". Infancia y aprendizaje, Nº59, pp. 31-33.

ROBINSON, W. R. y NIAZ, M. 1991. Performance based on instruction by lecture or by interaction and its relationship to cognitive variables. International Journal Science Education, Vol.13, Nº2, pp. 203-215.

RODRÍGUEZ LÓPEZ, M. J. 1983. Psicología evolutiva y procesamiento de la información, pp. 225-246. En A. Marchesi, M. Carretero y J. Palacios. Psicología evolutiva: 1. Teorías y métodos. Alianza Editorial. Madrid.

ROTH, W.M. 1990. Neo-piagetian predictors of achievement in physical science. Journal of research in science teaching, Vol.27, Nº6, pp. 509-521.

ROTH, W.M. y MILKENT, M.M. 1991. Factors in the development of proportional reasoning strategies by concrete operational college students. Journal of research in science teaching, Vol.28, Nº6, pp. 553-566.

RUGGIERO, S., CARTELLI, A., DUPRE, F. y VICENTINI-MISSONI, M. 1985. Weight, gravity and air pressure: Mental representations by Italian middle school pupils. Vol.7 (European Journal of Science Education).

SALINAS DE SANDOVAL, J. y COLOMBO DE CUDMANI, L. 1993. Epistemologías docentes intuitivas y estrategias educativas en Física. Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso), Nº Extra, pp. 127-128.

SALTIER, E. y VIENNOT, L. 1985. ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?. Enseñanza de las Ciencias, Vol.3, Nº2, pp. 137-145.

SCHÖN, D. 1992. La formación de profesionales reflexivos. Hacia el nuevo diseño de enseñanza y aprendizaje (Paidos. MEC, Madrid).

SEBASTIA, J.M. 1989a. Cognitive constraints and spontaneous interpretations in physics. International Journal of Science Educatión, Vol.11, Nº4, pp. 363-369.

SEBASTIA, J.M. 1989b. El constructivismo: un marco teórico problemático. Enseñanza de las Ciencias, Vol.7, Nº2, pp. 158-161.

SEBASTIA, J.M. 1992. Constructivismo restringido: ¿una perspectiva viable?. International Conference of History of the Physical-Mathematical Sciences and the Teaching of Sciences, Madrid, pp. 160-161.

SEBASTIA, J.M. 1993. ¿Cuál brilla más?: Predicciones y reflexiones acerca del brillo de las bombillas. Enseñanza de las Ciencias, Vol.11, Nº1, pp. 45-50.

SEQUEIRA, M. y LEITE, L. 1991. Alternative Conceptions and History of Science in Phisycs Teacher Education. Science Education, Vol.75, Nº1, pp. 44-56.

SERRANO, J.A. 1978. Pensamiento y concepto (Trillas, Mexico).

SHAYER, M. 1993. Piaget: Only the Galileo of Cognitive development? Comment on Niaz and Lawson on Genetic Epistemology. Journal of Research in Science Teaching, Vol.30, Nº7, pp. 815-818.

SHAYER, M. y ADEY, P. 1984. La ciencia de enseñar Ciencia, "Desarrollo cognoscitivo y exigencias del curriculum" (Narcea, Madrid).

SHAYER, M. y ADEY, P.S. 1992a. Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students II: Postproject effects on Science achievement. Journal of Research in Science Teaching, Vol.29, Nº1, pp. 81-92.

SHAYER, M. y ADEY, P.S. 1992b. Accelerating the development of formal thinking in the middle and high school students III: Testing the permanence of effects. Journal of Research in Science teaching, Vol.29, Nº10, pp. 1101-1115.

SHAYER, M. y ADEY, P.S. 1993. Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students IV: three years after a two years intervention. Journal of Research in Science Teaching, Vol.30, Nº4, pp. 351-366.

SHULMAN, L.S. 1989. Paradigmas y Programas de Investigación en el estudio de la enseñanza: Una perspectiva conteporanea. En WITTROCK, M.C. La Investigación de la Enseñanza. Tomo 1. Enfoques, teorías y Métodos. Paidos.

SOLBES, J., NEBOT, V. y RIBELLES, R. 1993. Una actividad C.T.S en las ciencias de la naturaleza de 4º de E.S.O: L'hort de trenor. Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso), Nº Extra, pp. 129-130.

SOLBES, J. y VILCHES, A. 1993. El modelo de enseñanza por investigación y las relaciones C/T/S. Resultados de una experiencia llevada a cabo con alumnos de BUP y COU. Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso), Nº Extra, pp. 133-134.

STAVY, R. 1990. Pupils' problems in understanding conservation of matter. Internacional Journal of Science Education, Vol.12, Nº3, pp. 501-512.

STEINBERG, M.S., BROWN, D.E. y CLEMENT, J. 1990. Genius is not immune to persistent misconceptions: conceptual difficulties impeding Isaac Newton and contemporary physics students. International Journal of Science Education, Vol.12, Nº3, pp. 265-273.

STRIKE, K.A. y POSNER, G.J. 1990. A revisionist theory of conceptual change. En R.Duschl y R. Hamilton (eds). Philosophy of Science, Cognitive Science and Educacional Theory and Practice. Suny Press. Nueva York.

TERHART, E. 1988. Phylosophy of Science and School Science Teaching. Int. J. Sci. Educ., Vol.10, Nº1, pp. 11-16.

THIJS, G.D. 1992. Evaluation of an Introductory Course on "Force" considering students' preconceptions. Science Education, Vol.76, Nº2, pp. 155-174.

TOULMIN, S. 1972. Human understanding Vol I. The collective usage and evolution of concepts (Pricenton University Press, Pricenton). (Trad.cast. La comprensión humana, I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Alianza Universitaria. Madrid. 1977).

TRUMPER, R. y GORSKY, P. 1993. Learning about Energy: The influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed mindedness. Journal of Research in Science Teaching, Vol.30, Nº7, pp. 637-648.

TWIGGER, D., BYARD, M., DRIVER, R., DRAPER, S. y otros. 1994. The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years:, "an interview study designed to guide instruction". Int. J. Sci. Educ., Vol.16, Nº2, pp. 215-229.

VIENNOT, L. 1979. Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire (Hermann).

VILLANI, A. y PACCA, J.L.A. 1990. Spontaneous reasoning of graduate students. Int. J. Sci. Educ., Vol.12, Nº5, pp. 589-600.

VUYK, R. 1985. Panorámica y crítica de la epistemología genética de Piaget 1965-1980 (Alianza Universitaria, Madrid).

WANDERSEE, J.H. 1985. Can the History of Science help Science Educators anticipate students´misconcceptions?. Journal of Research in Science Teaching, Vol.23, Nº7, pp. 581-597.

WEIłB ARAIS, A. y LEMEIGNAN, G. 1991. Problematiques du changement conceptual. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Granada.

WITKIN, H.A., MOORE, C.A., GOODENOUGH, D.R. y COX, P.W. 1977. Field-dependent and field-independent, cognitive styles and their educational implications. Review of Educational Research, Vol.47, Nº1, pp. 1-64.

WITKIN, H.A., OLTMAN, P.K., RASKIN, E. y KARG, S.A. 1982. Test de Figuras Enmascaradas (TEA, Madrid).

YORE, L.D. 1993. A comment on "Hypotheticodeductive reasoning skills and concept acquisition: Testing a constructivist Hypothesis". Journal of Research in Science Teaching, Vol.30, Nº6, pp. 607-611.