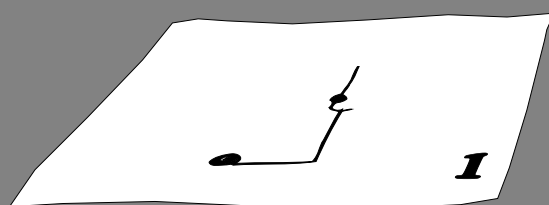
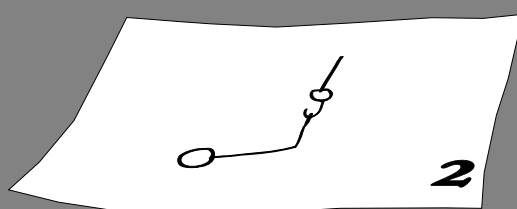
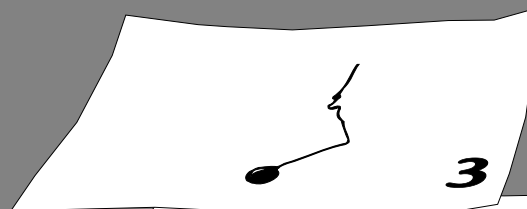
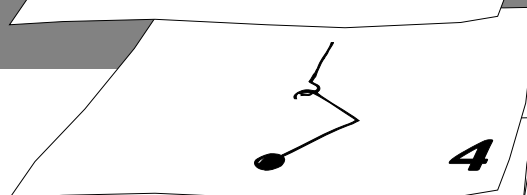
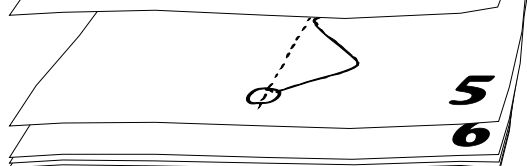


Metodología para obtener información del alumno de interés didáctico

Nicolás Marín Martínez



Metodología para obtener información del alumno de interés didáctico

Nicolás Marín Martínez
Profesor titular del Departamento de Didáctica
Universidad de Almería

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA. METODOLOGÍA PARA
OBTENER INFORMACIÓN DEL ALUMNO DE INTERÉS
DIDÁCTICO. ISBN: 84-8240-074-6-X.
Depósito Legal: AL/573-1994. Servicio
de Publicaciones. Campus Universitario
de la Cañada

GENESIS DEL TRABAJO

En 1977 Cuadernos de Pedagogía dedicaba un extenso dossier al trabajo de Piaget en su nº 27. Uno de los artículo firmado por Monserrat Moreno hacía una propuesta didáctica en la que se defendía *"el diseño de los procesos de enseñanza acomodándose a las peculiaridades cognoscitivas del alumno"* y que chocaba con una enseñanza más centrada en la comunicación del mensaje bien estructurado, coherente y sin errores (*aquellos que era bien enseñado se debería aprender bien*) que en la posible comprensión de dicho mensaje por parte del alumno.

El punto de vista didáctico de la prof. Moreno despertó mi curiosidad y el deseo de conocer mejor la propuesta piagetiana, incluso antes de incorporarme como docente en la Escuela de Magisterio de Almería. Después, ya como profesor, mi interés por Piaget se torna en necesidad, pues su teoría cognoscitiva es utilizada para fundamentar asignaturas como la Didáctica del Area de Experiencia.

El interés por este autor me llevó a intentar conocerle personalmente, pero desgraciadamente su última enfermedad me lo impidió.

Así pues, además de una formación universitaria en Ciencias Físicas, adquirir otra personal sobre psicología cognoscitiva, ambas han dado origen a los esquemas cognoscitivos que se aplican en esta investigación. Por tanto, no es de extrañar que este trabajo pueda parecer atípico tanto al físico como al psicólogo, ya que en cierto modo es un trabajo de psicología realizado por un físico.

La tesis pensamos que cubre un campo de investigación importante que, en estos momentos, no lo suele hacer la Física ni la Psicología y resulta de gran interés para el área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, pues no debemos olvidar que los mecanismos que pone en juego el alumno cuando aprende un contenido de Física se dan en un plano psicológico.

Para encontrar los primeros vestigios de este trabajo hay que retroceder al curso 78-79 cuando realizaba estudios sobre la **"Evolución de la comprensión de los fenómenos físicos en el niño"**, con ellos pretendía describir las concepciones de los alumnos de E.G.B (de 2º a 8º) en dos ramas de la Física: Mecánica y Optica. 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 encuentran dos conceptos que pueden ser considerados como los antecedentes de los **esquemas de búsqueda**: 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.

La génesis del modelo cognoscitivo que se propone en este trabajo se remonta al año 1980, cuando observo que además de las operaciones mentales, propuestas por Piaget como los elementos de la estructura cognoscitiva determinantes de las **explicaciones causales**, existen otros dependientes del contenido físico capaces de explicar los desfases entre operaciones y causalidad. De esta observación surgen una serie de ideas, cuestiones y posibles respuestas que, en muchos casos nacen por el puro placer de saciar la curiosidad, pero de ningún modo son consideradas importantes como para ser publicadas, lo que explica que haya que esperar hasta 1989 para exponer algunas de ellas en el trabajo **"Implicaciones didácticas de una interpretación relativista de los estadios piagetianos"** y posteriormente en 1992 en **"La devaluación de las nociones previas en la teoría piagetiana"**.

En Febrero de 1990 se inicia este trabajo con la pretensión de ordenar, precisar, concretar y, sobre todo, dar coherencia a las ideas y elaboraciones anteriormente expuestas.

El desarrollo de esta investigación ha sido en todo momento difícil. Los periodos cronológicos más significativos han sido la revisión bibliográfica (1991), la grabación de las entrevistas individuales (Febrero-Abril, 1992), la categorización de datos (Abril-Septiembre, 1992), el tratamiento estadístico de los datos (Noviembre de 1992 a Enero de 1993), la revisión bibliográfica piagetiana y posterior síntesis (Febrero-Junio, 1993), la obtención de las conclusiones (Enero-Julio, 1994).

Mi agradecimiento a Enrique Jiménez, por su infinita paciencia y comprensión, por filtrar mi producción divergente haciéndola más asimilable, por la revisión de un trabajo difícil de digerir, por dejarme hacer; no es una formalidad si digo que posiblemente este trabajo no sería lo que es sin su intervención.

A Alicia Benarroch por los trabajos que hemos llevado juntos y que tanto han ayudado a aclarar ideas expuestas en éste y, principalmente, por las estimulantes conversaciones sobre el modelo cognoscitivo propuesto que, sin duda alguna, me obligaron a precisarlo.

A Barbara, Maribel y Juanjo por sus acertadas revisiones y a los miembros de los Departamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales de las Universidades de Granada, Murcia y Centro de Cálculo de Almería que tan generosamente han puesto a mi disposición todo el material bibliográfico e informático que he necesitado.

INDICE

Capítulo 1

INTRODUCCION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.	Importancia de las concepciones del alumno en el aprendizaje significativo.....	15
1.1.	Las distintas propuestas constructivistas del aprendizaje enfatizan la importancia de las concepciones.	15
1.2.	Existen dos modos diferentes de tratar el contenido cognoscitivo del alumno: el piagetiano y el constructivista... ..	16
2.	La visión piagetiana de las concepciones.	17
3.	Visión constructivista de las concepciones..	18
3.1.	Problemas metodológicos en la búsqueda de concepciones en el constructivismo.	19
4.	Objetivos del trabajo.	22

Capítulo 2

FUNDAMENTOS TEORICOS

1.	Introducción.	25
2.	Fundamentos psicológicos de la acomodación didáctica.	26
2.1.	La propuesta de acomodación didáctica de Ausubel... ..	26
2.2.	El desarrollo cognoscitivo según Ausubel.	27
2.3.	Generalidades sobre génesis, elementos y procedimientos cognoscitivos para una acomodación didáctica, según una perspectiva piagetiana... ..	28
	SOBRE EL PAPEL DE LA ACCIÓN EN EL DESARROLLO DE LA INTELIGENCIA, SU RELACIÓN CON LA PERCEPCIÓN. (28), DISTINCIÓN ENTRE PENSAMIENTO FIGURATIVO Y OPERATORIO, ENTRE SIGNIFICANTES Y SIGNIFICADOS (30), LA IMAGEN MENTAL (30), EL LENGUAJE (31), EL PASO AL PENSAMIENTO OPERATORIO: DESCENTRAMIENTO, ABSTRACCIÓN EMPÍRICA Y REFLEXIVA (32), MECANISMOS COGNOSCITIVOS EN LAS EXPLICACIONES DE LOS ALUMNOS (33), LAS CONDUCTAS TIPO $\square$, δ y $\square$ EN LOS PROCESOS DE EQUILIBRACIÓN (35)	
3.	Estudios sobre la validez de las teorías psicológicas anteriormente expuestas.	36
3.1.	Análisis crítico de la teoría ausubeliana.....	37
3.2.	Análisis crítico del entramado conceptual piagetiano desde la perspectiva ausubeliana.....	38
3.3.	El trabajo de recopilación crítica de Rita Vuyk.	39
	EL CONTENIDO ES TAN DETERMINANTE COMO LA ESTRUCTURA LÓGICA DE UNA TAREA (39), CRÍTICAS SOBRE LOS ESTADIOS (40), EL ENTRAMADO PIAGETIANO TIENE CARÁCTER DESCRIPTIVO. (40), LA TEORÍA DE PIAGET ESTÁ FORMULADA EN TÉRMINOS TAN VAGOS QUE ES IMPOSIBLE FALSARLA (40), LA DESCRIPCIÓN DEL PENSAMIENTO NATURAL EN TÉRMINOS DE ESTRUCTURAS LÓGICAS NO ES LA MÁS ADECUADA (40), MUCHAS DE LAS CRÍTICAS QUE SE HACEN A PIAGET POSEEN POCO FUNDAMENTO O ESTÁN MAL DOCUMENTADAS (40), NO HAY UNA ARGUMENTACIÓN CRÍTICA SUFICIENTEMENTE VÁLIDA QUE ACONSEJE ABANDONAR EL TRABAJO DE PIAGET, QUE,	

4.	Planteamientos neopiagetianos ligados al procesamiento de la información..	42
4.1.	Teoría de los operadores constructivos de Pascual-Leone.	42
4.2.	La teoría de los automatismos de Case.	44
4.3.	Comentarios acerca de los neopiagetianos..	45
5.	El punto de vista personal: elementos cognoscitivos dependientes del contenido..	46
5.1.	La teoría de Piaget es poco sensible al contenido específico tarea.	46
5.2.	La importancia de las variables físicas de la tarea.	48
5.3.	Los esquemas cognofísicos..	50
5.4.	Explicación de los desfases.	53

Capítulo 3

METODOLOGIA Y ESQUEMAS DE BUSQUEDA

1.	¿Son las concepciones la mejor información que se puede obtener del alumno?..	55
1.1.	¿Qué son las concepciones?..	55
1.2.	Delimitación de las características de las concepciones..	56
1.3.	Análisis de las características cognoscitivas de las concepciones desde un contexto piagetiano.	58
1.4.	La concepción no es la mejor información que se puede tener del alumno. Búsqueda de información relevante del sujeto..	60
1.5.	Terminología a utilizar para referirse a la información relevante del sujeto..	64
2.	Direcciones de búsqueda de información relevante: Los esquemas de búsqueda.	65
3.	Esquemas de búsqueda de propósito general..	66
3.1.	La función del significante y el significado en la actividad cognoscitiva	67
3.2.	La importancia de los esquemas cognoscitivos constituidos por la acción del sujeto sobre el medio..	68
3.3.	Mecanismos cognoscitivos en el proceso de equilibración..	69
3.4.	Los mecanismos cognoscitivos del pensamiento operatorio..	70
3.5.	Los mecanismos cognoscitivos de las relaciones causales..	71
3.6.	Los mecanismos cognoscitivos en la toma de conciencia..	72
3.7.	Memoria a corto plazo y desfases.	72
3.8.	Orientaciones sobre el estilo cognitivo.	73

4.	2.2. Esquemas de búsqueda deducidos de las hipótesis: Hipótesis del trabajo.....	73
4.1.	¿Por qué la necesidad de un modelo cognoscitivo en la búsqueda de concepciones?.....	74
4.2.	Hipótesis referidas al modelo. Esquemas de búsqueda.....	74
4.3.	Esquemas de búsqueda deducidos de las hipótesis.....	75
5.	Esquemas de búsqueda dependientes del contenido.....	78
5.1.	Consideraciones para la elección del contenido.....	78
5.2.	Situaciones físicas elegidas.	79
5.3.	Aportaciones de otros autores sobre el contenido elegido.	80
	APORTACIONES PIAGETIANAS (80), APORTACIONES CONSTRUCTIVISTAS (84)	
5.4.	Esquemas de búsqueda dependientes del contenido.	85
6.	Criterio de significación.....	89

Capítulo 4

RECOGIDA Y CATEGORIZACION DE DATOS

1.	Introducción.....	93
2.	Dinámica interactiva entre sujeto-situaciones físicas.	94
3.	Primer cuestionario.....	96
3.1.	Características de la muestra y administración del primer cuestionario	96
3.2.	Transformación del primer cuestionario.	97
4.	Cuestionario definitivo.	97
4.1.	Descripción y propósito de cada tarea. Material y situaciones físicas puestas en juego.....	97
4.2.	Instrucciones para la administración del cuestionario: situaciones física + preguntas iniciales + procedimientos de interacción.....	101
	INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 1 (102), INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 2 (103), INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 3 (103), INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 4 (104), INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 5 (104), INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 6 (105), INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 7 (106), INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 8 (106)	
4.3.	Justificación de las tareas del cuestionario por los esquemas de búsqueda..	107
	LA UTILIDAD DE LOS ESQUEMAS GENERALES (107), OTROS ESQUEMAS NO GENERALES DE APLICABILIDAD AMPLIA (108), TAREAS ESPECÍFICAS DE UNA SERIE DE ESQUEMAS DE BÚSQUEDA (108), COMBINACIONES DE TAREAS PARA CUBRIR LOS PROPÓSITOS DE LOS ESQUEMAS DE BÚSQUEDA (108)	
5.	Muestra y administración del cuestionario.	109
5.1.	Características de la muestra.....	109
5.2.	Condiciones físicas en la administración del cuestionario.....	111
5.3.	Grabación y transcripción de las entrevistas.	111
5.4.	Algunos ejemplos representativos de entrevistas transcritas.	111

6.	Categorización de los datos de las entrevistas.....	112
6.1.	Procedimientos para a categorización.	113
	PROCESOS INDUCTIVOS (113), PROCESOS DEDUCTIVOS (114)	
6.2.	Revisión del sistema de categorías.....	114
6.3.	APC fundamentales y complementarios.	115
6.4.	Revisión sugerida por procedimientos cuantitativos.	116
6.5.	Modificaciones realizadas.	116
6.6.	El sistema de categorías jerarquizado definitivo.	117
6.7.	Posiciones, puntuaciones e índices definitivos.....	117

Capítulo 5

ANÁLISIS CUANTITATIVO Y ESTRUCTURA DE LOS DATOS

1.	Planteamiento de los problemas estadísticos iniciales.	121
2.	La entrada de los datos en el paquete BMDP.....	122
3.	Similitudes y diferencias entre variables.....	123
3.1.	Análisis de la matriz de correlaciones.	124
	LAS VARIABLES SEXO, EDAD Y NIVEL (124), LAS VARIABLES COMPLEMENTARIAS (125), LAS VARIABLES FUNDAMENTALES (126), LAS VARIABLES OPERATORIAS (126)	
3.2.	La "ortogonalidad" de las variables. Análisis de los componentes principales..	126
3.3.	Análisis cluster de variables.....	131
4.	Agrupamiento de entrevistados por su comportamiento semejante..	133
4.1.	Análisis cluster de casos..	133
4.2.	Sujetos operatorios.....	134
5.	Agrupamientos combinados casos-variables.....	135
5.1.	Agrupamiento de casos según las variables más discriminantes.....	135
5.2.	Bloques de casos similares respecto a determinadas variables.	136
5.3.	Grupos de casos por comportamiento similar frente a todas las variables.	138
6.	Aproximación a una distancia métrica entre datos categoriales. Análisis de correspondencia..	139
6.1.	Los añadidos en los comandos de entrada al módulo AC.	141
6.2.	El problema de los valores propios de la matriz de BURT.	141
6.3.	Exposición y descripción de la representación gráfica de las categorías en el AC.	142
6.4.	Intervalización de los ejes del AC.	147
6.5.	La validación del AC.....	148
6.6.	La interpretación de los ejes del AC.	152
7.	Conclusiones relativas a la estructura de los datos.....	153

7.1.	El alto grado de correlación es el reflejo de una evolución paralela de las ideas sobre equilibrio mecánico.	153
7.2.	Clasificación y caracterización de las variables.	154
7.3.	Diferenciación de subgrupos de sujetos por su comportamiento frente al conjunto de variables y frente a grupos de variables.	156
8.	Conclusiones relativas a la coherencia del sistema de categorías jerarquizado.....	158
8.1.	Análisis de las anomalías de la matriz de datos.....	160
8.2.	Análisis de la coherencia del sistema jerárquico.	162
	LAS PREVISIONES BÁSICAS ESTÁN REFLEJADAS EN LA ESTRUCTURA DE LOS DATOS (162), LAS POSICIONES DE LOS INDIVIDUOS EN EL SISTEMA DE CATEGORÍAS JERARQUIZADO ES COHERENTE (163), EL ORDEN ESTABLECIDO CUALITATIVAMENTE SE CONFIRMA EN EL ANÁLISIS MULTIVARIABLES (164)	

Capítulo 6

ANÁLISIS CUALITATIVO DE DATOS Y CONCLUSIONES

1.	Introducción.....	165
2.	Evolución de los esquemas explicativos.	165
2.1.	Situaciones físicas relativas a la verticalidad.	166
	VERTICALIDAD EN CASOS SENCILLOS DE SUSPENSIÓN (166), LA VERTICALIDAD EN CASOS SENCILLOS DE SUSTENTACIÓN (168), LA VERTICALIDAD EN UN CASO COMPLEJO DE SUSTENTACIÓN (170)	
2.2.	Situaciones donde se requiere hacer compensación de pesos, sin previa partición.	171
	SITUACIONES DONDE SE AÑADE O SE SUSTRAE PLASTILINA EN LA BOLA Y SU RELACIÓN CON LA VERTICAL (171), UN CASO SENCILLO DE COMPENSACION DE PESOS (173), SOBRE EL EFECTO DEL PESO CUANDO MEDIA UNA DISTANCIA (175)	
2.3.	Situaciones relativas al centro de masas.	177
	PREVISIONES AL COLGAR UN OBJETO CUANDO SE LE DA FORMA CILÍNDRICA A LA BOLA (177), LOCALIZACIÓN DEL CENTRO DE MASAS EN EL MICRO (177), LOCALIZACION DEL CENTRO DE MASAS PARA UN CASO COMPLEJO EN EL QUE ESTE NO CAE EN UNA ZONA MATERIAL (178), ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE TAREAS DONDE SUBYACE EL CONCEPTO DE CENTRO DE MASAS (179)	
3.	Análisis relativo a cuestiones de índole metodológico.	184
3.1.	El grado de significación y estabilidad de los esquemas explicativos.	184
3.2.	La capacidad de EI para obtener información significativa.	185
	VA FRENTE A VP (185), LA NECESIDAD DE CONTRASTAR LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN LA TOMA DE DATOS (186), LA CAPACIDAD DE DISCRIMINACION DE VP SE DEBE AL METODO INTERACTIVO UTILIZADO PARA LA TOMA DE DATOS (187)	
3.3.	La detección de irregularidades en el sistema de categorización pasa por su jerarquización.	187
3.4.	Evolución cognoscitiva de las agrupaciones de la muestra.....	190
3.5.	Las limitaciones de una metodología centrada en el contenido académico.	193
4.	Análisis del grado de validez de las hipótesis e interpretación de los datos a través del modelo propuesto.....	193
4.1.	La supuesta presencia de cognofísicos.	194
	RESULTADOS DE DOS TAREAS ESTRUCTURALMENTE IGUALES A EXCEPCIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE (195), LA INDEPENDENCIA DE V_POSTE FRENTE A LAS VARIABLES OPERATORIAS (195), DEPENDENCIA DE DISTINTAS CONSERVACIONES DE LA VARIABLE FÍSICA PUESTA EN JUEGO (195), CONCLUSIONES RELATIVAS A LA INTERACCION ENTRE VARIABLES OPERATORIAS Y VARIABLES "FÍSICAS" (§ 4.1.1, 4.1.2 y 4.1.3) (197), VALIDEZ DE LA HIPOTESIS REFERIDA A LA PRESENCIA DE LOS COGNOFISICOS (198)	

4.2.	La capacidad transformadora de los cognofísicos.	199
4.3.	Los cognofísicos son entidades que se manifiestan como auténticos esquemas cognoscitivos.	200
	LOS COGNOFISICOS SE COMPORTAN COMO ESQUEMAS COGNOSCITIVOS (200), INTERACCION DE LOS ESQUEMAS COGNOFISICOS CON LOS OPERATIVOS (201), ESQUEMAS OPERATORIOS, COGNOFISICOS Y CAPACIDAD MANIPULATIVA (202)	
4.4.	El número de esquemas explicativos necesarios para explicar las situaciones de equilibrio mecánico.	204
	RELACIONES DE VERTICALIDAD (205), SOBRE COMPENSACION DE PESOS SIN NECESIDAD DE PARTICION (206), SITUACIONES RELATIVAS AL CENTRO DE MASAS (206) CONCLUSION: UNOS POCOS ESQUEMAS EXPLICATIVOS SUBYACEN ANTE LA AMPLIA DIVERSIDAD CATEGORIAL (207)	
5.	Conclusiones finales más significativas.	208
5.1.	Relativas a los trazos evolutivos de los esquemas explicativos.	208
5.2.	Relativas a la metodología.	209
5.3.	Relativas a interpretación de datos.	210
5.4.	De índole didáctico.	211
	Bibliografía.	213
	Anexo nº 1.	225
	Anexo nº 2.	237
	Anexo nº 3.	249
	Anexo nº 4.	259
	Anexo nº 5.	285

GLOSARIO		
Términos	Abrev.	Definición
AGRUPACIÓN DE ITEMS DE PROPÓSITO COMÚN	APC	Las respuestas de los entrevistados a este conjunto de ítems son utilizadas como una unidad a efectos de categorización
CATEGORÍA EMPÍRICA		Categorías obtenidas directamente de las respuestas de los alumno, mediante criterios de semejanzas y diferencias
CATEGORÍA ESTRUCTURAL		Categorías obtenidas por agrupamientos de la empíricas según sus posiciones de vecindad en el análisis de correspondencia
COGNOFÍSICO		Esquema cognoscitivo dependiente del contenido físico de la tarea. Se generan por la interacción física del sujeto con su medio
CONTENIDO DEL ALUMNO		Igual que " <i>contenido ontogenético</i> " (véase más abajo) pero particularizado al contexto de la enseñanza. Es claramente diferente en un buen número de casos al contenido académico
EVOLUCIÓN DOMINANTE DE LOS ESQUEMAS EN SITUACIONES DE EQUILIBRIO	EEE	Tendencia evolutiva que se pone de manifiesto en la forma estable que adoptan las categorías de la mayoría de las variables al ser proyectadas en un espacio definido por el análisis de correspondencia. También se aprecia en la alta correlación que presentan entre sí la mayoría de las variables
ESQUEMA DE BÚSQUEDA	EQB	Orientadores para una toma de decisiones más objetiva. Sirven para explicitar el proceso deductivo de esta investigación
ESQUEMAS EXPLICATIVOS		Reacciones del sujeto al cuestionario que cumplen con tres requisitos: repetición, generalización y diferenciación
ESQUEMA EXPLICATIVO REFLEJO DE UN COGNOFÍSICO	EEC	Esquema explicativo que se sospecha es la manifestación de un cognofísico
ENTREVISTA INDIVIDUAL	EI	Técnica de toma de datos en la que se establece una dinámica interactiva con cada uno de los sujetos de la muestra a fin de tomar la máxima información posible con un mínimo sesgo
FORMA EXPLICATIVA		Los distintos esquemas explicativos que pueden darse sobre una determinada fenomenología, de forma que el conjunto de formas, previamente secuenciadas, configura el trazo ontogenético de los esquemas explicativos sobre dicha fenomenología
MÓDULO CATEGORIAL	MC	Estructura categorial jerarquizada obtenida de un APC. Para cada APC existe un módulo categorial
ONTOGÉNESIS		Análisis evolutivo de la formación de determinadas estructuras en el individuo. En el contexto de este trabajo nos referimos a la estructura cognoscitiva del sujeto, pero lo normal es utilizarlo para hacer referencia a las biológicas
ONTOGENÉTICO		Relativo a ontogénesis. 1. " <i>Punto de vista ontogenético</i> " punto de vista del sujeto que normalmente es bien diferente (no opuesto) al científico. 2. " <i>Contenido ontogenético</i> " aquel que determina las conducta intelectual del individuo a partir de la cual es caracterizado cognoscitivamente
POSICIONES O VALORES CATEGORIALES EMPÍRICOS	PCE	Posición que se asocia al entrevistado según el grupo categorial donde se incluyan sus respuestas previamente categorizadas
RENDIMIENTO ABSOLUTO AL CUESTIONARIO	RAC	Valor numérico que da el rendimiento del entrevistado en la búsqueda de soluciones satisfactorias en situaciones de equilibrio mecánico
TRAZO EVOLUTIVO	TE	Formas que adoptan los esquemas explicativos en cada módulo categorial para los sujetos de los distintos niveles cognoscitivos
	UI	Forma invertida de nube de categorías proyectadas sobre los dos ejes del análisis de correspondencia. UA forma no invertida

CAPÍTULO 1

INTRODUCCION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1

Importancia de las concepciones del alumno en el aprendizaje significativo

Uno de los problemas de mayor importancia, que ha sido objeto de atención en las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años en el campo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, ha sido el encontrar pautas adecuadas que permitan el diseño de procesos de enseñanza acomodados a las peculiaridades cognoscitivas del alumno.

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. 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); hecho que se verifica históricamente a través de los resultados poco satisfactorios que han dado los proyectos que han obviado este proceso.

En efecto, en la década de los sesenta y setenta, las investigaciones empíricas más relevantes que se han realizado en el campo de la Didáctica de las Ciencias

Experimentales, han sido las desarrolladas dentro de un modelo procesoproducto, en las que se tenían sólo en cuenta las entradas y salidas del aprendizaje.

En la década de los ochenta se constata un abandono generalizado de los modelos didácticos tipo "caja negra", y se produce una progresiva adopción de programas mediacionales, basados fundamentalmente en los procesos por los cuales los alumnos construyen sus conceptos científicos y sus modelos explicativos de los fenómenos físico-naturales. Este nuevo paradigma de la didáctica de las ciencias surge con las investigaciones de Piaget, pero adquiere operatividad, a partir de la psicología cognitiva de Ausubel, la teoría constructivista personal de Kelly, el modelo de aprendizaje generativo de Wittrock y las concepciones de aprendizaje propuestas por la Universidad de Göteborg (Jiménez Gómez, 1987).

1.1 Las distintas propuestas constructivistas del aprendizaje enfatizan la importancia de las concepciones

Existe actualmente un consenso en suponer que, en el proceso de aprendizaje, los contenidos de enseñanza no son captados tal cual se transmiten, sino que por el contrario, el alumno los procesa activamente en su estructura cognoscitiva.

Los contenidos de enseñanza, en el mismo proceso de captación por parte del alumno, sufren modificaciones e incluso pueden no ser asimilados total o parcialmente, si son lo suficientemente ajenos a sus propios



conocimientos; en el caso de ser asimilados, los elementos filtrados interactúan con "lo que el alumno sabe", sufriendo un proceso de acomodación, de forma que las nuevas ideas, con respecto a las antiguas, no quedan como un añadido, sino formando parte de un todo interrelacionado en su estructura cognoscitiva.

Con posterioridad se revisará, con más detalle, los múltiples términos que utilizan los distintos investigadores para referirse a "lo que el alumno sabe", lo cual puede verse como un indicador del grado de complejidad de la entidad a la que se hace referencia. Provisionalmente se utilizará el término "concepción" o "esquema" (Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994).

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

Para Driver (1988) 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. Cuando los datos que se les presentan a los alumnos en una situación son novedosos para ellos, suelen utilizar esquemas inapropiados para asimilarlos. Muchos de estos esquemas son activados por analogías, resultando imposible comprender nada nuevo sin la presencia de un esquema al cual asimilar dicha información (Pozo y otros, 1991).

Ausubel (1982) indica que 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 (Novak, 1982).

En el modelo de cambio conceptual propuesto por Hewson (1981) y Posner y otros (1982), se asume que las concepciones están fuertemente arraigadas en la estructura cognoscitiva (Strike y Posner, 1990); de ahí la necesidad de que el alumno tome conciencia de la inadecuación de sus esquemas conceptuales previos. Para ello, los autores son partidarios de provocar un conflicto cognoscitivo en el alumno, a través de situaciones físicas que pongan en evidencia sus esquemas, siendo este el momento adecuado para mostrarle la existencia de

otros conceptos que evitan las contradicciones anteriores y a la vez, permiten una comprensión y una explicación más ajustada del fenómeno observado.

También los esquemas cognoscitivos forman parte fundamental del entramado conceptual de la teoría piagetiana. Así, 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.

La noción de esquema, lejos de ser una idea aislada, está integrada coherentemente en la teoría piagetiana del conocimiento, que debe entenderse como una construcción continua (Piaget, 1977a, p.13), de forma que el problema de la epistemología consiste en determinar cómo se produce el paso de una estructura más simple a otra más compleja (Piaget, 1974, p.74), y en consecuencia "nunca se observan en el curso del desarrollo comienzos absolutos y lo que es nuevo procede de diferenciaciones progresivas, de coordinaciones graduales, o de las dos a la vez" (Piaget, 1977a, p.39).

1.2 Dos modos diferentes de tratar el contenido cognoscitivo del alumno: el piagetiano y el MCA.

Llegado a este punto, sería conveniente descubrir el carácter superficial del consenso existente sobre la importancia de lo que el alumno sabe antes del proceso de enseñanza. Así hay diversos modos de entender, averiguar y conceptualizar "lo que el alumno ya sabe" (Gómez y otros, 1992), de forma que, bajo el mismo término y semejante visión constructivista del conocimiento, subyacen entidades y planteamientos bien diferentes.



En la década de los sesenta y setenta, los trabajos en Epistemología Genética han predominado a la hora de fundamentar y orientar tanto los trabajos de investigación como los diseños curriculares (López Rupérez, 1989; 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), sin embargo, a finales de la década de los setenta y sobre todo durante los ochenta, se ha ido imponiendo con contundencia un modo de hacer e investigar en educación 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 en el dominio de la educación en Ciencias.

Paralelo a este asentamiento paradigmático del MCA, es curioso resaltar la sobresaliente inclinación de ésta tendencia didáctica a llevar a cabo, por parte de educadores e investigadores, una continua crítica a los planteamiento piagetianos (véase por ejemplo, Posner y otros, 1982; Novak, 1982; Gilbert y Swift, 1985; Millar y Driver 1987; Giordan y De Vecchi, 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, 1985; Feldman, 1990; Pozo y otros, 1992) coinciden en que habría que aunar esfuerzos, intentando armonizar lo mejor de las dos tendencias.

2

La visión piagetiana de las concepciones

El objetivo básico de Piaget fue trazar la evolución cognoscitiva del individuo desde las estructuras más elementales sensomotrices hasta las más complejas del estadio formal, analizando para ello, con detalle, los mecanismos por los cuales una estructura se va transformando para convertirse en otra más equilibrada con su medio (Piaget, 1978a). Esta preocupación centralizada en los problemas epistemológicos y el modo genético de tratarlos (Vuyk, 1985) llevó a Piaget a un análisis exhaustivo del contenido cognoscitivo del

niño/a en todas las etapas de su desarrollo, de manera que el estudio de las concepciones se ha de ver más como un medio que como un fin.

Piaget estaba más interesado por las estructuras lógicas que subyacen en el comportamiento cognoscitivo (Piaget, 1977b), y que permiten explicar las regularidades características de cada nivel cognoscitivo, que por las ideas que sobre un determinado contenido de Ciencias posee el sujeto. Lo cual no es inconveniente para encontrar, en muchos de sus experimentos, aportaciones empíricas sobre bastantes contenidos académicos como fuerza, choques, impulso, inercia, composición de fuerzas, acción y reacción, momento, centro de masas, velocidad, aceleración, movimiento relativo (Marín y Benarroch, 1994; Marín, 1991), si bien, existen otros experimentos centrados en procesos como observación, clasificación (Piaget e Inhelder, 1976), seriación (Piaget y Szeminska, 1982), medición (Piaget e Inhelder, 1948), conservación (Piaget e Inhelder, 1971), procesos hipotéticos deductivos (Inhelder y Piaget, 1972), etc.

Consecuencia de las regularidades encontradas en sus experimentos, Piaget y colaboradores mostraron que el desarrollo cognoscitivo del individuo pasa por una serie de estadios o niveles definidos por un conjunto de características cognoscitivas que pueden ser explicadas por un sistema de operaciones mentales (o por su ausencia).

La teoría de los estadios permite prever, en cierta medida, el comportamiento de un individuo ante tareas con unas determinadas exigencias operatorias, con sólo conocer su estadio cognoscitivo. En este sentido se realizaron trabajos (Shayer y Adey, 1984; Bitner, 1991) donde la variable "nivel cognoscitivo del sujeto" (determinada por su capacidad operatoria) permite explicar el rendimiento académico de los alumnos.

Responder a la cuestión sobre qué serían las concepciones en un contexto piagetiano resulta difícil, ya que él estaba más interesado por las manifestaciones estructurales y generales de la estructura cognoscitiva que por las propias concepciones, aunque para conseguir su objetivo tuvo la necesidad previa de analizar el conocimiento del niño ligado a contenidos y procesos específicos, como se pone de manifiesto en sus numerosos experimentos (Marín y Benarroch, 1994). Piaget trató tanto las manifestaciones específicas como las generales de la cognición, pero hizo mayor hincapié sobre esas últimas, al hacerlas principal objeto y parte de su teoría del conocimiento.



Aunque más adelante se volverá sobre el tema, brevemente se podría decir que de la teoría de Piaget parece deducirse que las concepciones son consecuencia de un problema de asimilación de los distintos esquemas cognoscitivos, lo que provoca que determinados datos sean deformados para posibilitar su asimilación a los ya existentes, y esto ocurre, por ejemplo, cuando se produce "la deformación del observable, desnaturalizando el hecho en función de la interpretación" (Piaget y García, 1973, p.24) o bien, "la deformación de un carácter nuevo incompatible con una descripción, a fin de plegarlo al esquema retenido para ésta" (Piaget, 1978a, pp. 73-74).

A pesar de que Piaget mostrara ciertas dudas, momentáneas, sobre la existencia misma de los estadios (Piaget y García, 1973, p.8), el caso es que se le podría acusar de "forzar" los datos empíricos para que encajen en una estructura de niveles cognoscitivos, caracterizados exclusivamente por esquemas operatorios (por ejemplo, Vuyk, 1985, pp. 449-453).

Sin embargo, un buen número de trabajos han mostrado que el nivel operatorio no es un factor tan determinante para prever respuestas de los sujetos a tareas, ya que deben existir otros factores cognoscitivos sensibles al contenido específico de éstas (Marín, 1992; Vuyk, 1985). Así, por ejemplo, Stavy (1990) comprueba que la conservación del peso depende del tipo de fenómeno puesto en juego y Niaz (1991) aprecia que items con igual estructura operatoria y distinto contenido dan correlación baja pero significativa, e items con el mismo contenido y estructura operatoria presentan correlación alta, de forma tal que un sujeto en operaciones formales no está libre de tener preconcepciones (Pozo y Carretero, 1987).

El que un individuo sea "formal" en unas tareas y "concreto" en otras de similar estructura operatoria y diferente contenido (Marín, 1992; Driver, 1986) hace que, de algún modo, el interés se incline por los contenidos específicos de las tareas (Gómez y otros, 1992), tendencia que caracteriza el modo de proceder del MCA (Millar y Driver, 1987).

3

Visión del MCA de las concepciones.

El MCA, más que una teoría en el sentido científico estricto (Bunge, 1981, p.416, p.421, p.559 y p.743), es "una convergencia de principios explicativos de los procesos de enseñanza" (Coll, 1992), con connotaciones

metodológicas empiristas (Riviere, 1992; Pozo y otros, 1992; Perales, 1993).

El constructivismo se basa en que el sujeto es parte activa e interesada en el proceso de aprendizaje y, por tanto, está implicado en aportar sus conocimientos previos para construir significados ante nuevas situaciones (Driver, 1988), siendo la construcción de la realidad un asunto activo, creativo, racional, emocional y pragmático (Kelly, 1966)

Las concepciones juegan, por tanto, un papel fundamental dentro del enfoque del MCA. De ahí que sus defensores han intentado caracterizarlas, por lo que existe bastante consenso en admitir que:

Tienen carácter personal (Erickson, 1979)

Evolucionan a través de la interacción con nuevos conocimientos (Hibbard y Novack, 1975).

Suelen ser diferentes a las que asume la comunidad científica (Nussbaum y Sharoni-Dagan, 1983; Brumby, 1979; Caramazza y otros, 1981; Meheut y otros, 1985; Viennot, 1979).

Inhiben y son resistentes al aprendizaje (Clough y Driver, 1986), de ahí que el cambio conceptual (Posner y otros, 1982; Hashweh, 1988) proponga mecanismos más drásticos que los del aprendizaje significativo ausubeliano.

Presentan regularidades (son repetibles y generalizables) para un mismo sujeto. Así, el entrevistado realiza el mismo tipo de explicación a preguntas sobre contenidos científicos en diferentes contextos (Deadman y Kelly, 1978; Caramazza y otros, 1981; Viennot, 1979; Meheut y otros, 1985).

Suelen variar desde meras respuestas de percepción a modelos más elaborados, aunque suelen ser distorsionados con respecto a los que poseen los científicos (Novick y Nussbaum, 1978).

Suelen ser comunes a los diferentes sujetos entrevistados (Erickson, 1979; Viennot, 1979).

Ofrecen un perfil conceptual sobre una determinada fenomenología (Erickson, 1980).

Responden a modelos subjetivos, son intuitivas y erróneas (Caramazza y otros, 1981; Viennot, 1979).

Son consecuencia de la creatividad e imaginación de sujeto, experiencia directa e interacción social (Driver, 1981).



A pesar del elevado número de trabajos realizados y del consenso obtenido acerca de las características de las concepciones de los alumnos, el MCA se caracteriza por una gran diversidad de propósitos iniciales, de metodologías, y sobre todo, de tratamientos en la descripción e interpretación de dichas concepciones (Osborne y Freybert, 1985; Gunstone y Watts, 1989; Hewson, 1990; entre otros).

3.1 Problemas metodológicos en la búsqueda de concepciones en el MCA

En los trabajos de investigación realizados para identificar las concepciones de los alumnos se han podido delimitar, entre otras, las siguientes tendencias metodológicas:

1. **El tratamiento de las concepciones se hace generalmente de modo descriptivo** (Hashweh, 1988; Millar, 1989; Abimbola, 1988; Posada, 1993, Sebastiá, 1989b, entre otros), es decir, los estudios sobre la génesis, interpretación o explicación de las concepciones brillan por su ausencia (Pozo y otros, 1992). Trabajos interpretativos como el de Stavy (1990) o el de Sebastiá (1993) son excepciones que confirman la regla.
2. La descripción de las concepciones suele presentarse en tablas de frecuencias, donde a lo sumo se presentan porcentajes (Pozo y otros, 1992). Que conozcamos, pocos son los trabajos de consistencia y fiabilidad realizados sobre ellas.
3. La búsqueda de las concepciones **no suele estar guiada por determinados supuestos teóricos** (véase para comprobar este particular trabajos como los de Brown, 1989; Gamble, 1989; Watts y Zylbersztajn, 1981; Clement, 1982; Gilbert, Watts y Osborne, 1982, por citar algunos), sólo en ocasiones se utiliza como referente la Epistemología de las Ciencias, y rara vez son de carácter psicológico (Confrey, 1990). En la mayoría de los casos la investigación es inductivista (Abimbola, 1988; Hashweh, 1988). La metodología utilizada para identificar las concepciones de los alumnos no suele iniciarse a partir de supuestos hipotéticos u otros supuestos teóricos, lo que de un modo más o menos implícito, lleva al investigador, en ausencia de otros esquemas cognoscitivos diferentes a los suyos, a identificar las concepciones a partir de

sus propios esquemas relativos al contenido objeto de búsqueda.

4. La conexión con la teoría piagetiana no pasa más allá de la idea de que **el alumno construye activamente sus conocimientos** (Driver, 1986; Piaget, 1980b; Perales, 1992), utilizando para ello los esquemas conceptuales que posee. A diferencia de la escuela piagetiana, el interés del MCA está centrado en la **búsqueda de concepciones relacionadas con conocimientos específicos de Ciencia**, y más concretamente, en aquellas ideas relacionadas con los contenidos académicos a enseñar (Perales, 1992; Millar y Driver, 1987; Millar, 1989, entre otros).

Todo parece indicar, de acuerdo con Hashweh (1988), que al no existir un contexto teórico claro, los investigadores no pueden llegar a un consenso en cuanto a la descripción e interpretación de las concepciones y, por tanto, a ofrecer explicaciones satisfactorias de aquellos cambios que puedan sufrir, por influencia externa, ni tampoco al problema de la persistencia después de la aplicación de diferentes tipos de instrucción.

El hecho de que aparezcan tantos términos (unos 21) para significar lo que el alumno sabe (Glad, citado por Millar, 1989) y el que exista una gran diversidad de propósitos iniciales, metodologías y modos de tratar las concepciones (Gunstone y Watts, 1989; Hewson, 1990) se puede explicar por la ausencia de un referente teórico que unifique los planteamientos y fases de toda investigación.

El problema reside en que el investigador, en su intento de delimitar concepciones, de un modo más o menos implícito, se ve forzado a utilizar unos esquemas cognoscitivos para poder tomar decisiones, seleccionar situaciones físicas para el cuestionario, apreciar regularidades, etc, sin los cuales, en términos piagetianos, le sería imposible llevar a cabo estas operaciones (Piaget, 1984, p. 74; Piaget, 1974, p. 84; Piaget, 1980a, p.7).

Un esquema asimilador basado en la estructura del contenido objeto de búsqueda, llevará posiblemente a describir las concepciones comparando las que poseen expertos y novatos, lo que suele inducir a hablar de conocimiento erróneo o correcto y a evaluar las ideas de los alumnos por su "distancia" con las de la comunidad científica.

Dejando por el momento los inconvenientes didácticos que tiene el no utilizar un contexto teórico adecuado para identificar e interpretar



las concepciones y centrándonos sólo en aspectos metodológicos, se observa que:

En su ausencia todo depende de la interpretación subjetiva del investigador (Bunge, 1981, p.743, p.755).

Los datos difícilmente toman un significado que vaya más allá del plano concreto donde se generan (Piaget, 1977a).

El no poseer los esquemas adecuados para tratar los datos que provienen de una búsqueda de concepciones, aparecen dificultades para llenar de significado a dichos datos, así como relacionarlos entre sí. (Piaget y García, 1973, pp.16-23; Bunge, 1981, p.491; Moreno y otros, 1993).

Los resultados de cualquier acción didáctica, al no poderse asimilar a una estructura teórica, hace que el proceso de avance sea difícil o imposible (Bunge, 1981, pp. 614-617). Esta podría ser la razón de que **se haya avanzado poco en la catalogación de concepciones y que nuevos trabajos reiteren datos de los anteriores** (Millar, 1989; Strike y Posner, 1990; Hewson, 1990; Abimbola, 1988; Marín y Benarroch, 1994).

Se podría argumentar que en la mayoría de los trabajos del MCA sobre búsqueda de concepciones, donde no se explicita el contexto teórico, éste queda implícito, y siendo la propia estructura científica del contenido objeto de búsqueda el que juegue ese papel; sin embargo, se tratará de mostrar que el problema subyacente no se centra en si se utiliza o no un contexto teórico, sino en el hecho de que cuando se utilizan criterios basados en la estructura del contenido académico para hacer la búsqueda de concepciones, se está poniendo en juego un proceso asimilador inadecuado que impide ir más allá de una primera aproximación a las concepciones (Marín y Jiménez Gómez, 1992).

En efecto, todo parece desarrollarse como si la metodología del MCA fuese bastante insensible **a las diferencias existentes entre los contenidos del alumno y los contenidos de Ciencias**. Aquí, el término "contenido" hace referencia al **tipo de producción** que genera cualquier estructura asimiladora: a) en el caso del alumno, su propia estructura cognoscitiva y, b) en el caso de Física, el cuerpo de conocimientos teóricos que han sufrido los procesos de validación, consistencia interna y externa.

Por tanto, con **contenidos del alumno** nos referimos a todas aquellas manifestaciones intelectivas, a partir de las cuales se pueden

delimitar sus características cognoscitivas. Numerosos trabajos han mostrado que el niño presenta en cada fase de su desarrollo evolutivo unas determinadas limitaciones y capacidades que se ponen de manifiesto en sus reacciones frente a problemas planteados (Piaget, 1977b). Así, procesos cognoscitivos generales como el centramiento, la representación estática, la yuxtaposición, etc. característicos 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.

No sólo las ideas de los alumnos son diferentes a las de los científicos, también lo son la captación de datos empíricos, el modo de procesar éstos e, incluso, lo que es objeto de ser tratado como problema (Piaget, 1977b; Sebastián, 1989a; 1992). 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 ontogenéticos 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 del alumno.

Las mismas concepciones, 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, 1991).

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).

Según esto, en la relación entre los contenidos académicos y los que son propios del alumno, se podrían diferenciar 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.

El hecho de que no exista una buena correspondencia entre conocimientos y procesos científicos y aquellos que son propios del alumno, permite afirmar que **tanto la Epistemología de las Ciencias como los esquemas de formación científica del investigador resultan ser bastante inadecuados para la búsqueda de concepciones** ya que no llegan a determinar todo el bagaje cognoscitivo del alumno, en especial aquel que no presenta ningún tipo de correspondencia con el contenido objeto de enseñanza. Otros argumentos que apoyan esta inadecuación son:

La epistemología de la Ciencia tiene como objeto de estudio ideas científicas que sufren un proceso de reconstrucción social. No es una teoría del pensamiento individual. Por un lado, el científico se ve obligado, para presentar sus trabajos, a utilizar unos conceptos consensuados, quedándose el proceso de creación reducido a una reconstrucción más secuencial y lineal y, por otro, las aportaciones individuales sufren una reconstrucción racional por parte de la comunidad científica, de modo que las distintas aportaciones parezcan relacionadas causalmente cuando nada de esto se ha dado en la realidad (Horton, 1976).

El paralelismo entre evolución histórica de las ideas científicas y las de los alumnos sólo se da en algunos casos puntuales. Hay trabajos como el de Saltiel y Viennot (1985) que muestran la existencia de ciertas conexiones puntuales entre la evolución histórica y la individual. Y en todo caso, si existen coincidencias, habría que estudiar antes de nada cómo

se establecen, a que nivel y bajo qué contexto, de lo contrario, si no se estudia la correspondencia entre evolución histórica y evolución de las ideas en el niño ¿cómo se podrían utilizar los procesos de un plano en el otro?.

Quizás, los esquemas de búsqueda fundamentados en la Epistemología de la Ciencia, son válidos en tanto permiten una primera aproximación al problema de delimitar concepciones si el contenido objeto de búsqueda presenta ciertas similitudes con el bagaje cognoscitivo del alumno. Pero la aproximación se ajusta más a la realidad cuando se utiliza un contexto teórico cuyo objeto de estudio sea la formación del conocimiento individual. Si la teoría de Piaget es el estudio más completo de investigación psicológica del pensamiento científico (Pozo y otros, 1991), parecería lógico utilizar la **Epistemología Genética** como contexto para buscar concepciones, ya que éstas son generadas por la estructura cognoscitiva del sujeto que es objeto de estudio de dicha teoría, por lo que tendrá necesariamente capacidad explicativa sobre los datos obtenidos en la búsqueda de concepciones.

El tratamiento descriptivo que, de forma general, se hace de las concepciones (Hashweh, 1988; Millar, 1989; Abimbola, 1988, entre otros) puede verse también como una consecuencia de la ausencia o inadecuación de un referente teórico, teniendo en cuenta que lo que permite interpretar o explicar las concepciones es una teoría que tenga como objeto de estudio la estructura cognoscitiva, generadora de los esquemas explicativos, y este referente no suele tenerse en cuenta en los trabajos sobre concepciones (Pozo y otros, 1992).

Sabiendo que la búsqueda de concepciones se lleva a cabo para diseñar procesos de enseñanza que garanticen una mejor integración de lo enseñado en la estructura cognoscitiva del alumno, la pregunta ¿es suficiente describir las distintas concepciones para llevar a cabo este diseño? debe responderse negativamente, ya que la información que se obtiene a nivel descriptivo no contempla todo el bagaje cognoscitivo del alumno que pone en juego para asimilar el contenido a enseñar.

Pero antes, habría que precisar que por información "descriptiva" se hace referencia a la obtenida inductivamente, a falta posiblemente de un contexto teórico adecuado, y donde no se dan rasgos interpretativos o explicativos.



La cuestión es que en el aprendizaje de un nuevo contenido de la enseñanza, por parte del alumno, se ponen en juego, tanto elementos cognoscitivos dependientes de los conceptos concretos que se enseñan, como procesos generales relativos al grado de significatividad que el sujeto da a las distintas partes de la información, a la complejidad operatoria exigente, al ajuste con lo que ya se conoce..., en otras palabras, se da un proceso de asimilación dependiente de la estructura cognoscitiva y otro de acomodación de ésta a las características concretas del nuevo contenido (Piaget, 1978a, p.9).

Puesto que detrás de las concepciones, relacionadas con el contenido a enseñar, existen procesos cognoscitivos generales ligados a ellas, y que el alumno, no sólo tiene ideas que se relacionan con las académicas, sino que posee otras diferentes y tan importantes como las anteriores, se llega a la conclusión que una información importante se está dejando de lado. Por tanto, la información relacionada sólo con el contenido a enseñar, permitiría diseñar procesos de enseñanza como una primera aproximación al proceso de acomodación didáctica.

4

Objetivos del trabajo

Las dos consecuencias más relevantes obtenidas de la revisión crítica de los modos de proceder constructivistas son:

1. Necesidad de **fundamentar las distintas fases de la investigación en un contexto teórico**, de forma que la elección del contenido a investigar, el diseño del cuestionario con el cual realizar la búsqueda de concepciones, la dinámica utilizada para recoger la información, la elección de situaciones físicas contenidas en el cuestionario, la dirección a tomar en el tratamiento de datos y en su interpretación, se lleve a cabo descentralizando la toma de decisiones y valoraciones de las apreciaciones subjetivas del investigador, en la medida de lo posible, de forma que serán criterios objetivos obtenidos del fundamento teórico del trabajo los que determinen el modo de proceder mediante una metodología hipotético-deductiva.
2. Las **estrategias de búsqueda de concepciones deben estar encaminadas a obtener tanto información específica** relativa a los fenómenos estudiados

como **información general** referida a los procedimientos, capacidades y limitaciones de los esquemas cognoscitivos utilizados por el alumno para interpretar, prever o explicar los hechos presentados.

Hay que señalar que esta distinción de lo específico y de lo general puede ser significativa en un plano formal, pero no lo es tanto en el plano ontogenético donde tanto uno como otro son producto o manifestación de una misma estructura cognoscitiva. El conocimiento que sobre ciencias poseen los alumnos no parece ser tan homogéneo como Piaget suponía, ni tan heterogéneo o dispar como supone el MCA (Gómez y otros, 1992).

Frente a la marcada tendencia del MCA de excluir el trabajo piagetiano como fundamento en la búsqueda de las concepciones al tacharlo de poco eficiente (Gilbert y Swift, 1985; Giordan y De Vecchi, 1987; Posner y otros, 1982, entre otros), otros autores han resaltado la existencia de cierto grado de complementaridad entre los dos puntos de vista (López Rupérez, 1990; Perales, 1992), haciendo ver la capacidad predictiva de la teoría cognoscitiva de Piaget para delimitar un tipo de preconcepciones, 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).

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, 1989; Perales, 1992; López Rupérez, 1990; Pozo y otros, 1992; entre otros).

Si se acepta el criterio de cientificidad de Lakatos (1983), el MCA, como modo de proceder paradigmático (si es que lo es) en el dominio de la educación en Ciencias, debería



ser capaz de explicar, al menos en lo esencial, los resultados de la escuela de Piaget (López Rupérez, 1990; Riviere, 1992).

Los objetivos de este trabajo, no deben olvidar el principal referente del cual se parte: diseñar los procesos de enseñanza lo más acomodados a las peculiaridades cognoscitivas del alumno como sea posible, para garantizar una buena adquisición de los contenidos de enseñanza. Ello exige necesariamente tomar del alumno una información lo más cercana a los elementos cognoscitivos que pone en juego en el proceso de aprendizaje, por lo que no se entrará en el juego de la dicotomía concepciones/procedimientos o conocimientos específicos/estructuras cognoscitivas generales, ya que se intentará contemplar ambos aspectos. Según esto, al menos a nivel de pretensiones, existirán apoyos alternativos tanto del modo de proceder del MCA como del punto de vista piagetiano.

Una vez sintetizados los problemas encontrados en la revisión crítica de trabajos relativos a concepciones, se plantean los objetivos de esta tesis que serán fundamentalmente los siguientes:

Identificar y describir las concepciones de los alumnos acerca de determinados contenidos del área de Ciencias Experimentales. Para ello se va a **desarrollar un nuevo enfoque metodológico**, relacionando las concepciones con características y elementos pertenecientes a la estructura cognoscitiva (operaciones mentales, elementos figurativos y elementos sensibles al contenido) y con aquellas variables externas al sujeto (dependencia del contexto, aspectos figurativos, número de variables que intervienen en un suceso o fenómeno físico y forma de presentación, entre otras) que van a tener influencia en las respuestas de los alumnos.

Proponer un modelo cognoscitivo basado en determinados fundamentos piagetianos, implementados y matizados por aspectos teóricos tomados de la psicología del procesamiento de la información, que permita interpretar y explicar las respuestas de los alumnos en función de los elementos pertenecientes a la estructura cognoscitiva del sujeto. Esto llevará a configurar un sistema de hipótesis que habrá que contrastar.

Utilizar como objeto de búsqueda contenidos del sujeto con alta significación ontogénica, como son los relacionados

con situaciones físicas de equilibrio mecánico. Será en este dominio físico donde se buscarán concepciones específicas relativas a conceptos académicos (fuerza, equilibrio, momento de fuerzas, acción y reacción, centro de masas) y aspectos generales referentes a la capacidad operatoria puesta en juego por el sujeto, estrategias cognoscitivas, limitaciones y capacidades en el proceso asimilador de los esquemas cognoscitivos utilizados y a la interrelación entre elementos cognoscitivos específicos y generales.

Evitar categorizar, en la medida de lo posible, **los datos obtenidos del alumno en términos de lo que desconoce** referente al contenido que es objeto de investigación, pues **se pierde bastante información relativa a lo que el alumno sí conoce**. Es decir, definir las respuestas del sujeto por sus connotaciones positivas, no por sus deficiencias y limitaciones (Riviere, 1992).

El estudio de las concepciones se realizará desde una **perspectiva doblemente evolutiva**: según se va modificando un determinado esquema por la variabilidad de los distintos factores que intervienen en una o varias situaciones físicas y según se va desarrollando en sujetos de diferente edad.



CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS TEORICOS

1 Introducción

Es competencia de la Didáctica de las Ciencias Experimentales el estudio de los procesos de enseñanza de las Ciencias, de su aprendizaje y la relación entre dichos procesos, a través de un sistema activo y dinámico, formado por tres elementos fundamentales: el "saber" científico objeto de enseñanza, el sujeto que aprende, y el profesor que coordina, mediante la situación didáctica (Brousseau, 1987), la interacción del alumno con dicho "saber".

La situación didáctica se describe como el conjunto de relaciones que se establecen explícita o implícitamente entre un alumno o un grupo de alumnos, un cierto medio (comprende instrumentos y objetos) y un sistema educativo (profesores) con el fin de que los alumnos aprendan un saber constituido o en vías de constitución.

Los procesos de enseñanza y de aprendizaje se dan en un contexto de intereses socio-económicos que determinan en un sentido u otro la elección del contenido, la forma de transmitirlos, la actitud e intereses del profesor y del alumno, los objetivos a conseguir, etc, pero independientemente de esta diversidad siempre aparece una constante: un sujeto que debe adquirir nuevos contenidos. Es en este invariante sobre el que se centra el interés de esta tesis.

El modo en que los demás factores (estructura del contenido, contexto socio-económico, etc,) intervienen en el proceso de adquisición de nuevos contenidos por parte del alumno, dan lugar a otros problemas que no son los que se van a abordar aquí, no porque no sean

importantes, sino por una elemental norma de investigación de parcializar los problemas, con el fin de ganar en profundidad.

Los mecanismos que pone en juego el alumno cuando aprende un nuevo contenido se dan en un plano psicológico, por lo que debería ser competencia de esta disciplina el fundamentar determinadas parcelas de la didáctica relacionadas con estos procesos.

Esta competencia debe ser aún mayor en la medida en que los procesos de enseñanza se intentan acomodar más a las exigencias cognoscitivas del alumno, como es el objetivo de este trabajo. En caso contrario, si no interesa cómo procesa el alumno los contenidos objeto de enseñanza, tan solo enseñar lo mejor posible dichos contenidos, no sería necesario tomarse la molestia de fundamentar psicológicamente estas medidas didácticas, pues un estudio del contenido académico sería suficiente. Pero no debería haber lugar para el engaño en la valoración de este último modo de proceder didáctico, ya que no se debe confundir "*enseñar bien un contenido*" con "*aprenderlo bien*".

Fundamentar determinados criterios didácticos a través de una disciplina como la Psicología, será el motivo principal que justifique nuestra incursión en determinados dominios de ésta. Otras razones para fundamentar teóricamente la búsqueda de concepciones a través de argumentaciones psicológicas ya se han explicado en el primer capítulo, y están referidas a factores como la objetividad de la investigación, la proyección y conexión de los datos empíricos y la comunicación de



resultados, los cuales creemos resultan notablemente potenciados.

Pero, si lo que se pretende es utilizar un contexto teórico que guíe la investigación ¿por qué no utilizar disciplinas referentes a la estructura lógica y científica del contenido como pudieran ser la Física o la propia Epistemología de las Ciencias?. Son varias las razones que se podrían aducir para negar este tipo de fundamentación, algunas de las cuales se han expuesto en el primer capítulo (§ 1.3.1), a las que habría que añadir una más: los objetivos de este trabajo se centran primordialmente en los procesos asimiladores del que aprende y no en el contenido a enseñar.

Y puesto que este trabajo se desarrolla en el dominio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales y, dentro de éstas, en Física, la investigación tendrá como objeto de estudio concepciones y procedimientos relativos a situaciones de equilibrio mecánico.

2 Fundamentos psicológicos de la acomodación didáctica Los modelos didácticos más utilizados provienen de la corriente "constructivista", grupo plural que incorpora en sus trabajos la teoría educativa de Ausubel (Ausubel, 1982) y la de la personalidad de Kelly (Kelly, 1966). Si bien, introducen además elementos de la teoría de Piaget o cualquier otra que le permitan explicar las cuestiones a las que el modelo de Ausubel y Kelly no encuentran respuesta satisfactoria.

Cabe también destacar otros grupos de investigadores que asumen la teoría generativa de Wittrock (1989), otros que utilizan el modelo de procesamiento de la información y, de forma menos extendida, el modelo cibernético del aprendizaje (véase Gutierrez y Ogborn, 1987) y de la psicología social.

Existe cierta convergencia entre los educadores e investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales en utilizar las teorías de Ausubel y Piaget y, en menor medida, las psicología del procesamiento de la información (Aliberas y otros, 1989).

Puesto que las corrientes psicológicas que subyacen, en la mayoría de los trabajos de investigación de Didáctica de las Ciencias Experimentales, son las de Piaget y Ausubel, se va a centrar el interés de este trabajo en ellas. Posteriormente se analizará la psicología del procesamiento de la información en su vertiente piagetiana, puesto que ciertas deficiencias de la Epistemología Genética pueden ser paliadas de forma eficiente con determinados presupuestos psicológicos de este último enfoque.

2.1 La propuesta de acomodación didáctica de Ausubel.

Una propuesta interesante de **acomodación didáctica** 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**.

Novak (1982, p. 71), discípulo 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.85-9).

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).

2.2 El desarrollo cognoscitivo según Ausubel

Ausubel (1982, pp 234-243) expone una visión peculiar del desarrollo cognoscitivo que parece adecuado incluir a fin de completar la perspectiva ausubeliana y en la medida en que permite hacerle una valoración crítica más acertada.

Para explicar el desarrollo cognoscitivo, Ausubel utiliza la división hecha por Piaget, en estadios de conocimiento, si bien este apoyo se lleva a cabo más a título de significantes, ya que las caracterizaciones cognoscitivas hechas por Piaget (1977a; 1977b) son poco utilizadas; en concreto, es ignorada en aquellos procedimientos donde la teoría piagetiana hace un tratamiento extensivo, profundo y concluyente, como son los de asimilación, clasificación y abstracción, por citar algunos.

Indica Ausubel que en la **fase preoperacional** el niño es capaz de adquirir **conceptos primarios**, cuyo significado el individuo aprende originalmente en relación con experiencias empírico-concretas genuinas. Una vez adquiridos los puede emplear, separados de sus ejemplares particulares, para resolver problemas y establecer relaciones entre dichos conceptos.

Sin embargo, en este nivel no es posible la utilización de **conceptos secundarios**, cuyos significados no se aprenden en relación con experiencias empírico-concretas, sino relacionándolos directamente con la estructura cognoscitiva. Coincide, por tanto, con Piaget en afirmar que estas limitaciones son debidas a la ausencia de operaciones lógicas.

En la etapa de las **operaciones concretas**, el niño es capaz de adquirir **abstracciones secundarias**, de manejarlas y relacionarlas entre si. Aprende

conceptos secundarios relacionando los atributos directamente con la estructura cognoscitiva.

Sostiene Ausubel que esta etapa es concreta, no porque los procesos de pensamiento estén ligados a su experiencia cotidiana como indica Piaget, sino *porque las abstracciones secundarias y sus relaciones pueden manejarse significativamente sólo con la ayuda de apoyos empírico-concretos*.

La tercer fase o **etapa lógico abstracta** (operaciones formales), es caracterizada por Ausubel con citas de Piaget, lo que parece mostrar su concordancia: en esta etapa "en lugar de limitarse a coordinar hechos relativos al mundo real, el razonamiento hipotético-deductivo extrae las implicaciones de los enunciados posibles y da lugar así a una síntesis única de lo posible y lo necesario". Sin embargo, vuelve a mostrar su discrepancia en aspectos procesuales, indicando que existen trabajos que niegan que el distintivo de esta etapa sea que el niño sepa ejecutar operaciones de segundo orden, pues también lo pueden realizar sujetos del nivel anterior. *La diferencia reside primordialmente en el plano conceptual, a saber, la capacidad para manejar verbalmente relaciones entre ideas sin apoyos empírico-concretos*.

A pesar de las continuas referencias de Ausubel a las etapas de Piaget, es imposible trazar un paralelismo entre las fases evolutivas que proponen estos dos autores para describir el desarrollo cognoscitivo, ya que los conceptos que utilizan parecen tener significados y funciones descriptivas diferentes.

Por ejemplo, indica Piaget que en el nivel preoperacional no existen conceptos propiamente dichos, tal y como son referidos por Ausubel. Así, los preconceptos derivados de la teoría piagetiana presentan problemas de relaciones de inclusión, esto lleva al sujeto a utilizarlos de forma inadecuada en determinadas situaciones, donde se pone en juego esta inclusión. Además, el significado de los preconceptos está ligado a las indiferenciaciones entre las acciones del sujeto con los objetos y de estos entre si.

Por otro lado, es lógico que Ausubel, cuando indaga sobre los **factores que provocan la evolución de la estructura cognoscitiva**, disienta de Piaget, sustituyendo los conocidos procesos de equilibración cognoscitiva (Piaget, 1978a) por *la combinación de tres tendencias: a) adquisición de modo gradual de un vocabulario operativo que hace posible la relación entre abstracciones, b) asimilación significativa de las nuevas proposiciones a la estructura cognoscitiva gracias a la creciente reserva de conceptos y principios estables y de orden más elevado y c) La repetitiva utilización de operaciones, hace que termine*



ejecutándolas con la misma eficacia sin la necesidad de apoyos concretos.

2.3 Generalidades sobre génesis, elementos y procedimientos cognoscitivos para una acomodación didáctica según una perspectiva piagetiana.

Resulta difícil exponer las partes de la obra piagetiana que pueden ser de interés para orientar el posterior curso de esta investigación 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 reunir las ideas piagetianas en grupos significativos para su posterior uso, 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.

2.3.1 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 ver 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 hincra 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).

2.3.2 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 título 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.

2.3.3 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 ellas 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).

2.3.4 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 contruidos 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 quien 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).

2.3.5 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 ellas, 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 éstos 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 lo concreto (Piaget, 1977a, p. 58).

2.3.6 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, números, 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 preológica.

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 operatorias, 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).

2.3.7 LAS CONDUCTAS TIPO α , β 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 α** . 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 β** ; en este caso, a diferencia de las conductas de tipo α , 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 γ** 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 α** 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 β**, 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 preoperatorialmente, 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 γ** 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.

3Estudios sobre la validez de las teorías psicológicas anteriormente propuestas. Bueno sería ahora que se lleve a cabo un estudio crítico sobre las limitaciones, inconvenientes, dificultades en la explicación de los nuevos datos obtenidos, inconsistencias, etc de las dos perspectivas propuestas, resaltando también los factores positivos que pueden servir para fundamentar las orientaciones sobre la búsqueda de concepciones.

Se comienza este estudio por la teoría de Ausubel, observada tanto desde una perspectiva de coherencia interna como desde la propia perspectiva piagetiana.

Posteriormente se analizará críticamente la teoría de Piaget que ha sido, y sigue siendo, referencia obligada de muchos trabajos, y a la vez, la que mayores sentimientos críticos levanta. "El sistema de Piaget nos invita de



forma natural a adoptar actitudes de aceptación o rechazo" (Pinard y Laurendeau, citados por Vuyk, 1975, p. 315). Por esta razón, se recogen las críticas desde los más diversos puntos de vista, comenzando, como es lógico, por la realizada desde una perspectiva ausubeliana, para continuar con una revisión de las críticas más importantes realizadas por el movimiento de las concepciones alternativas (adjuntando, tanto en un caso como en otro, comentarios y valoraciones sobre la extensión de estas críticas), para finalizar haciendo mención especial a la que consideramos la crítica más seria y extensa, al menos hasta donde conocemos, llevada a cabo por Rita Vuyk, a modo de trabajo compilatorio de la mayoría de las críticas realizadas contra Piaget.

3.1 Análisis crítico de la teoría ausubeliana

En ausencia de una determinada trama conceptual propiamente piagetiana (operación mental, abstracción simple y refleja, esquemas de acción...), 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 utilizado 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, 1989).

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 (Biología, Geología...), en determinados contenidos de enseñanza, donde los aspectos operacionales predominan (Física, Química...), 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..., no tienen cabida.

3.2 Análisis crítico del entramado conceptual piagetiano desde la perspectiva ausubeliana

Es perfectamente comprensible, después de las diferencias observadas entre las teorías de Piaget y Ausubel, que este último realice determinadas críticas puntuales a la teoría piagetiana (1982, pp 234-243), sin embargo, resulta más difícil de admitir por su severidad el estilo de su discípulo Novak. Se agrupan las distintas críticas de Ausubel y Novak, diseminadas a lo largo de sus respectivas obras, en tres argumentos críticos; a continuación de los comentarios se ofrece una réplica sobre sus limitaciones:

a) Puede haber aprendizaje verbal significativo [en el nivel preoperacional] siempre que el nuevo material que se va a aprender se pueda poner en relación con abstracciones primarias ya existentes que estén bien diferenciadas para determinadas áreas de conceptos, mientras que Piaget y colaboradores hacen hincapié en la función de soportes concretos en el aprendizaje de nuevos contenidos en este nivel. Como ejemplo se pone el modo de ser enseñado el concepto de **mamífero**

(Novak, 1982, p.114-5). Incluso se indica que desde un punto de vista ausubeliano es concebible que un niño de seis u ocho años mostrara un pensamiento lógico abstracto (operaciones formales) suponiendo que se hubieran adquirido los conceptos secundarios necesarios.

En este nivel, el establecimiento de relaciones depende, en primer lugar, de la indiferenciación entre las acciones llevadas a cabo con los objetos y las acciones de éstos entre sí; en



segundo lugar, del pensamiento irreversible, dado que la acción se asimila según se produce y, por último, de la incapacidad para establecer abstracción refleja, esto hace que aquellos contenidos de enseñanza donde a) sea necesario establecer relaciones entre ideas, b) conlleven conceptos relacionales, c) se requiera coordinar la comprensión con la extensión para establecer relaciones de inclusión y, d) sea necesaria la utilización de operaciones mentales (abstracción reflexiva), es difícil que sean adquiridos significativamente por la estructura cognoscitiva ya que no poseen las herramientas mentales adecuadas. Para el caso de los mamíferos, es necesario una estructura reversible para que la coordinación entre comprensión y extensión sea completa y para que el concepto se relacione inclusivamente con los conceptos con los que esta relacionado.

El extremo de aseverar que se pueden enseñar conceptos secundarios en el nivel preoperacional podría ser más un problema, debatido con anterioridad, de independencia de teorías, ya que tal y como se definen los conceptos secundarios no se puede decir que sean propios de un nivel cognoscitivo concreto. Así, se puede decir que son sencillamente dos elementos de dos teorías bien distintas y cualquier intento de comparación, simplista e ilusoria, puede llevar a afirmaciones como la que señala Novak. Este admite, sin embargo, la necesidad de experiencias con soportes concretos en todos los niveles de edad, *siempre que se presenten temas que incluyan nuevos conceptos u otros que no se puedan poner fácilmente en relación con los que ya existen en la estructura cognoscitiva del que aprende*, consideración didáctica en consonancia con los mecanismos de adquisición de conocimiento propuestos por Piaget.

b) Considera Novak que *el desarrollo de las operaciones concretas [y formales] es propuesto por Piaget como un proceso de maduración relacionada con la edad más que una diferenciación cognitiva específica* (1982, p.115).

Habría que considerar que el desarrollo de las operaciones, como indica Piaget (1977b), es un proceso de descentramiento y diferenciación progresiva debido a la interacción del sujeto con su medio, una interacción inadecuada no desembocaría necesariamente, a pesar del proceso de maduración vital del individuo, en el paso a niveles cognoscitivos superiores como así lo demuestran trabajos donde el alumno universitario se puede considerar maduro pero manifiesta, en bastantes casos, reacciones preoperatorias.

c) Otra crítica señala que *los períodos evolutivos de Piaget tienen una validez descriptiva, aunque no sean la caracterización funcional más útil de los procesos de aprendizaje cognitivo*. Y propone que las ideas de Ausubel deberían sustituir la interpretación que hace Piaget de la **diferenciación cognoscitiva**.

La perspectiva ausubeliana del desarrollo cognoscitivo como un proceso continuo y de acumulación vista con anterioridad, está en franca oposición con la evidencia de multitud de experimentos piagetianos donde la respuesta del sujeto es muy dependiente de su capacidad operatoria, ya que la solución al problema planteado es evidente si se poseen ciertos requisitos operatorios y tremendamente compleja en caso contrario (Piaget y García, 1973; Piaget e Inhelder, 1971). Esta relevancia de los niveles operatorios se pone también en evidencia en los trabajos de Shayer y Adey (1984).

Otros trabajos enmarcados en el MCA convergen en afirmar que las ideas que el alumno posee, antes del aprendizaje, son persistentes a los procesos de aprendizaje (Hierrezuelo y Montero, 1989, pp.14-8; Driver, 1988), que se opone a la visión parsimoniosa y optimista del aprendizaje significativo, que presupone una buena asimilación, sin más que elegir organizadores previos adecuados, una buena diferenciación progresiva y una reconciliación cognoscitiva oportuna.

Para terminar esta replica se quiere admitir que es un problema complejo mostrar superior la teoría de Piaget a la de Ausubel o viceversa, tanto como lo son los problemas de verificación y de coherencia interna de ambas.

3.3 El trabajo de recopilación crítica de Rita Vuyk

El extenso trabajo de recopilación bibliográfica realizada por Rita Vuyk (1985) para realizar su valoración crítica de la teoría piagetiana es francamente encomiable y puesto que esta investigación se fundamenta, en buena medida, en dicha teoría, parece adecuado dedicar un apartado a la revisión de Vuyk, en nuestra opinión, una de las más serias y documentadas. Analizaremos las partes de ésta teoría que son objeto de críticas bien fundamentadas, con el fin de ver si es necesario tener ciertas reservas o tomar ciertas medidas a la hora de fundamentarnos en ellas.

Antes de comenzar la exposición de críticas, sería interesante indicar, en primer lugar, que la gran mayoría de las veces, como trabajo compilatorio que es, los argumentos críticos están elaborados por otros autores, de forma que Vuyk apenas hace críticas personales, sino

más bien, se limita a exponer las distintas aportaciones sin hacer una valoración de cada una de ellas, salvo en contadas ocasiones.

El hecho de que Rita Vuyk no utilice un sistema de referencia o esquema asimilador que, actuando sobre los distintos trabajos críticos de otros autores, pudiera remarcar críticas contradictorias entre autores o aquellas de mayor o menor credibilidad, habría que valorarlo positivamente en la medida en que la autora se limita a exponer las críticas de otros tal cual, pero es bien sabido que hasta la percepción más pura (p.e. la de un color) está mediatizada por la estructura cognoscitiva del que observa, de ahí que por otro lado, deja muy impreciso el grado de intensidad crítica e incluso de credibilidad de algunos argumentos, siendo a veces difícil distinguir entre un argumento crítico serio y otro que no es más que un problema interparadigmático.

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

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)...

3.3.1 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).

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).

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).

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, 1984; Case, 1984), 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 esta 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).

MUCHAS DE LAS CRITICAS 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.

NO HAY UNA ARGUMENTACION CRITICA 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).

4. Planteamientos neopietetianos 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 las debilidades anteriormente señaladas, 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, a modo de colofón de esta exposición de fundamentos psicológicos.

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 ontogénico 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 neopietetianas: la de Pascual-Leone y la de Case (Carretero, 1983), que se describen brevemente:

3.4 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, 1984, 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 afecto, 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 organizmicamente distintas que es preciso considerar a un tiempo para resolver el problema (dimensionalidad) (Pascual-Leone, 1984, 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).

3.5 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 adquisición 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 adición 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.

3.6 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, 1984, 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 (1984, 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 prejuicios teóricos que separan, en el campo de la psicología evolutiva, a piagetianos y estudiosos del procesamiento de la información-IA.



Finalmente decir, en lo que respecta a este trabajo, que el entramado conceptual piagetiano, a pesar de su "carácter descriptivo y demasiado global", puede ser muy útil como sistema descriptivo de la ontogénesis del alumno, ya que permite adelantar, en la dirección adecuada, hipótesis en la búsqueda de concepciones u otros elementos cognoscitivos relevantes en la asimilación de nuevos contenidos de la enseñanza por parte del alumno. En lo que respecta a las diferencias individuales y los desfases o dependencia cognoscitiva del contenido de la tarea, habrá que apoyarse tanto en las propuestas neopiagetianas como en las que se proponen a continuación.

4El punto de vista personal: elementos cognoscitivos dependientes del contenido 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 si que lo hace para la génesis y evolución del conocimiento, y es ahí donde consigue relaciones paso a paso.

4.1 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, predominantemente operativo, son admitidas por el autor como un "decalage", en unos casos utilizando como argumento explicativo "la resistencia del objeto a ser estructurado operatoriamente" (Piaget, 1977b, p. 49) y en otros casos 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 ítems con igual estructura operatoria y distinto contenido tenían una correlación baja pero significativa e ítems 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, 1991). La teoría de Piaget no explica la escasa correlación, a un mismo nivel de edad, entre tareas que requieren la misma forma de pensamiento (Case, 1984, p. 340).

Stavy (1990) estudia la conservación del peso en una diversidad de situaciones físicas donde se implican fenómenos de fusión, evaporación, disolución y dilatación, 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 Vecchi, 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 Gillieron (citado por Vuyk, pp 504-506) que, ante los desfases en la seriación de la longitud y del peso, indica que éstos se deben a que en las tareas presentadas al niño están implicadas distintas operaciones en la solución de la misma (en la seriación de varillas se pueden ver todas, mientras que en las del peso hay que sopesar dos a dos); consiguientemente, realizó un experimento donde se presentan de forma análoga las dos tareas, no encontrando desfase. Este autor sugiere que los desfases son primordialmente un problema de relación entre contenido y forma.

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

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

El mismo Piaget señaló el hecho de que las operaciones concretas no son generalizables de inmediato a todos los contenidos, explicando esto por la mayor dificultad de operar sobre características menos dissociables 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).

4.2 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 réplica 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 solo el 18% dan soluciones satisfactorias a los problemas de intensidad (Piaget, 1975, p. 117).

2. El segundo grupo de experimentos se refiere a procesos de conservación de la longitud (Piaget e Inhelder, 1948), cantidad de materia, peso y volumen (Piaget e Inhelder, 1971).

La parte 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 ellas, 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 ítems de opciones múltiples por cada experimento (2 ítems del nivel 2A, 2 del nivel 2B y 2 del nivel formal), previamente validados tras reiteradas administraciones; 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 ítems 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 ítems	Nivel	Tarea	Aciertos %
2	2A	Péndulos	49
2		Varillas	73
2	2B	Péndulos	34
2		Varillas	55
2	3	Péndulos	27
2		Varillas	41

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

Por otro lado, el análisis de más de una veintena de experimentos piagetianos (Marín, 1985) 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.

4.3 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 de este trabajo es 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 ejerce, 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.

4.3.1 LOS COGNOFÍSICOS EN LA VIDA COTIDIANA

En una primera aproximación, hemos observado conductas en la vida cotidiana que se sospechan determinadas primordialmente por la intervención de algún **cognofísico**:

1. El **cognofísico relacionado con el movimiento** permite prever trayectorias

utilizando como indicador la velocidad del móvil. Se encuentra bastante desarrollado y generalizado debido a las constantes previsiones que debe realizar el sujeto para salvar obstáculos de tráfico ("a la velocidad que va ese coche, me da tiempo a cruzar", "puedo adelantar teniendo en cuenta a qué velocidad va el coche que me antecede y el que viene, siempre que yo haga la maniobra con una determinada rapidez"). Los niños y los animales que no lo poseen, presentan grandes dificultades para cruzar una calle. Este cognofísico induce habilidades en juegos como el ping-pong, tenis, baloncesto, fútbol, billar, etc, ya que permite prever la posición del móvil y estar allí antes de que llegue. Ahora bien, el impulso y la dirección que hay que dar al móvil para encestar, para que la bola llegue a una parte determinada de la mesa, o del campo, o para hacer una carambola, es muy posible que exija de otros cognofísicos diferentes.

2. El **cognofísico relacionado con la inercia** puede estar generado por el efecto que posee un impulso, por el que provoca una masa cuando se la quiere retener o cuando se quiere impulsar. Permite la previsión del momento en que se parará una bola cuando es impulsada en función de su velocidad, masa, rugosidad del terreno, etc. Es debido a interacciones con objetos que, estando estáticos, son movidos o lanzados y, con menos frecuencia, desacelerados. En otras muchas ocasiones se siente el efecto de estar en sistemas no inerciales, algunos tan cotidianos como el coche. Está muy desarrollado en conductores habilidosos que prevén los derrapes en función de diversos parámetros. No está tan desarrollado como el cognofísico cinético ya que las experiencias con sistemas no inerciales son menos frecuentes, 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.

3. Los **cognofísicos relacionados con el campo gravitatorio** están generados por una interacción omnipresente ya que siempre estamos inmersos en un campo gravitatorio, al desplazarnos, al coger los objetos, al cambiar de posición, etc, por lo que es lógico que genere un cognofísico más desarrollado que otros. Los objetos poseen una posición privilegiada para cogerlos (generalmente según el centro de masas), de manera



que si son cogidos de otro modo, la sujeción manual resulta más difícil y la posibilidad de caída aumenta; por otro lado, al apoyarlos sobre un soporte, no permiten cualquier posición para mantener su funcionalidad o su equilibrio, lo que requiere destrezas por parte del sujeto que los apoya, de forma continuada. La misma acción de andar requiere una equilibración dinámica del centro de masas corporal respecto a un plano de sustentación que no es muy extenso: los pies. Es posible que con la evolución de este esquema cognoscitivo se vayan diferenciando otros **cognofísicos** relacionados con la pesadez, con el sentido arriba-abajo y verticalidad, compensación de masas respecto a un centro, equilibrio, etc.

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

4.4 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 de 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 operacional. 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.



CAPÍTULO 3

METODOLOGIA Y ESQUEMAS DE BUSQUEDA

1

¿Son las concepciones la mejor información que se puede obtener del alumno?

En este capítulo se sigue con la línea argumental principal, que consiste en considerar que la búsqueda de concepciones se hace primordialmente para acomodar lo más posible los diseños de enseñanza a las peculiaridades cognoscitivas del alumno.

Sería necesario, por tanto, conocer aquella información referente a los elementos cognoscitivos que el alumno pone en juego en los procesos de asimilación de un contenido.

Si el objetivo de enseñanza solo pretende que el alumno memorice un determinado contenido no sería necesario poseer un conocimiento de sus concepciones, con la aplicación de recursos nemotécnicos sería suficiente para conseguir dicho objetivo.

En buena medida, son los objetivos que se pretenden conseguir en los procesos de enseñanza los que determinan el tipo de información que se requiere del alumno. Por tanto, si lo que se pretende es que el alumno utilice lo aprendido como un conocimiento que pueda utilizar operativamente, es necesario un aprendizaje tal que los contenidos académicos se inserten en su estructura cognoscitiva, de tal forma que actúen como esquemas asimiladores,

1.

semejantes a los que él construye en su interacción con el medio.

Memorizar o integrar los contenidos académicos son dos pretensiones extremas, en cada caso la información necesaria sobre el alumno para conseguir los fines de enseñanza varía ostensiblemente. Así, un aprendizaje que lleve al alumno a utilizar los contenidos académicos como esquemas asimiladores semejantes a los que ya posee, exige una información de cuáles son sus esquemas más relevantes, así como las reglas más importantes que rigen los procesos de asimilación.

1.1 ¿Qué son las concepciones?

En la revisión sobre la metodología del MCA (§ 1.3), se observó que el término concepción es objeto de búsqueda a través de una diversidad de tratamientos metodológicos, como si la entidad que se trata de identificar no estuviera bien establecida de principio, o al menos, existiesen ciertas divergencias que, en cierto modo, son inherentes a la propia metodología utilizada. Como se ha indicado, existe una multitud de términos para denominar dicha entidad, tales como concepciones, esquemas alternativos, errores conceptuales, preconcepciones, conceptos primitivos, ideas previas, ideas espontáneas, representaciones mentales, ciencia de los niños, etc (Hierrezuelo y Montero, 1989), que denotan la existencia de distintas formas de entender las concepciones por los diferentes investigadores:



Respecto a su estatus cognoscitivo, las concepciones se pueden entender como ideas que:

el alumno posee relativas a los contenidos académicos, delimitadas a partir de sus respuestas a problemas planteados. Los términos más adecuados podrían ser ideas previas o errores conceptuales,

forman parte del retículo conceptual cognoscitivo del alumno, es decir, de su estructura cognoscitiva y, por tanto, pertenecen al plano inobservable de la actividad interna del sujeto, en cuyo caso sería más adecuado utilizar los términos concepción, esquema alternativo o representación mental.

2. Respecto a su naturaleza, se pueden considerar concepciones, desde esas ideas equivocadas que mantienen los alumnos, relativas a los contenidos de enseñanza que se les va a enseñar y cuya valoración se hace en función de la "distancia" de las respuestas incorrectas de éstos a la correcta (errores conceptuales), hasta aquellas otras generadas de forma espontánea que se van desarrollando paulatinamente y, de modo individual, a través de su interacción con el medio. Algunas pueden estar relacionadas con contenidos académicos y otras no tienen por qué (concepciones espontáneas).

Ante este abanico de posibilidades ¿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 estos problemas, podría quedar en una tarea inacabada, y ciertamente compleja, si 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. Que en el contexto del MCA se diga "estúdiese lo que sabe el alumno y actúese en consecuencia" o en un contexto piagetiano "es necesario acomodar la enseñanza a las peculiaridades cognoscitivas del sujeto a fin de garantizar los procesos de asimilación y acomodación de los nuevos contenidos a la estructura cognoscitiva de éste", en ambos casos, la pretensión didáctica es la misma.

Según el estudio de los procesos de asimilación del sujeto (§ 2.2 y § 2.3), podemos, al menos por el momento, indicar

que nuestra postura será considerar que las concepciones:

No forman parte de la estructura cognoscitiva del alumno, ya que el investigador las identifica y delimita a partir de las regularidades encontradas en las respuestas de éste a situaciones físicas planteadas. Si bien, el mayor o menor reflejo que presenta una determinada concepción del contenido ontogenético del sujeto depende, en gran medida, de la metodología utilizada (§ 1.3). Si se tiene en cuenta que las explicaciones de los sujetos son datos producidos por sus esquemas cognoscitivos, explicaciones y esquemas son entidades de naturaleza bien diferente.

No son incorrecciones académicas, pues si son entidades producidas por la estructura cognoscitiva del sujeto, tiene sentido relacionarlas con otras entidades endógenas a él, pero no con el cuerpo de conocimientos académicos.

A fin de responder a la cuestión ¿qué son las concepciones?, se exponen sus características más relevantes.

1.2 Delimitación de las características de las concepciones

Investigaciones realizadas sobre concepciones, principalmente a lo largo de la década de los 80 (véase Carmichael y otros, 1990), han centrado su interés en perfilar las características cognoscitivas de las concepciones de los alumnos; algunas de ellas, mediante un procedimiento más o menos inductivo, a partir de las tendencias y regularidades más frecuentes presentes en las explicaciones de los alumnos.

Estas características ya no describen el conocimiento específico del alumno respecto a un contenido académico concreto, sino que se refieren a tendencias generales y procedimientos de su propia estructura cognoscitiva. Las características más sobresalientes son:

1. Señala Driver (1988) que las concepciones constituyen **esquemas activos** que actúan dinámicamente como "modos de ver" la realidad y que, a su vez, son utilizados para construir un conocimiento posterior. Así, cuando los datos que se presentan a los alumnos en una situación, son novedosos para ellos, suelen utilizar esquemas inapropiados para asimilarlos, muchos de ellos



activados por analogía, al resultar imposible comprender algo nuevo, si no se activa algún esquema al que asimilar dicha información (Pozo y otros, 1991b).

2. Las ideas espontáneas son compartidas por personas de **muy distintas procedencias culturales y de diferentes edades**. Un mismo cuestionario sobre situaciones de dinámica fue pasado en Inglaterra, Kenya y Portugal obteniéndose resultados semejantes (Gunstone y Watts, 1989). La negación del vacío en la materia ha sido detectada entre adolescentes israelíes (Novick y Nussbaum, 1978), estadounidenses (Novick y Nussbaum, 1981), ingleses (Brook y otros, 1984), españoles (Llorens, 1988; Benarroch, 1989), alemanes (Pfundt, 1981), escoceses (Dow, Auld y Wilson, 1978) y neozelandeses (Osborne y Schollum, 1983). Asimismo, diversos trabajos han mostrado la permanencia de esta idea incluso en alumnos universitarios (Novick y Nussbaum, 1981).
3. Es posible ver las concepciones **fruto de un pensamiento coherente**, si son valoradas dentro del contexto cognoscitivo que las generan, el del propio sujeto. Por el contrario, si esta valoración se realiza usando como referencia el pensamiento científico, las explicaciones espontáneas del niño pueden resultar contradictorias, y dependientes del contexto, como algunos autores parecen apreciar (véase Hierrezuelo y Montero, 1989). Por ejemplo, el alumno asocia fuerza constante con movimiento constante (Brown, 1989; Gamble, 1989; Watts y Zylbersztajn, 1981), noción que puede ser poco científica, pero se adapta bien a su mundo con rozamiento. Asimismo, puede parecer disparatado pensar que al disolver azúcar en agua, ésta se convierta también en agua; sin embargo no lo es tanto si se tiene en cuenta que los niños denominan agua a cualquier líquido transparente (Driver, 1988).
4. A pesar de lo dicho en el apartado anterior, y por el mismo motivo de que el marco de referencia es su propia perspectiva y no la científica, con frecuencia, los alumnos pueden dar un significado a un concepto y, a continuación utilizarlo de forma diferente, sin que esto les suponga una contradicción. Esto pone de manifiesto que las **ideas de los alumnos son difusas o están poco diferenciadas**. Por ejemplo, cuando hablan del peso incorporan con

frecuencia aspectos de volumen, densidad y presión, (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985). También es frecuente lo contrario, de manera que ciertas nociones son consideradas diferentes cuando, desde el punto de vista científico, representan el mismo concepto. Por ejemplo, los alumnos encuentran diferencias entre las acciones de tirar y empujar como si se tratara de fuerzas con características distintas (Gamble, 1989; Boyle y Maloney, 1991).

5. Las **nociones espontáneas están dominadas por lo perceptivo**. En efecto, el aspecto figurativo de la situación problemática es determinante de la dirección e intensidad de la acción que se produce. Así, es necesario hacer más fuerza para retener un coche que está en lo alto de la pendiente de una montaña que si está en su parte media (Watts y Zylbersztajn, 1981), o bien, se suele considerar que un bloque hace más fuerza horizontal cuando tiene más peso (Maloney, 1984) y que un sistema formado por dos pesos iguales, unidos por una cuerda y pendientes a través de una polea, no está equilibrado si no están a la misma altura (Viennot, 1979). Otros ejemplos: entre dos personas que tiran de una cuerda en sentido opuesto y suponiendo el sistema quieto, hace más fuerza el individuo que pesa más (Terry y Jones, 1986) o el que va ganando (Watts y Zylbersztajn, 1981). Esta regla también parece extenderse a otros campos de la Ciencia. Así, la luz sólo existe cuando sus efectos son observables (Guesne, en Driver y otros, 1985), o los gases cuando son coloreados (Seré, en Driver y otros, 1985).
6. Las **concepciones están muy marcadas por un razonamiento lineal causal tanto espacial como temporal**. Esto es, la causa que provoca un efecto debe estar cercana, o más bien, en contacto con el efecto que se produce -causalidad espacial- y se intenta encontrar en los instantes antes en que se produjo el efecto -causalidad temporal- (Pozo y otros, 1991a). Así, es difícil que los alumnos aprecien fuerzas actuando a distancia, mientras que suelen considerar como fuerzas "verdaderas" tan solo las de contacto (Hierrezuelo y Montero, 1989).
7. Se suelen evaluar las transformaciones producidas por varias causas que interactúan, según una **dirección preferente** o, dando prioridad a una de



ellas, generalmente la más visible. En consecuencia, la reversibilidad de un proceso es difícilmente apreciada. Por ejemplo, un alumno es capaz de reconocer la fuerza que ejerce una persona sobre la tierra, pero no la de la tierra sobre la persona (Terry y Jones, 1986). También es mucho más fácil que aprecie el motivo del cambio de estado sólido-líquido que el de líquido-sólido (Driver, 1988).

8. Las situaciones **en las que no hay un efecto perceptible no requieren causas para ser explicadas**, dicho de otro modo, los alumnos tienden a explicar los cambios, no los estados. En efecto, en situaciones estáticas los alumnos tienen bastante dificultades para detectar las fuerzas actuantes (Gilbert, Watts y Osborne, 1982). Por ejemplo, piensan que sobre un cuerpo apoyado en una mesa no actúa fuerza alguna o, en cualquier caso, sólo admiten la existencia del peso (Clement, 1982). Igualmente, en la comprensión de los fenómenos químicos, los alumnos buscan explicaciones a los cambios aparentes pero no a los estados inicial y final, lo que les impide comprender conceptos como el de reacción química (Andersson, 1986).

1.3 Análisis de las características cognoscitivas de las concepciones desde un contexto piagetiano

Es curioso comprobar que estas características están contenidas en los trabajos piagetianos (llevados a cabo 20 años atrás), y lo que es más, la mayoría permiten ser explicadas bajo el contexto de la Epistemología Genética:

1. La noción de esquema en un contexto piagetiano es básica. Por un lado, a través de él es posible asimilar y dar un significado a lo nuevo, de modo que, por ejemplo, cuando el sujeto realiza una percepción, ésta es asimilada necesariamente a un esquema que permite dar una significación a lo que es percibido o concebido (Piaget, 1980b, p.7). Por otro lado, es un elemento integrante de la estructura cognoscitiva del sujeto que por un proceso de repetición, generalización y diferenciación, asimilación recíproca y abstracción reflexiva, permite explicar el incremento del conocimiento y pasa de una estructura inferior a otra más equilibrada con el medio (Piaget, 1977a, p.11). Se puede ver, en cierta manera,

como capacidad predictiva del entramado conceptual piagetiano que gira alrededor de la noción de esquema (Criscuolo, 1987), el hecho de que las conductas de tipo α (Piaget, 1978a, p. 73) suponen la aparición de explicaciones, fruto de una asimilación deformante al utilizar esquemas inadecuados.

2. El carácter intercultural de las características cognoscitivas fue comprobado por los colaboradores de Piaget en un buen número de ocasiones (Bringuier, 1977, pp.68-69; Piaget e Inhelder, 1971, p.19). Este carácter puede ser explicado en el seno de la Epistemología Genética, si se tiene en cuenta que éstas características son derivadas de dicha estructura, la cual se configura en base a la continua interacción del sujeto con su medio que, desde un punto de vista estructural, es semejante para todos. Por ejemplo, la gravedad, el equilibrio, la inercia, la dureza de las cosas, son factores del medio que se dan por igual. Sin embargo, presenta mayor dificultad explicar la persistencia de las concepciones a través de las edades, característica que suele ser muy enfatizada por el enfoque del MCA.

No obstante, se debe indicar que muchas de las "persistencias" podrían ser más un problema metodológico, que una característica intrínseca de las concepciones; de hecho, si al alumno de mayor edad se le permitiera ir más allá de la preguntas iniciales de un cuestionario, planteándole conflictos y situaciones de desequilibrio sobre los distintos factores involucrados en la tarea, se podrían detectar diferencias sustanciales respecto al de menor edad.

3. La estructura cognoscitiva del individuo no es una yuxtaposición de elementos, sino que están interrelacionados entre sí por leyes de composición que confieren al todo propiedades diferentes a la suma de sus partes (Piaget, 1974, p.11) y, a pesar de que la integración de nuevos elementos es constante, la estructura mantiene su estabilidad mediante una continua autorregulación (Piaget, 1974, p.18). La integración de nuevos datos se hace por la familiaridad de éstos respecto a los ya contenidos en la



estructura cognoscitiva, lo que garantiza una cierta coherencia entre las partes que integran el conocimiento. De hecho, la asimilación se hace imposible cuando el nuevo dato es demasiado novedoso.

Necesariamente, las reacciones que genera la estructura cognoscitiva, entre ellas, los esquemas explicativos, no pueden ser incoherentes, siempre que se analicen desde el contexto ontogenético adecuado, ya que si se valoran desde la perspectiva de la Ciencia, lógicamente parecerán incoherentes, sesgados, parciales, etc.

4. Es posible explicar el carácter difuso y poco definido que presentan las explicaciones de los alumnos, si se considera que los primeros esbozos inteligentes se adquieren por interiorización de los esquemas de acción, desarrollados por la continua interacción sujeto-objeto; de ahí que, no sea de extrañar que las nociones preoperatorias estén centradas en la acción indiferenciada sujeto-objeto (Piaget e Inhelder, 1984, p.98) y que muchas concepciones, fruto del pensamiento preoperacional, se presenten indiferenciadas. Así, "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), "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), y hay que esperar al nivel IIB para que la fuerza se vuelva causa de movimiento" (p. 69). "El peso indiferenciado con la masa, es por momentos un coeficiente de acción y en otros es peso-cantidad; la diferenciación y posterior coordinación se debe a su composición con magnitudes espaciales" (p. 109).

Además, los preconceptos se van desarrollando gracias a una coordinación progresiva entre comprensión y extensión (Piaget e Inhelder, 1976, p.306) y, por tanto, en el pensamiento preoperacional, donde aún no existe una coordinación entre los dos factores (ésta se establece gracias a relaciones de inclusión características del periodo de

operaciones concretas), la extensión de ciertas nociones se deberá a uniones de subconjuntos disjuntos o a relaciones inapropiadas entre el todo y las partes, lo que hace que nociones formalmente diferenciadas sean presentadas por el sujeto bajo una misma denominación. Finalmente, señalar el tratamiento evolutivo que presentan las indiferenciaciones, ya que de acuerdo con la génesis del conocimiento, se van produciendo una serie de descentramientos ligados a sucesivas diferenciaciones (Piaget e Inhelder, 1984, p.98-99).

5. La influencia del aspecto figurativo en las respuestas del sujeto, es tratada por Piaget dentro de una perspectiva más amplia y evolutiva, como una característica del pensamiento figurativo (por ejemplo, Piaget, 1980a, p.44), que sólo permite la asimilación de los estados estáticos, inicial y final, pero no la transformación en sí; hay que esperar a que aparezcan las operaciones mentales para que las imágenes estáticas del nivel preoperacional adquieran movilidad, logrando imágenes anticipatorias (Piaget, 1980a, p.46). Los mejores experimentos piagetianos -por ejemplo, Piaget y Szeminska, 1982, pp 19-41 y 94-106 (8 fichas azules y 8 rojas enfrentadas en línea y trasvase de líquidos); Piaget e Inhelder, 1973, pp. 33-108 (conservación de la cantidad de materia, peso y volumen)-, han mostrado reiteradamente que una estructura cognoscitiva no reversible se queda a merced del dictado figurativo de los datos.
6. El problema de la causalidad es tratado de forma evolutiva, de modo que las características causales antes señaladas (§ 3.1.2 subapartados (6), (7) y (8)) y otras, aparecen en alguna fase del desarrollo evolutivo. Así, la continuidad espacial de la causalidad (6) aparece en el nivel de operaciones concretas (Piaget y col, 1972, pp 7-98), por lo que en un estadio anterior sería inadecuado plantearse de este modo el problema, ya que las reacciones de los sujetos tienen direcciones imprevisibles que difieren de las posibles relaciones causa-efecto. La ausencia de reciprocidad en las acciones (8) y el hecho de que los alumnos tiendan a explicar los cambios más que las situaciones estáticas, son



características tanto del nivel preoperatorio como de las operaciones concretas.

En el nivel 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, p. 56-73). El considerar innecesario dar razones causales en situaciones estáticas (h), aparece en el trabajo piagetiano como una consecuencia de creer que solo hay fuerzas cuando hay movimiento, característica del pensamiento preoperacional (Piaget y col, 1972, p.63, p.84, p.89).

Otras características como la ausencia de aditividad de causas en el nivel preoperacional y comienzos del de operaciones concretas (Piaget y col, 1972, p.15, p.62), la dificultad para entrever varias causas actuando simultáneamente, apreciándolas como sucesivas (Piaget y col, 1972, p.89), los retrocesos en las explicaciones de los sujetos que comienzan a apreciar el carácter dinámico del peso (Piaget y col, 1972, p.21), la diferenciación entre fuerza y movimiento a finales de operaciones concretas (Piaget y García, 1973, p.62), y otras más, aparecen con frecuencia en los trabajos piagetianos, no así en los del MCA, al menos, hasta donde conocemos (Marín y Benarroch, 1994).

Las características cognoscitivas referentes a la causalidad, se integran y pueden ser explicadas en el entramado conceptual piagetiano, referido a las explicaciones causales del sujeto que, a su vez, se fundamenta en la progresiva diferenciación de la causalidad y las operaciones (Piaget y García, 1973, p.142). De aquí, 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 (Piaget y García, 1973, 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" (Piaget y García, 1973, p.146-147).

Más adelante, 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)" (Piaget y García, 1973, 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".

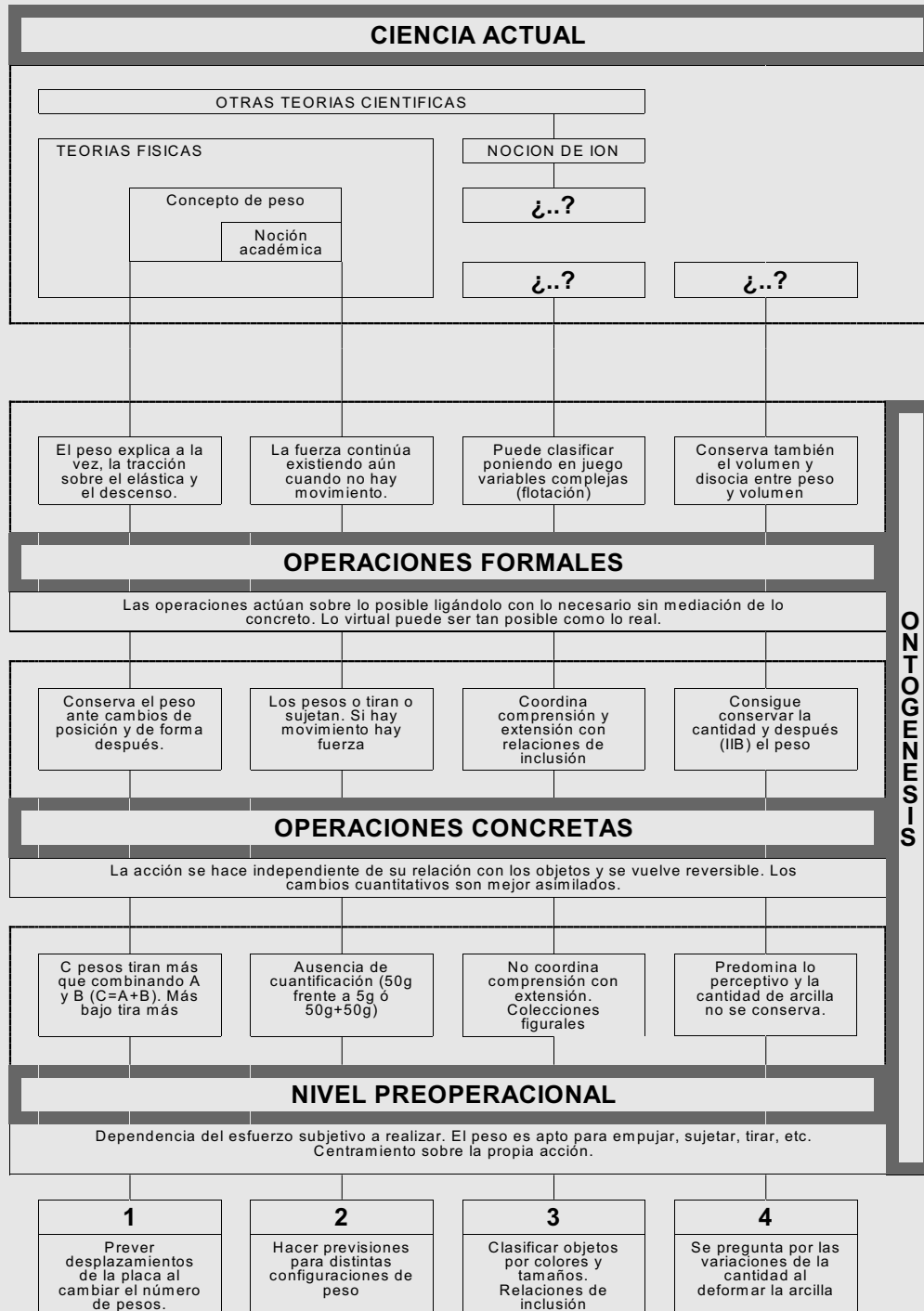
Una conclusión se impone de este análisis: las características cognoscitivas de las concepciones son deducibles de la teoría piagetiana, ya que admiten ser explicadas armoniosamente por reglas generales relativas a los mecanismos cognoscitivos que se dan en los procesos de acomodación y asimilación, y si esto es así, es posible que ésta teoría ofrezca un contexto adecuado para tratar el problema de la búsqueda, interpretación y explicación de las concepciones.

Otra conclusión importante relacionada con lo que pueden ser las concepciones de los alumnos es que la mayoría de ellas tienen **características preoperacionales** y, por tanto, tienen carácter estático, figurativo y no parecen subyacer determinadas operaciones mentales en aquellas que contienen relaciones causales.



Esquema 1

RELACIONES ENTRE CONTENIDOS ACADÉMICOS Y ONTOGENÉTICOS



**Cuadro de texto nº 2****LOS CUATRO EXPERIMENTOS PIAGETIANOS****Situación nº 1**

(Piaget, 1975, pp. 29-55)

A 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.

Situación nº 2

(Piaget, 1975, 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 pide 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.

Situación nº 3

(Piaget e Inhelder, 1976, pp. 29-112)

Se utiliza uno de estos tres grupos de objetos según el objetivo sobre clasificación 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 formando 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 si los sujetos dominan la relación de inclusión entre clases. Al conjunto de todas las tablillas se le denomina B. Se le pregunta: ¿todas las tablillas rojas son de madera?, ¿qué hay más tablillas rojas o de madera?.

Situación nº 4

(Piaget e Inhelder, 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 ellas 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 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.



1.4 La concepción no es la mejor información que se puede tener del alumno.

Búsqueda de información relevante del sujeto.

Es posible que lo importante para resolver el problema no sea la dicotomía sobre lo que es o no concepción, sino la búsqueda misma de información relevante del alumno.

En el esquema 1 se representan en la parte inferior una serie de situaciones físicas y, de modo ascendente, las explicaciones típicas que dan los sujetos de los distintos estadios piagetianos. El nivel formal es el que queda más cercano a los modos explicativos que se dan en el dominio de la Ciencia, si bien los contenidos de uno y otro distan todavía bastante.

Aunque existe cierta relación entre el contenido académico y el ontogenético, en especial en el nivel formal y, en menor grado, en el nivel preoperatorio, habría que establecer el tipo de correspondencia que existe entre el subconjunto de contenidos académicos y el de contenidos del alumno a que se asemejan, pues los primeros pertenecen al plano de la ciencia y los segundos al ontogenético. Por ejemplo, es lícito preguntarse ¿qué idea tiene el alumno sobre la noción de fuerza? o ¿cuáles son las concepciones que el niño posee sobre el concepto energía?; en cuyo caso es evidente que se está dando primacía a los esquemas conceptuales del dominio de la Ciencia sobre los del ontogenético, ya que se está evaluando las respuestas del alumno por asimilación a los primeros esquemas. Si se da primacía a los contenidos ontogenéticos 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.

Entonces ¿cómo establecer un puente adecuado para relacionar ambos contenidos? ¿existen

entidades comunes a ambos?. Quizá el plano de los acontecimientos físicos sea el más adecuado; 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 las distintas estructuras de asimilación, que pueden pertenecer al plano filogenético o al ontogenético, y de este modo, se podrían relacionar los contenidos de ambos, al estar referidos a la misma situación física.

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 aquellas que podrían asimilarse a la ley fenomenológica $F = k \cdot x$, válida dentro de un rango de estiramiento y fruto de una subestructura (teoría) insertada en el cuerpo organizado de la Ciencia. Aunque con diferente contenido, la reacción preoperatoria es una expresión ontogenética de la anterior fórmula, y se corresponden en la medida en que ambas se refieren a la misma situación física.

En el esquema 1 se exponen cuatro situaciones, cuyo análisis de las distintas reacciones ontogenéticas y su comparación con las correspondientes explicaciones académicas, permite mostrar una serie de consecuencias sobre el tipo de información que habría que buscar en el alumno. Las situaciones elegidas se corresponden con los experimentos piagetianos, cuyos diseños experimentales se presentan resumidos en el cuadro de texto 2.

A cada situación se le han asociado algunas de las reacciones que presenta el sujeto en los distintos niveles cognoscitivos. Después del nivel formal, algunas reacciones ontogenéticas poseen una correspondencia con contenidos académicos, sin embargo otras son difíciles de establecer, incluso a veces imposible. Del mismo modo, se puede apreciar que muchos contenidos académicos no pueden ser relacionados con las



ideas del sujeto, todo ello se expresa en el esquema 1 mediante interrogaciones.

Las situaciones físicas 1 y 2 permiten relacionar reacciones ontogenéticas con las que se dan en el plano académico. Así, la respuesta correcta implica la noción del peso y es este mismo significante, con significados diferentes que irán variando a lo largo de la ontogénesis, el que es utilizado por los sujetos. Obsérvese que un mayor número de situaciones físicas independientes, donde se ponga en juego la noción de peso, establecería un mayor número de vínculos y, por tanto, mayor grado de correspondencia entre las "imágenes" ontogenéticas de esta noción y la correcta.

La situación física 3 permite tipificar respuestas en el alumno que no pueden ser relacionadas con un contenido académico determinado, en todo caso con algún procedimiento científico, como es el caso en que se pide al sujeto que clasifique distintos objetos por su color y forma, que podría relacionarse con el proceso científico de clasificación.

La situación física 4 trata sobre problemas de conservación, y ofrece un contenido ontogenético (reacciones de los sujetos) que da información muy significativa del comportamiento cognoscitivo del alumno; sin embargo, es difícil encontrar un contenido de Ciencias que permita establecer correspondencias adecuadas con estas reacciones ontogenéticas.

Existe un gran número de contenidos pertenecientes a las teorías científicas (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?...

Las reacciones del sujeto pueden ser descritas y catalogadas en diversos niveles de abstracción, si bien el modo de ser formuladas depende, como es obvio, de los esquemas conceptuales del investigador, dependencia que será mayor o menor según el grado de abstracción del nivel descriptivo.

Obsérvese que se presentan dos niveles descriptivos de las reacciones del sujeto:

1. El primero está relacionado con cada situación particular y está constituido en base a las regularidades encontradas en dichas reacciones. En este nivel hay interpretación del investigador que elige los datos que considera más representativos, resalta unos datos sobre otros, los ajusta a categorías como "conservación", "coordinación entre comprensión y extensión", "predominio de lo perceptivo", etc. Todo ello hace valorar e interpretar los datos en una determinada dirección, sin embargo, otro investigador utilizando otro grupo diferente de categorías llevaría a catalogar los datos de modo diferente.
2. 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.

Se puede apreciar también que las categorías, tanto de un nivel como del otro, 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.

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



Restringida, 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 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 las ideas del alumno.

Hay que concluir, por tanto, que esta visión de las concepciones no es la mejor información que se pueda tener del alumno.

Una **visión amplia de las concepciones**, se podría conseguir mediante una:

Correspondencia entre los contenidos académicos y los que posee el alumno, a través de situaciones físicas significativas.

Delimitación de las reacciones del sujeto, referidas tanto a conceptos como a procesos.

Catalogación de las respuestas de los alumnos en diversos niveles descriptivos, mediante un contexto teórico adecuado a la estructura asimiladora de los datos.

Todo ello, permite afirmar que la mejor información que se puede tener para que el alumno integre en su estructura cognoscitiva los contenidos académicos objeto de enseñanza es conocer los **mecanismos de asimilación que posee el alumno y, por tanto, los esquemas cognoscitivos** ya adquiridos.

La **visión restringida y sesgada de las concepciones** queda, por tanto, como una primera aproximación en la delimitación de dichos esquemas, por contra, la **visión amplia de las concepciones** ofrece un punto de vista más completo y significativo de los esquemas de asimilación que posee el sujeto, permitiendo, además, llegar a conocer las **reglas que rigen su actividad asimiladora**.

En la búsqueda restringida de concepciones suele subyacer la parte conceptual del contenido objeto de enseñanza, en detrimento de los procesos y relaciones conceptuales; sin embargo, el binomio proceso-concepto no parece tener tanto interés, cuando se enfatiza la importancia de los mecanismos de asimilación del alumno, como la información más relevante. En efecto, en la

evocación de una respuesta el sujeto pone en juego, por un lado, esquemas conceptuales y procesuales u operatorios y, por otro, sus mecanismos de asimilación y acomodación, de aquí que interese tanto la información de tipo procesual como la conceptual; distinción que parece ser poco necesaria, aunque no sea así en un contexto formal, lógico o científico. En el plano psicológico, los esquemas operatorios necesitan un contenido sobre el que actuar, aunque éste sea simbólico y es preciso utilizar esquemas para asimilar o procesar cualquier contenido.

1.5 Terminología a utilizar para referirse a la información relevante del sujeto

Si no es relevante la distinción entre lo procesual y lo conceptual, los términos antes citados para referirse a lo que el alumno conoce antes del proceso de enseñanza-aprendizaje no deben ser los más adecuados, y habría que utilizar otros que abarcara cualquier tipo de información que ofrezca el alumno. La nueva nomenclatura debe delimitar los esquemas cognoscitivos y reglas de asimilación utilizados, y abarcar todo tipo de explicaciones dadas por el sujeto relacionadas con el comportamiento, características de los objetos e interacciones causales y, por otro lado, debe sugerir que es una entidad observable producida por la estructura cognoscitiva del sujeto perteneciente al plano inobservable.

Quizá sería suficiente para referirse a lo que el alumno sabe el término "**reacción**" o simplemente "**respuesta**", al fin y al cabo lo importante es delimitar lo que se pretende buscar, y estos términos son lo suficientemente generales como para abarcar todo tipo de información de interés.

Si se admite que las reacciones del sujeto son el reflejo de sus esquemas cognoscitivos pertenecientes al plano inobservable, la estabilidad de éstos debe verse reflejada en determinados requisitos de regularidad que son propios de cualquier esquema, como son:

Aparecen reiteradamente siempre que se presenta una determinada configuración de la situación problemática (**repetición**)

Se aplican en diferentes situaciones físicas, permitiendo previsiones o son persistente ante la variación de los factores que intervienen en una misma situación (**generalización**).

Se acomodan ante variaciones particulares de una situación física explicada con dicho esquema (**acomodación o diferenciación**).

Las reacciones que cumplen dichos requisitos se denominarán **esquemas explicativos** y constituirán un concepto significativo en el curso de esta investigación.



Los constructos delimitados a partir de los esquemas explicativos, serán esquemas cognoscitivos o propuestas sobre los mecanismos relativos a la capacidad de asimilación de éstos.

2

Direcciones de búsqueda de información relevante: Los esquemas de búsqueda

La utilización de 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, que supone trabajar desde una perspectiva hipotético-deductiva.

Paralelamente, el proceso deductivo ayuda a la intuición subjetiva del investigador, con nuevas herramientas prestadas y deducidas del dominio de la psicología cognoscitiva, que se denominarán **esquemas de búsqueda**.

Los esquemas de búsqueda actúan funcionalmente como **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**.

Además, hacen que las distintas **partes del trabajo sean coherentes entre sí**, ya que subyacen en todas ellas los mismos criterios.

Así pues, resumiendo, los esquemas de búsqueda tienen dos importantes misiones:

delimitar el tipo de información que se pretende buscar y,

servir como orientadores en el diseño de las distintas fases de la investigación.

Ambos cometidos están ligados causalmente, ya que en base al conocimiento del tipo de información que se busca, se diseñarán los medios metodológicos más adecuados para llevar a cabo dicha búsqueda.

Los esquemas de búsqueda provienen:

De consideraciones psicológicas relativas a los esquemas de asimilación.

Deducidos del entramado conceptual del contenido, y puesto que el interés se centra en como lo ve el sujeto, se analizará su ontogénesis y su conexión con el contenido académico.

Los distintos esquemas de búsqueda que se van a configurar presentan diferencias entre sí, debido fundamentalmente a tres factores:

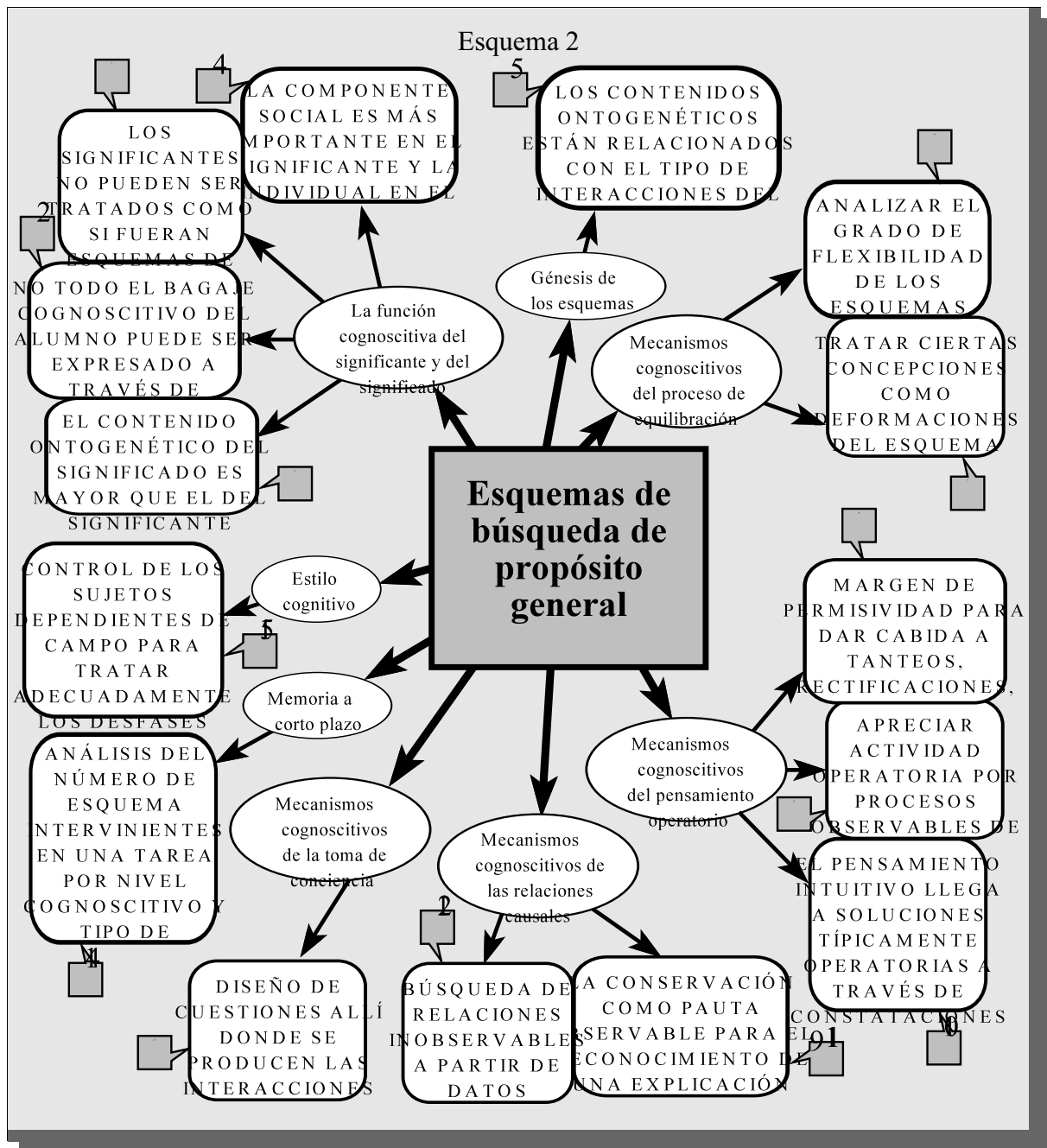
El grado de generalidad

El rango teórico del que son deducidos

La función en el entramado de la investigación

De aquí, que se puedan diferenciar tres tipos:

1. De propósito general



Son deducidos de los fundamentos teóricos en los que se apoya este trabajo y que están relacionados con los esquemas de asimilación del sujeto. Consecuentemente, determinarán en la investigación aspectos globales como el modo de plantear las entrevistas individuales, la elección de situaciones físicas, la interpretación de los datos, etc. A efectos de citación se denominarán EQB_{Gn}, siendo n un número de orden que sirve para diferenciarlos.

2. Deducidos de las hipótesis

Las hipótesis fundamentales están configuradas en el mismo plano que los fundamentos teóricos,

por lo que estos esquemas tienen el mismo grado de generalidad que los de propósito general. Su función orientadora en el desarrollo de la investigación es semejante a la que cumplen los de propósito general, pero al estar contruidos sobre argumentos del plano hipotético del trabajo tendrán también rango de hipótesis, solo que planteadas de forma más operativa y concreta y, por tanto, serán susceptibles de constatación empírica. Serán referidas con las siglas EQB_{Hn}.

3. Dependientes del contenido

Están referidos a los contenidos de enseñanza objeto de la investigación, de ahí su carácter



específico y concreto. Servirán principalmente para:

Diseñar situaciones físicas que se presentan al sujeto y preguntas específicas de los cuestionarios.

Contrastar, delimitar e interpretar los datos obtenidos con los cuestionarios.

Como es obvio, se necesitará delimitar los contenidos que van a ser objeto de búsqueda para desarrollar, a posteriori, estos esquemas. Se van a extraer a partir de dos fuentes primordialmente:

los experimentos piagetianos y

los trabajos de "nociones previas" realizados desde una perspectiva del MCA.

Estos esquemas serán referidos mediante la expresión EQB_{Cn}.

Esquemas de búsqueda de propósito general

Estos esquemas de búsqueda, al estar deducidos de argumentos psicológicos, aportan los criterios metodológicos generales más sólidos de este trabajo y, su elevado número, fija una diversidad de direcciones que permiten optimizar la búsqueda de información significativa en el alumno. Por otro lado, permiten minimizar, en la medida de lo posible, los sesgos y distorsiones que son generados al utilizar la estructura cognoscitiva del investigador para asimilar y acercarse a la estructura cognoscitiva del alumno, que posee un contenido y funcionamiento diferentes.

Los esquemas de búsqueda se presentan en grupos según la parte de la teoría piagetiana o de procesamiento de la información, de donde proceden (ver esquema 2).

3.1 La función del significante y el significado en la actividad cognoscitiva

Las reacciones preoperacionales están muy ligadas a lo perceptivo, a diferencia del pensamiento operatorio que permite asimilar por encima de los cambios perceptivos. Si los observables de una tarea no pueden ser asimilados o estructurados de un modo operatorio, se suelen poner en juego instrumentos de conocimiento (percepción, imitación, imagen mental) que traducen los movimientos y las transformaciones en términos de simples sucesiones de estados, dando lugar a una asimilación de las transformaciones, estática y figurativa.

Estos instrumentos figurativos juegan un papel de soporte de la organización transformadora que es la estructura cognoscitiva, verdadera matriz de significados, pero no son elementos del pensamiento, tan solo son utilizados a modo de significantes.

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:

EQB_{G1} ***El contenido ontogenético del significado es mayor que el del significante***

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, operando con los datos, dando explicaciones, pidiendo anticipaciones y, sobre todo, evitando presentar cuestiones alrededor de los significantes del contenido objeto de búsqueda, sino más bien poniendo en juego éste en diferentes situaciones físicas de un modo operativo.

Por otra parte, los significados están íntimamente ligados con los esquemas cognoscitivos que utiliza el alumno activamente para asimilar los contenidos de enseñanza. Por tanto, habría que obtener dicha información poniéndola en juego de un modo operativo en la resolución de problemas significativos, evitando los rastreos rápidos a nivel de significantes, que ofrecerían una información bastante sesgada.

EQB_{G2} ***No todo el bagaje cognoscitivo del alumno puede ser expresado a través de significantes***

Cuando a través de una situación física y de unas cuestiones se le exige al sujeto una respuesta, éste utiliza para ello determinados elementos cognoscitivos que posee y que pone en relación con los datos. En este proceso, en la respuesta no está todo el significado que contiene su estructura cognoscitiva, porque:



la correspondencia entre significados y significantes no es todo lo óptima que pudiera parecer y,

no hay toma de conciencia o conceptualización de algunos esquemas de acción interiorizados causantes de un determinado significado y sólo puede utilizarlos eventualmente en determinadas ocasiones a nivel de destrezas motrices u otras conductas no verbales.

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.

EQB_{G3} ***Los significantes no pueden ser tratados como si fueran esquemas de acción***

Los significantes juegan el papel de soporte de los esquemas de acción interiorizados (significados) y, en ningún momento, se puede 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:

Les de significado a través de algún esquema cognoscitivo, en cuyo caso la información que se obtiene es mucho menor que si se pone en juego, con situaciones físicas adecuadas, el propio esquema. Por ejemplo, al preguntarle 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 que responder, daría una respuesta de compromiso o ésta se produzca utilizando un esquema inadecuado.

En ambos casos, 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.

EQB_{G4} ***La componente social es más importante en el significante y la individual en el significado***

Muchos preconceptos surgen al asimilar un significante aceptado socialmente a un significado formado por esquemas de acción, generados por la interacción del sujeto con su medio y, por lo

tanto, de carácter individual. De aquí, el que el alumno utilice un concepto científicamente válido para describir o explicar un determinado fenómeno físico, no garantiza que comprenda o tenga adquirido el significado de dicho concepto.

Para conocer lo que realmente sabe el alumno de un concepto, sería necesario plantear diversas situaciones físicas, de forma que en su resolución tuviera que poner en juego aquellos significados sobre ese determinado significante.

Además, si el investigador pregunta por un concepto académico puede que el alumno lo utilice con un significado diferente al científicamente dado, por lo que sería más aconsejable utilizar situaciones en las que se involucre el significante sin que necesariamente tenga que aparecer.

3.2 La importancia de los esquemas cognoscitivos constituidos por la acción del sujeto sobre el medio.

El conocimiento que adquiere el sujeto debido a su interacción con el medio es determinante para entender las concepciones previas al proceso de enseñanza. Así, las primeras capacidades clasificatorias y de correspondencias se generan gracias a la interiorización de los esquemas de acción formados por dicha interacción. Por otro lado, 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 el curso de la evolución cognoscitiva llega un momento en que los esquemas interiorizados se hacen reversibles, convirtiéndose en operaciones mentales, lo que posibilita 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.

Incluso, 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.

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.

EQB_{G5} *Los contenidos ontogenéticos están relacionados con el tipo 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 por ejemplo, Allevard y col., 1991; Shipstone, 1984; Joshua, 1984).

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 datos que sufren una mala asimilación y acomodación, puede llevar con frecuencia al sujeto a dar respuestas de compromiso que no denotan elementos cognoscitivos 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.

3.3 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:

Tipo α , cuando la perturbación es despreciada o distorsionada de modo que

prevalece la dirección de asimilación del esquema inicialmente aplicado.

Tipo β , si el elemento perturbador es integrado, modificando el esquema de asimilación, para acomodarlo a la orientación de la perturbación.

Tipo γ , si la perturbación se inserta como una variación más del conjunto de transformaciones virtuales.

Existen niveles en la evolución cognoscitiva donde es característico reaccionar con algún tipo de conducta anteriormente mencionada, así en:

El nivel IA es frecuente encontrar conductas de **tipo α** , en las que es lógico que una estructura cognoscitiva que ha interiorizado recientemente los esquemas de acción sensomotriz, base su estabilidad en cierta rigidez asimiladora de los esquemas, de forma que prevalece la asimilación sobre la acomodación.

El nivel IB es frecuente apreciar conductas de **tipo β** , 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 presentado en un momento dado, reacciones que son propias del nivel siguiente.

Niveles operatorios, están las conductas de **tipo γ** , donde es posible gracias a las operaciones mentales realizar inversiones y reciprocidades.

EQB_{G6} *Analizar el grado de flexibilidad de los esquemas cognoscitivos*

Las conductas de tipo α , β y γ que presentan cualquier esquema cognoscitivo cuando es perturbado externamente, aporta sugerencias interesantes a tener en cuenta. Así, se podría diseñar estrategias en la recogida de información que muestren la rigidez o flexibilidad de un determinado esquema. Para ello, es necesario utilizar técnicas, como la entrevista individual, que pongan en juego las distintas variables que intervienen en las situaciones físicas de un modo más operativo, y que permitan ver cómo se va acomodando el esquema a dichas variaciones.

EQB_{G7} *Tratar ciertas concepciones como deformaciones del esquema asimilador*

Muchas de las características que presentan las concepciones se pueden ver como preoperatorias (Driver, 1986; Pozo y otros, 1991) y, algunas de éstas, pueden ser interpretadas como producto de una deformación de algún esquema de asimilación del sujeto (Criscuolo, 1987).



En un principio, es un tanto sospechoso que en estas características preoperatorias que presentan las concepciones no se aprecien conductas de tipo β , pero enseguida se hace notar que para detectar éstas últimas, es necesario poner en juego, en la toma de datos, una dinámica de conversación individual donde las cuestiones tengan un apoyo empírico y donde se permitan al sujeto tanteos, rectificaciones o manipulaciones que no es frecuente encontrar en la mayoría de trabajos publicados.

3.4 Los mecanismos cognoscitivos del pensamiento operatorio

La llegada del pensamiento operatorio como nuevo instrumento cognoscitivo para asimilar los objetos y la interacción entre ellos, tiene una importancia relevante en los diferentes comportamientos intelectivos del sujeto:

Es capaz de superar la ligazón del pensamiento con lo figurativo.

Puede asimilar las transformaciones.

Establece relaciones causales por atribución de las operaciones recién construidas.

Enriquece los objetos con nuevas propiedades.

Relaciona de forma inclusiva las clases de forma que puede coordinar la comprensión con la extensión de éstas.

Conserva factores en una transformación.

Por ello, es importante establecer indicios observables del comportamiento operatorio, objetivo que intentan los siguientes esquemas de búsqueda:

EQB_{G8} *Margen de permisividad para dar cabida a tanteos, rectificaciones, comprobaciones,...*

Cuando el sujeto está próximo a la estructuración operatoria de una nueva variable, la integración de conocimientos y destrezas en la E.C., en bastantes 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 para adquirir nuevos datos, el sujeto necesita realizar procedimientos de acercamiento progresivo a la evidencia empírica (tanteos, constataciones, rectificaciones, etc.).

Esto lleva a realizar la toma de datos manteniendo un difícil equilibrio entre unos esquemas de búsqueda que están fijados de antemano 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.

EQB_{G9} *Apreciar actividad operatoria por procesos observables de conservación*

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.

EQB_{G10} *El pensamiento intuitivo llega a soluciones típicamente operatorias a través de constataciones sucesivas*

Con el pensamiento denominado intuitivo, 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 preoperatorial 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).

3.5 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.

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.

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.

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.

EQB_{G11} ***La conservación como pauta observable para el reconocimiento de una explicación causal***

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.

EQB_{G12} ***Búsqueda de relaciones inobservables a partir de datos observables***

Es necesario analizar que 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.

3.6 Los mecanismos cognoscitivos en la toma de conciencia

La toma de conciencia de un esquema de acción interiorizado se activa en la región en que se producen las interacciones del sujeto con su



medio, es decir, allí donde se puede observar si el objetivo de la acción ha terminado en acierto o fracaso. Estas interacciones pueden derivar en nuevas tomas de conciencia orientadas en dirección del propio esquema de acción utilizado en la ejecución cuando se intenta:

- reconocer los medios empleados,
- apreciar las razones de una elección o
- evaluar los resultados según las modificaciones realizadas.

Existe toma de conciencia debido a problemas de desadaptación, pero también a través de los mecanismos de regulación, que se dan en el proceso asimilador. Puede llegar un momento en que el esquema se convierte en concepto y la asimilación se hace representativa, susceptible de evocaciones en extensión, en este sentido, la toma de conciencia se puede ver como un proceso de conceptualización.

EQB_{G13} ***Diseño de cuestiones allí donde se producen las interacciones sujeto-objeto***

Según lo anterior y sabiendo que es frecuente observar en el curso de una entrevista individual que las respuestas del sujeto evolucionan desde posturas incorrectas a otras más próximas a la correcta, habría que plantear las cuestiones iniciales de la tarea de forma que se:

- Comparen resultados previstos con los empíricos.
- Exija una buena precisión para conseguir un resultado concreto.
- Realicen reglajes retroactivos en función de los resultados.

En definitiva, mecanismos que se den en la frontera de las interacciones sujeto-objeto, a fin de conseguir desarrollar todo lo que en potencia puede dar un esquema que se va haciendo progresivamente consciente en el curso de la interacciones planteadas en la tarea.

De lo contrario, en ausencia de estas interacciones, el investigador sólo podría llegar a una visión estática y limitada del esquema cognoscitivo, dependiente de la situación inicial planteada por él.

Puesto que las cuestiones iniciales de una entrevista están más "impregnadas de la visión científica", ofrecen datos más sesgados que las que se formulan "in situ", en función de las respuestas del alumno.

3.7 Memoria a corto plazo y desfases

Las tareas piagetianas referidas a la conservación de sustancia, peso y volumen poseen formalmente la misma estructura operatoria. Sin embargo, si se analizan en detalle, como hace Pascual-Leone (1984, pp.368-371), el número de

condiciones (dimensiones) a considerar en un tiempo para resolver el problema no es el mismo.

Los desfases horizontales se pueden explicar por el hecho de que el número de esquemas que se pueden mantener simultáneamente activos es limitado y aumenta con la edad (operador M), así un sujeto que mantiene e+3, solo puede resolver la tarea de la conservación de la sustancia, ya que como máximo puede mantener tres esquemas más el ejecutivo, mientras le resultaría imposible resolver la tarea de la conservación del peso, que requiere la participación de un esquema más.

EQB_{G14} ***Análisis del número de esquemas intervinientes en una tarea por nivel cognoscitivo y tipo de respuesta dada (MCP)***

La idea de que tareas semejantes en su estructura operatoria pueden tener diferente dimensionalidad resulta fructífera, ya que las diferencias en la respuesta de un sujeto, ante tareas que el investigador considere similares, pueden deberse, si se aprecia el mismo desfase en bastantes sujetos, a la necesidad desde el punto de vista ontogenético de utilizar más esquemas cognoscitivos de los inicialmente previstos.

Esto obligaría a hacer una búsqueda de los esquemas no previstos que se están poniendo en juego, tras una revisión estructural de la tarea.

También, permitiría hacer una interpretación adecuada de series de tareas, cada una de las cuales difiere de la anterior en el incremento de un elemento de dificultad.

3.8 Orientaciones sobre el estilo cognitivo

La discriminación que hacen las pruebas DIC (dependientes-independientes de campo), entre sujetos DC (dependientes de campo) con dificultades para separar cognoscitivamente los elementos que componen una determinada configuración perceptiva, e IC (independientes de campo) con capacidad para diferenciar formalmente los distintos elementos figurativos que interviene en un cuadro perceptivo (Witkin y col, 1982) es relevante, ya que, algunos esquemas de búsqueda señalan que las dificultades para leer por encima de la configuración perceptiva están muy relacionadas con la ausencia de capacidad operatoria y, consecuentemente, en numerosos diseños experimentales se pondrá en juego la variabilidad del factor figurativo.

Sin embargo, la DIC es una variable que aporta una distinción global de los sujetos, pero no da las pautas, como hace la teoría de Piaget, para establecer diferencias más detalladas y relacionadas con los esquemas de asimilación.

No obstante, el estilo cognitivo (DIC), proporciona buenas explicaciones sobre los factores que producen



determinados desfases, en concreto, las respuestas, semejantes a la de los niños, que dan los adultos a la prueba de horizontalidad del agua, parece deberse al hecho de que el DIC en ambas muestras es semejante.

Los sujetos dependientes de campo se alejan de la solución correcta en tareas con aspectos figurativos engañosos, ya que son muy influenciados por los aspectos perceptivos de una tarea, a causa de un deficiente procesamiento de la información debido, bien a que el espacio operativo del sujeto (MCP) se ocupa con algunos esquemas relativos a lo figurativo irrelevantes en la solución de la tarea, o bien al hecho de no utilizar toda la capacidad de la MCP.

EQB_{G15} Control de los sujetos dependientes de campo para tratar adecuadamente los desfases ocasionados

Esto sugiere destinar alguna tarea que presente un alto poder discriminatorio entre sujetos dependientes e independientes, así como otras donde existan aspectos figurativos que lleven al sujeto a optar por la respuesta incorrecta.

Todo lo cual permitirá, por un lado, definir una submuestra de dependientes de campo a fin de interpretar más adecuadamente sus respuestas, y por otro, tratar adecuadamente los desfases que se produzcan respecto al comportamiento operatorio del sujeto.

4

Esquemas de búsqueda deducidos de las hipótesis: Hipótesis del trabajo.

En § 2.5.3 no sólo se propone un nuevo constructo para tratar de explicar de un modo más armonioso los desfases, también se ofrece un modelo cognoscitivo de una supuesta actividad mental inobservable que permite explicar cómo el sujeto reacciona ante una tarea donde se plantean problemas que debe resolver.

Este modelo presenta aspectos sólidamente fundamentados en la teoría piagetiana implementados y matizados con aspectos teóricos tomados de la psicología del procesamiento de la información, pero también propone la existencia de determinados elementos y mecanismos cognoscitivos novedosos, que se encuentran en un plano hipotético y que, por tanto, habría que contrastar.

Sería necesario analizar la adecuación de los nuevos constructos a los datos empíricos, así como una aproximación a la validez de los mismos.

A partir de las hipótesis que se deducen del modelo, se establecen esquemas de búsqueda orientados a tomar una información que permita contrastarlas.

Cabe esperar de este contraste, la posibilidad de precisar y obtener cierto grado de respaldo empírico del modelo propuesto, pero hay que aclarar que se desarrolla en un contexto en el que no es posible cuantificar las variables implicadas en los diseños experimentales y, por tanto, será difícil obtener resultados concluyentes.

4.1 ¿Por qué la necesidad de un modelo cognoscitivo en la búsqueda de concepciones?

Señala Bunge (1981, pp. 546-552) que según el grado de profundidad de una teoría, se pueden distinguir, por un lado, las de "caja negra" que centran su interés en las salidas que proporciona el objeto de estudio ante una serie de entradas, como si éste fuera un sistema desprovisto de estructura interna, y por otro, las teorías "representacionales" en las que el mecanismo interno del objeto (no observable), explicaría cómo, dada una entrada, el objeto genera una salida determinada.

Las primeras, son generalmente descriptivas y fenomenológicas (aunque no necesariamente) y suelen dominar el estadio en que la teoría se está construyendo y, donde el intento de sistematizar los datos predomina sobre el de interpretarlos. Son económicas, ya que no requieren el uso de conceptos no observables; precisas, pues se acomodan a los datos empíricos al construirse a partir de ellos y, seguras, ya que al no afirmar nada sobre mecanismos no observables, corren menos riesgos. Por contra, poseen un contenido escaso, permiten menos contrastabilidad y tienen escasa potencia heurística.

El progreso del conocimiento consiste en hacer "agujeros" en las cajas negras, trascendiendo al plano descriptivo y fenomenológico, ya que en última instancia **las teorías representacionales son más rentables, incluso en el dominio práctico, ya que ayudan a explicar cómo funcionan las cosas y ese conocimiento permite mejorar nuestro dominio de ellas.**

Análogamente, y es la premisa más importante que sostiene este trabajo, un mayor conocimiento de los mecanismos cognoscitivos que pone en juego el alumno para aprender el contenido, permite diseñar los procesos de enseñanza más acomodados a su estructura cognoscitiva.

Esta idea se puede operativizar de forma efectiva (Yurén, 1978, pp. 55-70), a través de un modelo que permita representar la actividad no observable del sujeto para generar una respuesta,



por medio de supuestos elementos cognoscitivos que se interrelacionan entre sí.

El modelo cognoscitivo propuesto en § 2.5.3 mantiene que en la formación de una concepción intervienen, además de los factores percibidos de la tarea, tres tipos de elementos pertenecientes al plano inobservable de la estructura cognoscitiva como son los instrumentos del pensamiento figurativo, las operaciones mentales y finalmente los esquemas sensibles a las variables físicas involucradas en la tarea, que se han denominado con el término de **cognofísicos**.

El modelo propuesto admitiría dos formulaciones:

La primera, consistiría en evocar al tercer tipo de elementos cognoscitivos como esquemas asimiladores sensibles al contenido de la tarea. Como se ha mostrado en § 2.5, esta dependencia del contenido ha sido destacada por un gran número de investigadores, consenso que permite formular hipótesis sin el riesgo de tener que asumir planteamientos lejanos del contexto teórico expuesto. Aun así, desde esta perspectiva el modelo resulta bastante fructífero como guía de búsqueda de concepciones, en la medida que posibilita llegar más lejos que trabajando sin una guía hipotético-deductiva (Bunge, 1981, p.316).

La segunda, asume la formulación más comprometida del modelo que trata de delimitar dichos esquemas dependientes del contenido, así como establecer relaciones con los demás tipos de elementos cognoscitivos. En este caso, el riesgo que se corre es mayor, sin embargo, también es mayor la posibilidad de llegar a configurar algún elemento o mecanismo novedoso en la estructura cognoscitiva que sea relevante para interpretar y explicar las concepciones.

En este trabajo se asume de entrada la formulación más comprometida del modelo, sin embargo, serán los resultados empíricos los que marquen las limitaciones de constatación del sistema de hipótesis.

4.2 Hipótesis referidas al modelo.

Esquemas de búsqueda.

Las hipótesis que se van a establecer están referidas a las partes del modelo cognoscitivo propuesto en § 2.5.3 que requieren de un contraste empírico, ya que se refieren a afirmaciones que van más allá de las comprobaciones piagetianas.

Las hipótesis se formularán del modo más operativo posible, a fin de poder llevar a cabo un estudio empírico sobre su validez lo más concluyente posible, en la medida en que la

naturaleza de las variables puestas en juego lo permita, ya que éstas sólo pueden ser manipuladas de manera indirecta. El grado de validez de las hipótesis lo será también del propio modelo utilizado en la comprensión, interpretación y análisis de las concepciones de los alumnos.

Se va a desarrollar un conjunto de **esquemas de búsqueda deducidos de las hipótesis**, que van a permitir operativizar y facilitar el proceso de contraste de éstas, estableciendo direcciones de búsqueda, proponiendo diseños experimentales y sugiriendo relaciones analógicas.

Las hipótesis tienen una doble función:

Analizar el grado de validez del modelo.

Intentar ampliar y, si es posible, mejorar el conocimiento que se posee de las concepciones en cuestiones relativas a:

Cómo se generan.

La relevancia de la capacidad operatoria frente al conocimiento del contenido de la tarea.

La razón de por qué la mayoría de las concepciones tienen carácter preoperacional.

Las hipótesis relativas al modelo cognoscitivo que se van a utilizar son las siguientes:

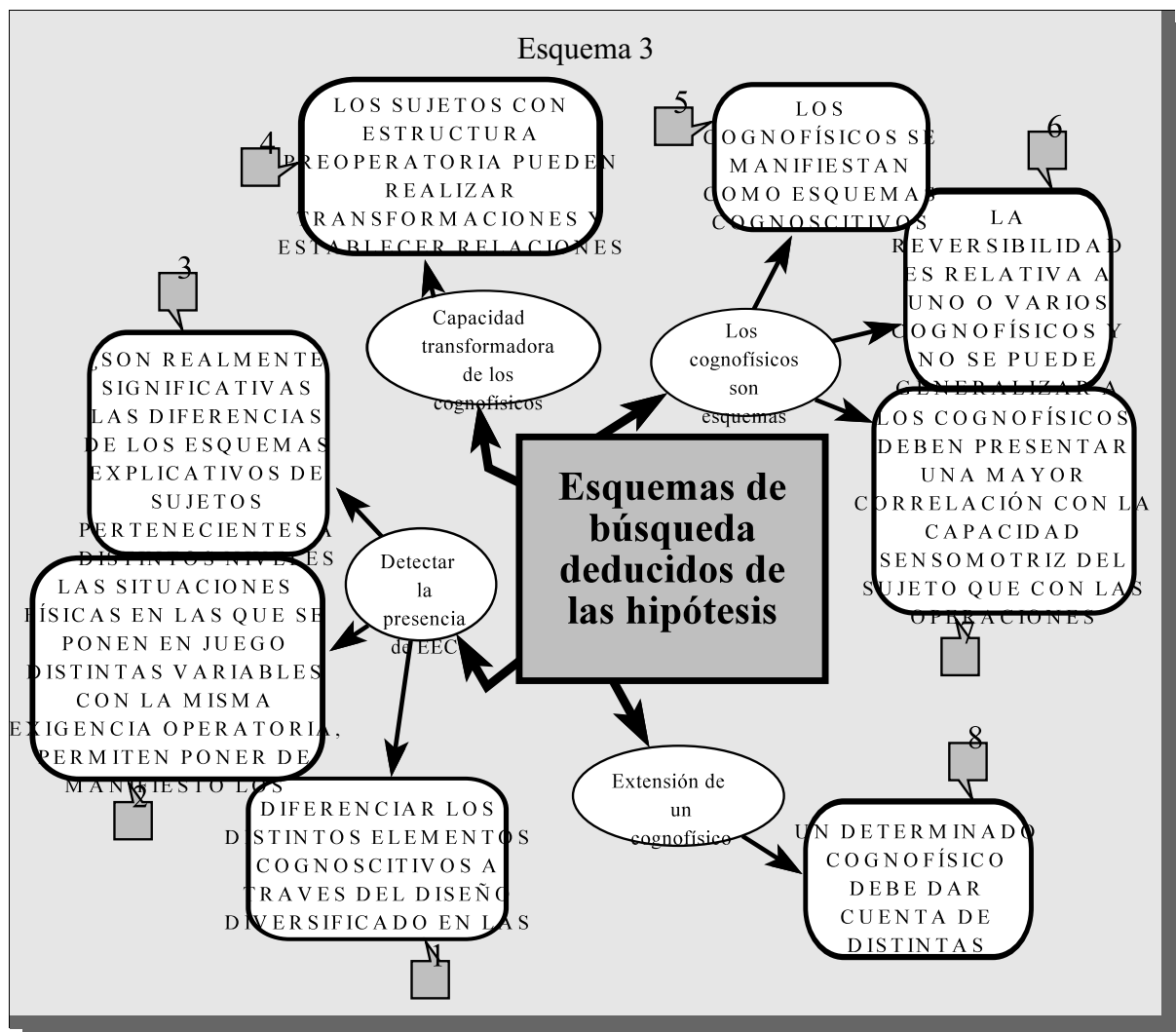
1. Además de los instrumentos figurativos y de los esquemas operatorios, existen otros esquemas cognoscitivos dependientes del contenido de la tarea que también son determinantes en las respuestas del sujeto. Por tanto, sus reacciones deben entenderse como un producto generado por la interacción de los tres tipos de elementos de la estructura cognoscitiva, o al menos, a uno de ellos (véase § 2.5.3).
2. Estos esquemas cognoscitivos, denominados cognofísicos, al igual que las operaciones tienen carácter transformador, de forma que podrían explicar las relaciones causales, así como anticipar los efectos que puede generar una causa determinada y otro tipo de anticipaciones, de manera independiente o combinándose con las operaciones mentales.
3. El **cognofísico** se genera por abstracción simple y tiene la típica evolución de cualquier esquema cognoscitivo, donde la reiterada interacción del sujeto con su medio, le va haciendo ganar en extensión y en capacidad diferenciadora. En un momento de su evolución, mediante un proceso de asimilación recíproca subordinada, comienza a admitir que determinadas operaciones mentales actúen sobre él, como si fueran operadores, de modo que la entrada de unos datos



empíricos sería asimilada por ambos esquemas, y la actuación del cognofísico se vería matizada o revisada por una evaluación más objetiva realizada por las operaciones mentales. En este momento 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.

4. No se debe ver el cognofísico relacionado biunivocamente con una determinada variable física, al contrario, cada uno de ellos, y sus posibles combinaciones entre si y con las operaciones mentales, permiten explicar la diversidad de situaciones físicas donde se involucran distintas variables que no tienen por qué compartir características comunes desde un punto de vista lógico-semántico.

4.3 Esquemas de búsqueda deducidos de las hipótesis.



A partir de las hipótesis se establecen una serie de esquemas de búsqueda que expresan sus consecuencias más operativas, a fin de hacer más viable su constatación empírica (ver esquema 3):

EQB_{H1} ***Diferenciar los distintos elementos cognoscitivos a través del diseño diversificado en las situaciones físicas***

Siendo los esquemas explicativos productos generados por la combinación de los distintos elementos cognoscitivos, ¿es posible una identificación controlada de estos?:

1. Los componentes figurativos se pueden identificar en los esquemas explicativos, en virtud de cierta correspondencia existente entre los significantes de la estructura cognoscitiva y los integrados en las respuestas.
2. Los elementos operatorios pueden ser detectados en las respuestas con la ayuda de los esquemas de búsqueda EQB_{G8},

EQB_{G9} y EQB_{G10}, sugeridos por los trabajos piagetianos relativos a las operaciones mentales.

3. A los cognofísicos se le podría seguir la pista sabiendo que se generan por la interacción física del sujeto con su medio y dada su especial sensibilidad al contenido de la tarea.

Es posible, considerando estas correspondencias y, con un cierto control sobre la respuesta a través del tipo de preguntas planteadas al sujeto, realizar la identificación de dichos elementos mediante un acercamiento progresivo desde los diferentes puntos de vista que ofrecen las distintas situaciones físicas, en las que se ponen en juego transformaciones operatorias y variables físicas.

EQB_{H2} ***Las situaciones físicas en las que se ponen en juego distintas variables con la misma exigencia operatoria, permiten poner de manifiesto los cognofísicos***

Si existen los cognofísicos como entidades cognoscitivas tan importantes como las



operaciones mentales, en cuanto elementos cognoscitivos transformadores con el mismo grado de relevancia en la determinación de las respuestas del sujeto, deben apreciarse en la divergencia de respuestas a situaciones problemáticas, donde la exigencia operatoria sea idéntica y las variables físicas distintas. Para un análisis más exhaustivo se podría utilizar la estrategia anteriormente comentada con varios tipos de operaciones mentales.

Una convergencia de respuestas indicaría que vienen determinadas exclusivamente por las operaciones y que los factores físicos son poco relevantes para la estructura cognoscitiva; la divergencia, pondría de manifiesto la importancia de los cognofísicos o al menos, de los elementos cognoscitivos sensibles al contenido de la tarea.

EQB_{H3} ***¿Son realmente significativas las diferencias de los esquemas explicativos de sujetos pertenecientes a distintos niveles operatorios?***

El esquema de búsqueda anterior está dirigido a contrastar la importancia de los cognofísicos, y aunque la teoría piagetiana no duda en señalar las operaciones mentales como un elemento muy significativo en la estructura cognoscitiva del sujeto, dicha significación se pone en tela de juicio al analizar los esquemas explicativos de sujetos pertenecientes a distintos niveles para comprobar tanto si existe diferencias significativas como en qué consisten dichas diferencias y los factores de dominio físico que son utilizados. Al mismo tiempo, este contraste se llevará a cabo sólo con individuos que han mostrado reacciones semejantes ante la presencia de una determinada variable física en la tarea.

Llevar a buen término el anterior análisis exige la presencia en el cuestionario de algunas pruebas estandarizadas para medir el nivel cognoscitivo del alumno. Además se realizarán contrastes particulares con pruebas de exigencia operatoria semejante y distintas variables físicas.

EQB_{H4} ***Los sujetos con estructura preoperatoria pueden realizar transformaciones y establecer relaciones causales***

La divergencia de repuestas a situaciones físicas cuya exigencia operatoria es idéntica podría ser un indicio de la presencia de cognofísicos en la estructura cognoscitiva.

Sin embargo, esto es sólo una condición necesaria de su existencia pero no suficiente, ya que se pueden explicar las divergencias mediante la hipótesis de que son producidas por las diferencias figurativas que introducen las distintas variables físicas y, por consiguiente, son la combinación de operaciones mentales con los diferentes componentes figurativos puestos en juego.

Una contraprueba que puede ser eficaz para dilucidar qué hipótesis es la más plausible, consiste en comprobar si en ausencia de activación de acciones reversibles, se siguen estableciendo relaciones causales en los esquemas explicativos; como éstas no pueden realizarse con la sola presencia de significantes, se concluye que son los elementos cognofísicos de naturaleza irreversible los que han provocado dicha relación, aunque hay que admitir, a título provisional, la dificultad que supone entrever, a partir de los esquemas explicativos, el cognofísico y su operatividad con los datos empíricos, ya que siempre es posible suponer que la relación establecida es fruto de algún tipo de operación.

EQB_{H5} ***Los cognofísicos se manifiestan como esquemas cognoscitivos que son***

Como esquemas cognoscitivos los cognofísicos mantienen una continuada progresión, gracias a su **repetición** en la interacción del sujeto con su medio. Esto hace que su dominio de actuación sea cada vez más extenso, y que se produzca una **generalización** a un dominio físico mayor, por lo que su capacidad de asimilación de nuevas aportaciones empíricas aumenta y, a la vez, las características particulares de los objetos exigen de los esquemas un esfuerzo de acomodación, lo que les lleva a adquirir la capacidad de **diferenciar** la acción a llevar a cabo según el objeto o hecho que tenga delante.

Esto sugiere una dirección de búsqueda cuando se sospeche la presencia de un cognofísico, obligando al sujeto a que utilice tal esquema cuando se hacen variaciones operativas de una situación dada en el curso de una entrevista individual y analizando cómo se acomoda a las peculiaridades de una nueva variante, sopesando el grado de estabilidad del esquema inicial utilizado. Por otro lado, habrá que comparar los esquemas que utiliza el sujeto ante situaciones con estructuras diferentes en las que subyace, como elemento que aporta la solución, la misma variable física.

Un esquema explicativo que se mantiene estable, que está referido al comportamiento y transformaciones de los objetos y no tiene implicaciones con ninguna de las operaciones identificadas por Piaget, es un serio candidato a ser un esquema explicativo reflejo de un cognofísico (abreviadamente **EEC**), y habrá que analizar detalladamente su evolución para ver si se desarrolla como un esquema cognoscitivo.

Habrà que tener especial cuidado de que los EEC no estén impregnados con la activación de algún esquema operatorio: una técnica a utilizar será discernir estadísticamente las categorías menos correlacionadas con las de carácter operatorio y que, a su vez, sean discriminatorias.

EQB_{H6}

La reversibilidad es relativa a uno o varios cognofísicos y no se puede generalizar a otros.

Una vez identificados distintos EEC, y puesto que se procurará involucrar a cada variable puesta en juego en procesos de conservación o reversibilidad, es posible comprobar que el sujeto va progresivamente operativizando sus cognofísicos si se observa la presencia de submuestras de sujetos que admiten la reversibilidad operatoria para un determinado grupo de EEC, mientras que el resto son tratados preoperacionalmente, de forma que el orden de estructuración operatoria de los distintos EEC es siempre el mismo.

EQB_{H7}

Los cognofísicos deben presentar una mayor correlación con la capacidad sensomotriz del sujeto que con las operaciones mentales

Puesto que los cognofísicos son generados por abstracción simple a partir de las interacciones del sujeto con su medio físico, deben estar más correlacionados con la capacidad sensomotriz del sujeto que con las operaciones mentales, más lejanas del plano donde se produce dicha interacción, ya que son generadas por abstracción reflexiva a partir de las coordinaciones generales de esquemas de acción, lo que supone un grado de abstracción superior con progresiva independencia del contenido físico de las acciones de donde proceden.

Por tanto, sería interesante analizar a los sujetos cuyas condiciones motrices son superiores a la media, para ver que elementos cognoscitivos predominan en ellos. A priori, todo parece depender del grado de toma de conciencia de estos esquemas sensomotrices y, concretamente, del grado de abstracción que hayan sufrido dichos esquemas de acción y, puesto que la abstracción simple es anterior a la reflexiva, es plausible encontrar una mayor correlación entre cognofísicos y capacidad sensomotriz.

EQB_{H8}

Un determinado cognofísico debe dar cuenta de distintas variables

Es posible comprobarlo si, en la diversidad de hechos físicos del cuestionario donde se ponen en juego distintas variables físicas, se encuentra un EEC que es denominador común a todos ellos y está siempre presente cuando aparecen dichas variables. Esto puede plantear un problema dependiente de la génesis de dicho EEC, ya que es posible encontrar en un determinado nivel un EEC que subyace a distintas variables, pero que para un nivel superior se diversifica, dando lugar a otros nuevos, en virtud de la capacidad progresivamente diferenciadora del cognofísico.

5

Esquemas de búsqueda dependientes del contenido

En § 1.3.1 se evidencia la clara diferencia existente entre los productos de la Ciencia y los generados en el plano ontogenético, de forma que, denominando **contenidos del alumno** a todas aquellas manifestaciones intelectivas de éste a partir de las cuales se pueden delimitar sus características cognoscitivas, se mostraban las notables diferencias entre dichos contenidos y los que son propios del ámbito científico. Por otro lado, en § 3.1.4 se argumentaba que al ser los contenidos de los planos ontogenético y filogenético diferentes, no se utilizarán estos últimos como criterio que marque la dirección de búsqueda del contenido a investigar y, por lo tanto, se hace necesario utilizar algún tipo de elemento mediador entre ambos planos, que fue encontrado en el de los acontecimientos físicos, ya que aunque son interpretados de forma diferente, la Realidad subyacente es la misma y actúa como objeto común de asimilación.

Este elemento mediador permite poner en correspondencia las diversas interpretaciones que dan los planos filogenético y ontogenético en sus distintas fases evolutivas, siempre que estén referidas a la misma situación física.

5.1 Consideraciones para la elección del contenido

En este trabajo, más que llevar a cabo la descripción de concepciones espontáneas de los alumnos, que es la tendencia más frecuente, se pretende primordialmente la resolución de problemas metodológicos en la búsqueda de concepciones.

No se trata por tanto, de buscar concepciones relativas a algún contenido que no haya sido abordado por otros autores, con objeto de garantizar cierta originalidad, o de realizar un estudio exhaustivo de aquellas que el alumno posee sobre un gran número de conceptos, pues los problemas de extensión se deben abordar en sucesivas investigaciones y no en una sola, ya que la complejidad que tiene su búsqueda es mayor de la que muchos autores suponen.

Así pues, las situaciones físicas elegidas en este trabajo deberán cumplir determinadas exigencias como son:

1. Dado el carácter intensivo del trabajo, sería deseable que las situaciones físicas elegidas den lugar a la delimitación de concepciones que hayan sido objeto de



búsqueda en un número razonable de trabajos, a fin de poder construir un buen sistema de esquemas de búsqueda dependientes del contenido.

2. Deberán estar configuradas de forma que permitan la validación del modelo cognoscitivo, lo que supone realizar una búsqueda tal que permita obtener una información del sujeto estructurada según las sugerencias dadas por los esquemas de búsqueda deducidos de las hipótesis.
3. Es importante asegurarse de que el sujeto posee un buen bagaje cognoscitivo, fruto de su interacción con el medio sobre las situaciones elegidas, a fin de obtener la máxima información significativa sobre los elementos y procesos cognoscitivos que vaya a utilizar.

5.2 Situaciones físicas elegidas

Tras el análisis de una cierta cantidad de situaciones físicas que cumplieran con los requisitos anteriores, se ha considerado interesante centrar el interés en identificar, describir e interpretar los contenidos que posee el alumno sobre **situaciones de equilibrio mecánico**, que desde el punto de vista de la lógica científica están relacionados eventualmente según situaciones planteadas, y no de forma necesaria, con los siguientes contenidos de Física: *equilibrio estático, equilibrio de fuerzas, composición de fuerzas, momento, composición de momentos, centro de masas, y principio de acción y reacción*.

Las **situaciones de verticalidad** o simplemente **verticalidad** hacen referencia a todas aquellas situaciones de equilibrio que requieran para su comprensión, trazar imaginariamente una línea vertical desde el centro de masa del sistema en cuestión hasta su punto de suspensión, y en el caso de ser una superficie de sustentación, comprobar si el punto de intersección cae dentro del área de sustentación del sistema. En todos los casos se considera la verticalidad en sistemas físicos estáticos.

La elección de las situaciones de equilibrio mecánico y verticalidad se debe, entre otras razones, a las siguientes:

1. 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 el niño gusta de 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 un 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.

2. Por otra parte en explicaciones que dan los alumnos a cuestiones de equilibrio se prevé que éstos pongan en juego los distintos factores que intervienen en el modelo:

El aspecto figurativo que está presente en cada situación de equilibrio, primará en ausencia de elementos cognoscitivos transformadores.

Los cognofísicos relacionados con el peso, la acción y reacción, el efecto de la fuerza aplicada a una cierta distancia, etc.

Las operaciones mentales que intervienen en las compensaciones de pesos según un punto dado, en el cálculo de la mitad de una configuración irregular, en la suma de mitades si se ponen en juego varios objetos, y en otras situaciones donde sean necesarias operaciones como la conmutatividad, asociatividad o transitividad.

3. Sobre este contenido existe una amplia bibliografía, tanto desde la perspectiva piagetiana, como de trabajos posteriores, mayoritariamente realizados dentro del MCA.

Realizada la elección del contenido, quedan por delimitar las situaciones físicas más significativas para la estructura cognoscitiva del alumno y que



conformarán el protocolo de la entrevista para realizar la búsqueda de concepciones e intentar validar el modelo.

5.3 Aportaciones de otros autores sobre el contenido elegido

Debido a la diferencia de metodologías empleadas ha resultado imposible exponer conjuntamente y de un modo coherente, todas las aportaciones relativas a la verticalidad, por esta razón se han hecho dos grandes bloques según el modo de buscar, ordenar e interpretar los datos, por un lado se exponen los **resultados piagetianos** y por otros, los desarrollados en el **contexto del MCA**.

A fin de hacer más homogénea la presentación de las distintas aportaciones, se centra la atención en el plano de las respuestas de los alumnos a situaciones de equilibrio, dejando en un segundo lugar, todo aquello que suponga interpretaciones teóricas, que de modo especial aparecen muy desarrolladas en la teoría de Piaget, y aquellos argumentos relativos a las implicaciones didácticas que proliferan mucho más en los trabajos del MCA.

Dado que esta toma de datos bibliográficos va dirigida a configurar los **esquemas de búsqueda dependientes del contenido**, la anterior restricción no afecta el propósito último que se pretende llevar a cabo, ya que las aportaciones teóricas están contempladas en los **esquemas de búsqueda de carácter general**.

5.3.1 APORTACIONES PIAGETIANAS

Los experimentos piagetianos en los que se pone en juego la noción de fuerza son alrededor de 28, sin tener en cuenta los dedicados a problemas de transmisión de una acción, que como es lógico también están relacionados.

Ante esta gran cantidad de datos, se resaltarán las aportaciones empíricas más importantes relacionadas con la concepción que el alumno posee sobre el concepto de fuerza.

Los experimentos piagetianos presentan una gran regularidad en su planteamiento y desarrollo para la **obtención de datos**, de modo que cada experimento, salvo algunas excepciones, presenta las siguientes partes:

Se inicia mediante una declaración de intenciones donde se explica cual es el objetivo que persigue, el por qué se utiliza una determinada estrategia experimental o cómo está relacionado con otros experimentos.

Descripción del material utilizado y su manipulación.

Cuestiones iniciales donde subyace casi siempre la misma dinámica: primero se plantea verbalmente que se pretende hacer

y se solicitan previsiones, después de ejecutar el experimento, se piden nuevas explicaciones. Esta dinámica se puede reiterar bajo diferentes perspectivas o bajo otro tipo de manipulación del material que ponga en juego determinadas variables, procurando en todo momento que el entrevistado pueda expresarse con libertad, sin que exista ningún tipo de inducción sobre él.

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

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

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

Por lo general, los niveles encontrados para los distintos experimentos, coinciden con los niveles operatorios (Piaget y García, 1973, pp.10-11), si bien, se constata que este punto de vista supone forzar los datos excesivamente como se muestra en otra parte de este trabajo.

Sobre la evolución de **la noción de fuerza en situaciones dinámicas**, indica Piaget y col. (1973), que se genera por diferenciaciones y coordinaciones progresivas a partir de la noción indiferenciada de acción, y no como una síntesis de dos componentes hasta llegar a la expresión formal $f=ma$. Esta afirmación está fundamentada en un buen número de experimentos, diseñados bajo las hipótesis de diferenciación o síntesis, de los que se comentan dos:

Dos cajas que simulan a personas recorren trayectos paralelos, uno recto y otro sinuoso, preguntando por los esfuerzos realizados cuando se colocan contrapesos en una u otra caja; en el transcurso de la entrevista se hace un nuevo experimento consistente en llevar una bola de un lugar a otro, con un solo impulso o empujando poco a poco (Piaget y col, 1973, pp.9-54).

Una, dos o varias bolas golpean a un grupo de éstas que están suspendidas en línea, solicitando previsiones y después del



experimento, explicaciones (Piaget y col, 1973, pp.55-94).

En el **nivel IA**, la acción se asimila con el esfuerzo a realizar que lleva a previsiones incoherentes sujetas al aspecto figurativo del momento en que se ejerce, la acción de la bola del segundo experimento es atribuida a poderes o cualidades inherentes a ésta, suponiendo trayectorias extrañas (saltos, rodeos) para explicar la transmisión del movimiento. Si bien las reacciones del **nivel IB** son semejantes a las del IA, la acción adquiere un significado más objetivo, entendiéndose que el esfuerzo es el mismo cuando más peso es desplazado una distancia menor que cuando se desplaza una mayor distancia, un peso menor, también prevé que si golpean n bolas, saldrán n bolas por transmisión inmediata y externa, es decir, por pequeños desplazamientos de la bola, *"es posible hablar entonces de un paso de la acción psicomórfica a un principio de acción con significación física"*.

En el **nivel IIA**, para esfuerzos en tiempos iguales, compensa el empuje con el camino recorrido y para esfuerzos en espacios iguales, bien indica que aunque el peso se traslade de forma diferente siempre recorre el mismo espacio, o bien afirma que un fuerte empuje dado en un instante es equivalente a otro menor dado en más tiempo, también en el segundo experimento se aprecian avances, así la subida de una sola bola se explica por el impulso adquirido en la bajada, lo que muestra una continuidad de éste y la transmisión del movimiento se produce como una corriente del impulso, aunque sea necesario todavía un pequeño desplazamiento de las bolas intermedias (transmisión semi-interna), la fuerza es relacionada con la velocidad y con los cambios de impulso, presentándose ambos como nociones diferenciadas, pero sin aclarar quien precede a quien. Aún el movimiento o la velocidad constituyen por sí mismos una fuerza. La diferencia fundamental de este nivel con el **IIB** estriba en que el sujeto comienza a diferenciar los aspectos dinámicos de los cinemáticos, siendo por tanto a partir de ahora la fuerza causa de movimiento.

Finalmente, el **nivel III** está caracterizado por una comprensión cuantitativa de los distintos tipos de esfuerzos realizados, y en cuanto al segundo experimento, se admite que el movimiento se transmite por una transmisión puramente interna del movimiento, que la bajada de la bola que golpea esta definida por una aceleración regular y que el peso se conserva y por tanto de la acción. Así pues, siendo la aceleración el factor que varía y el peso el factor que se conserva y es causa del movimiento, se puede decir que lo que subyace en esta reacciones es la noción de fuerza como $f=ma$.

Concluyendo, la evolución de la noción de fuerza está jalónada por diferenciaciones y coordinaciones de caracteres inicialmente indiferenciados (Piaget y García, 1973, p70), así pues, en el nivel preoperacional, tanto la masa como el movimiento poseen fuerza y es después de ser diferenciados cuando es posible una síntesis que desemboque en la expresión formal de $f=ma$.

Las características de la noción de fuerza en situaciones estáticas, es coherente con la vista cuando el efecto es un desplazamiento.

La exposición se divide en dos grupos, según el tipo de interacciones que se pongan en juego en las situaciones planteadas. El primer grupo estará formado por situaciones donde las fuerzas son concurrentes, mientras que en las que actúan en el segundo, el punto de aplicación está a una cierta distancia del de sustentación o giro; la razón de esta división es que las ideas del alumno están muy relacionadas en cada grupo y no así entre ellos.

Para el primer grupo, el sujeto deja entrever concepciones relacionadas con conceptos académicos como fuerza, composición de éstas y acción y reacción, en el segundo, las concepciones están relacionadas con los conceptos de momento y de centro de masa; si bien, esta correspondencia entre las respuestas de los alumnos y los contenidos académicos es mayor en sujetos del estadio formal. En el nivel preoperacional, esta correspondencia se pierde casi por completo, y tan solo se puede mantener por el tipo de situaciones físicas planteadas al sujeto.

El grupo 1 está constituido por experimentos donde se ponen en juego fuerzas concurrentes, en concreto, se han tenido en cuenta tres experimentos (Piaget, 1975, pp.29-45, pp.56-74, pp.75-90): el primero consiste en un sistema formado por una pua que sujeta sucesivamente un elástico, una placa, y un hilo, de cuyo extremo penden pesos con distintas configuraciones espaciales y de distinta magnitud; el segundo, consiste en tres pesos situados en un plano vertical interaccionando entre sí a través de dos hilos y dos poleas y, el tercero, trata de tres pesos que a través de poleas interaccionan horizontalmente, variando tanto la dirección de las fuerzas como su intensidad.

El nivel I se caracteriza porque los sujetos no prevén los efectos, por ejemplo, cuando se adicionan pesos, 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"*, o la pesa tira más porque ha bajado más y el descenso es la consecuencia de que tira con más fuerza o las pesas tiran mejor por el simple hecho de ser el hilo más largo, ya que éste 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". Ningún sujeto examinado 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. Además en el segundo experimento se aprecia 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". Por otro lado, el efecto de los pesos depende del orden temporal de su colocación, dando a un solo peso el papel de activo y al otro el de pasivo, p.e. con dos pesos iguales en los extremos y ninguno en el centro (abreviadamente 1,0,1) A tira y A' aguanta, si se pasa de 1,1,1 a 1,2,1 entonces B se vuelve activo, finalmente 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 $B = 10$. Esta ausencia de previsión es más acusada en el tercer experimento ya que, ante el incremento de uno de los pesos, ni tan siquiera prevén la dirección y cuando se incrementan dos pesos a la vez, consideran extrañas trayectorias, o toman dos direcciones según el orden de colocación de los pesos y el centro se va en la dirección del último, debido a la sugestión que le provoca el movimiento que se ha visto más reciente. Parece que para ellos el peso es apto para realizar todo tipo de acciones: empujar, propulsar, sujetar, tirar, etc.

En el **nivel II** el sujeto conserva el peso, primero frente a los cambios de posición, después en los cambios de forma, esto le lleva a prever la aditividad de pesos gracias a la centración del peso como una característica invariable de los objetos, que sobreestima el número frente a la acción. En las situaciones creadas en el segundo experimento, prevén para ciertas situaciones concretas, así 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 B no tienen efectividad, lo que indica que se mantiene la ausencia de reciprocidad del nivel I.

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. Es curioso comprobar que en el **nivel IIB**, el nuevo papel que se da al peso como causa de las caídas y descensos, lleva a previsiones erróneas sobre la aditividad de las fuerzas. Siguen los problemas de composición de fuerzas encontrados en el nivel anterior, pero con algunas mejoras ya que ahora la acción del peso es sólo tirar. Se dan algunas soluciones particulares de

forma que para dos fuerzas de igual intensidad se toma como resultante la mediana, pero si se cambia la intensidad de un peso, presentan reacciones de no composición.

Finalmente, en el **nivel III**, se llega a una serie de logros que lleva a los sujetos a comprender todas las situaciones de equilibrio planteadas:

la acción del peso explicará simultáneamente el descenso del cuerpo pesado y la tracción que ejerce sobre el elástico. Cada pesa tira por el mero hecho de descender;

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,

una fuerza continúa existiendo y actuando, incluso cuando no hay movimiento. En el nivel anterior un peso encima de una mesa no hace fuerza. Estos progresos llevan al sujeto a componer con relativa facilidad fuerzas que formen un cierto ángulo y posean distintas intensidades.

En el **nivel II** las transformaciones posibles no están contenidas en los estados, con el pensamiento formal las transformaciones (salchicha, trocitos...) son 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.

Considerando todas las fuerzas que actúan y haciendo posible dicha actuación simultánea en el pensamiento formal, los sujetos son capaces de componer las fuerzas para distintas configuraciones más o menos complejas, siendo resueltas con más facilidad composiciones donde se ponen en juego sólo las direcciones, manteniéndose las intensidades iguales.

Grupo 2. Situaciones con momentos

Si bien Piaget realizó una decena de experimentos donde el efecto de una fuerza depende de la distancia, no llegó a publicarlos y sólo existen breves resúmenes (véase Piaget y García, 1973) que permitirán al menos trazar las características más importantes de cada estadio.

Los sujetos del **nivel I** prevén el punto de equilibrio de objetos geométricos sencillos que posean cierta simetría, como por ejemplo una regla u otros objetos planos, dando razones referentes a las porciones geométricas que sobrepasan dicho punto y en ningún momento al peso. Si los



anteriores objetos se empujan hasta el borde, en una dirección que no coincide con la de un eje de simetría, las previsiones son fallidas, lo que denota que en este nivel sólo se tienen en cuenta factores figurativos para considerar el equilibrio.

Por otra parte, se observan algunas intuiciones si se les pide sujetar un tablero con unos tacos de madera a modo de patas, como que el equilibrio es más precario o nulo si las patas están "apretadas" o "en línea", pero esto es más bien un descubrimiento intuitivo en el transcurso de la experiencia, ya que no se producen generalizaciones. Cuando se les pide suspender una cesta despegable, utilizan contrapesos muy ligeros como ganchos, plumeros, reglas, lápices, etc., intentando arreglar el fracaso utilizando cuerdas o cinta adhesiva, lo que denota una ausencia de valoración objetiva de las fuerzas puestas en juego y de éstas con la distancia de aplicación al punto de sustentación.

Los sujetos del **nivel II** se refieren espontáneamente al peso para indicar que la parte de la regla que sobresale pesa más y por ello arrastra al resto a la caída. Habría que indicar que si el sujeto utiliza el peso como elemento causal depende del tipo de tarea que se le presente, así se recurre a él sobre los 7-8 años en la caída de canicas y sobre los 9-10 años en los movimientos del agua en superficies inclinadas. Sin embargo no capta el efecto de los pesos sobreañadidos según la distancia al centro de la regla. En el caso de cuerpos planos bidimensionales, se aprecian intuiciones de que el "centro" está donde se dejan porciones de peso iguales a ambos lados, sin embargo, no se entrevén esquemas generales que puedan ser utilizados para cada nueva situación creada por ventosas a modo de contrapesos. Se asiste a la utilización y conservación del peso cuando se cambia de posición, no así de forma. Cuando se trata de sujetar un tablero con bloques de madera, se comprende la necesidad de la superficie de sustentación, siendo ésta mejor si es extensa y bien centrada, sin embargo, no se acompaña esta comprensión con una explicación causal, sino tan solo descriptiva: las patas sostienen o retienen sencillamente el tablero; no se trata todavía de una repartición de los pesos.

Si el sujeto ha sido interrogado anteriormente con respecto a la regla, hace referencias espontáneas al peso, pero su intensidad depende del número de patas, así, el peso del tablero disminuye si el número de patas aumenta o si están separadas. Para retener una cesta, se entiende que es necesario que el objeto que hace de gancho no sea arrastrado por el peso de dicha cesta, esto se consigue pegando el objeto o sujetando una regla con una columna de libros y el flexo, incluso aluden explícitamente al término "para que formen un peso importante", sin embargo muchos de ellos

parten de pesos insuficientes, de modo que la condición del peso se impone en ellos poco a poco y no es anticipada desde el principio.

Es en el **nivel III** cuando el sujeto utiliza esquemas generales para resolver los problemas de equilibrio, de modo que compone el peso de particiones hechas para intuir el centro de masa, aunque no de forma totalmente cuantitativa, como es de suponer ya que no llega a la noción cuantitativa de momento y si a intuiciones que le aportan notables aproximaciones de la solución, si bien para el caso sencillo de la regla, el sujeto entrevé la ley de las palancas bajo su forma métrica de una igualdad de productos de fuerza por brazo, operatoria propia de este nivel.

Cuando son cuerpos bidimensionales realizan particiones adecuadas del objeto según la distribución del peso, aún en los caso difíciles donde se lastran los cuerpos con ventosas, se entrevé la tendencia de compensar no sólo el peso sino el lugar en que se aplica, aunque, como es lógico, a veces sin precisión cuantitativa. Prevén las líneas de equilibrio cuando se les indica que los cuerpos se van a llevar hasta el borde de la mesa y comprenden la función del punto intersección de estas líneas como centro de gravedad del cuerpo. En el caso de la mesa, presentan ciertas intuiciones que apuntan hacia una conceptualización de la noción de momento, como estimar que la fuerza aumenta si las patas se retiran del centro, o precisar que unas patas soportan más que otras en función de su distancia al centro, lo que supone un modo de valorar los efectos por la distancia de aplicación de la fuerza, igual ocurre para la cesta donde ponen, a la primera, los pesos adecuados para compensar el de ésta y el efecto añadido de que esté aplicado a una cierta distancia.

5.3.2 APORTACIONES DEL MCA

Hay que indicar, en primer lugar, la gran diversidad encontrada de propósitos iniciales, de metodologías, de tratamientos de datos y sobre todo de su descripción e interpretación, que denota a su vez que cada investigador utiliza sus propios esquemas cognoscitivos, sin una referencia teórica común. "Sólo en ocasiones los diversos autores arrancan de los mismos puntos de salida o de los mismos supuestos subyacentes..., ...hay considerables diferencias entre los diversos trabajos realizados, diversidad de opiniones en psicología, filosofía y metodología" (Gunstone y Watts, 1989). También Hewson (1990) se manifiesta en este sentido criticando el modo de proceder dispersivo y sugiere un mínimo de consideraciones metodológicas a tener en cuenta en este tipo de trabajos.

El número de trabajos sobre la noción de fuerza es amplio, en un índice compilatorio de obras del



MCA (Carmichael y otros, 1990) se presentan más de 50, sin embargo, sobre verticalidad apenas existen investigaciones (como excepción véase Vautre y col, 1987) fuera del contexto teórico de Piaget.

Parece existir una tendencia convergente en la **ordenación de datos**, a través de tablas de frecuencia o simplemente de porcentajes, utilizando los resultados de los distintos problemas planteados (véase Brown, 1989; Clement, 1982; Watts y Zylbersztajn, 1981) y en menor medida, mediante categorías previamente establecidas sobre tipos de respuestas (Boyle y Maloney, 1991; Nussbaum, 1979).

Sorprendentemente, sobre la noción de verticalidad, desde un punto de vista físico, no se ha encontrado ningún trabajo desde la perspectiva del MCA, al menos hasta donde conocemos; la razón se podría encontrar en el hecho de que dicha noción no está relacionada directamente con ningún contenido de Ciencias.

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

1. La noción que el alumno posee de fuerza está asociada con el movimiento, por lo que una velocidad constante requiere también una fuerza constante, (Brown, 1989; Gamble, 1989; Watts y Zylbersztajn, 1981) y la fuerza crea movimiento en su misma dirección (Gunstone y Watts, 1989), así cuando un cohete que marcha a velocidad constante por el espacio orientado perpendicularmente a su trayectoria por un breve momento enciende sus motores, los alumnos tienden a dibujar una trayectoria rectilínea, unos perpendicular y otros oblicua, después, con los motores apagados, el cohete sigue una trayectoria paralela a la que llevaba antes de encenderlos (Clement, 1982). La fuerza que actúa sobre un coche que describe una trayectoria circular a velocidad constante, es dibujada tangente a ésta por un 40% de alumnos (Warren, 1979).
2. En situaciones estáticas, consecuentemente con las nociones precedentes, los alumnos tienen bastante dificultades para detectar las fuerzas actuantes (Gilbert, Watts y Osborne, 1982). Por ejemplo, sobre un cuerpo apoyado en una mesa, piensan que no actúa fuerza alguna o sólo admiten la existencia de la fuerza peso (Clement, 1982). Esta dificultad fue muy bien analizada por Maloney (1984) y Boyle y Maloney (1991), cuando los

alumnos, ante dos bloques enlazados en una diversidad de situaciones donde se variaban factores como el peso de un bloque, el movimiento de estos (parados, M.U y M.U.A), el modo de crear dicho movimiento (tirando o empujando), sobre superficie horizontal e inclinada, los alumnos que no aplicaban la tercera ley de Newton (la mayoría), introducían los factores más figurativos, y en algunos casos de forma combinada, para explicar la desigualdad de las fuerzas puestas en juego.

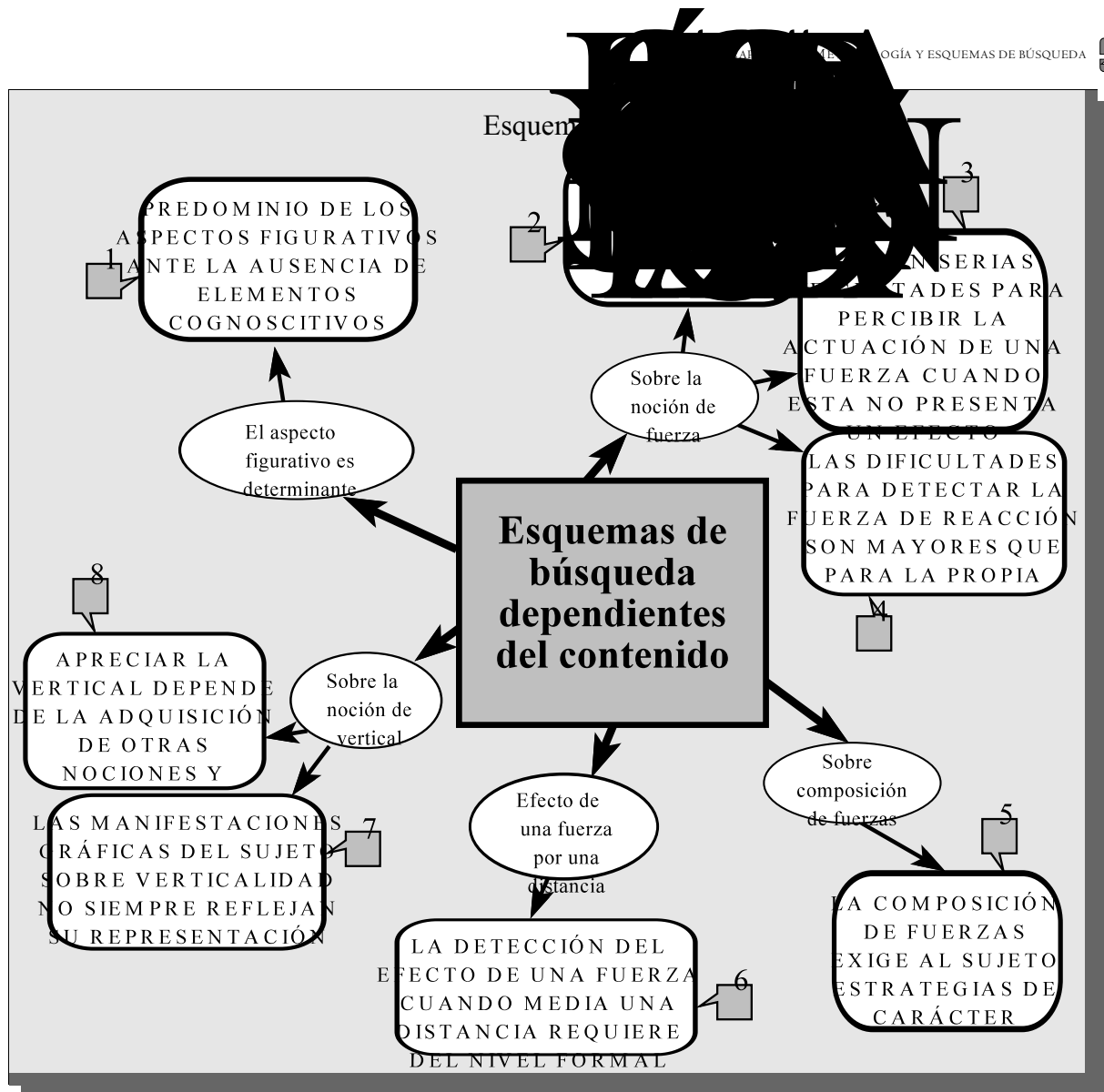
3. Las fuerzas que mejor detectan los alumnos son las relacionadas con las acciones por contacto, principalmente las de "tirar" y "empujar" (Gamble, 1989; Clement, 1982; Maloney, 1984). Dentro de este contexto, los alumnos encuentran diferencias entre las acciones de tirar y empujar como si se tratara de dos fuerzas de características distintas, (Gamble, 1989; Boyle y Maloney, 1991), mientras que la acción de sostener no se considera una fuerza (Hierrezuelo y Montero, 1989).
4. El aspecto figurativo de la situación problemática influye en la determinación de la dirección e intensidad de la acción que se produce. Por ejemplo, es necesario hacer más fuerza para retener un coche que está en pendiente en lo alto de una montaña que en su parte media (Watts y Zylbersztajn, 1981), un bloque hace más fuerza cuando tiene más peso (Maloney, 1984), se considera que un sistema formado por dos pesos iguales unidos por una cuerda y pendientes a través de una polea, no está equilibrado si los pesos no están a la misma altura (Viennot, 1979), de dos personas que tiran de una cuerda en sentido opuesto y suponiendo el sistema quieto, hace más fuerza el individuo que tiene más peso (Terry y Jones, 1986) o el que va ganando (Watts y Zylbersztajn, 1981).
5. La consideración de que en toda interacción, a toda acción le corresponde una reacción, está lejos de ser intuitiva por la mayoría de los alumnos, por el contrario y en general, tan sólo entrevén una de las fuerzas que se ponen en juego si de ella se puede observar algún efecto. En situaciones estáticas, o no aprecian ninguna acción, o se centran en aquella que realiza la función de sujetar, tirar o empujar (Maloney, 1984). Así se entrevistó la fuerza de una persona sobre la tierra, pero no a la inversa (Terry y Jones 1986). No consideran las acciones y reacciones de igual modo si es una situación estática o



dinámica, de admitirse la presencia de ambas, si el sistema está parado las acción es igual a la reacción, pero si hay movimiento la acción es superior a la reacción (Hierrezuelo y Montero, 1989).

6. La fuerza está ligada a las interacciones sensomotrices del sujeto sobre su medio, así Gilbert, Watts y Osborne (1982) encontraron que los alumnos no consideran que se esté ejerciendo fuerza alguna cuando un hombre sentado en una bicicleta no pedalea, incluso estos mismos autores apreciaron que los sujetos daban a la fuerza con que pueden actuar los objetos las mismas características que los esfuerzos de animales o humanos. Por ejemplo, una caja situada en un plano inclinado, debe realizar un esfuerzo para mantenerse en ese lugar, en este sentido, Brown (1989) comprobó en una serie de experimentos que la fuerza es considerada como una propiedad de los cuerpos, por ejemplo, cuando chocan dos bolas una de las cuales está parada, la que está moviéndose ejerce más fuerza que la otra o cuando los alumno creen que un bloque de 90kg hace más fuerza que otro de 40kg que se encuentra debajo, creyendo incluso alguno que lo aplastaría.

5.4 Esquemas de búsqueda dependientes del contenido



Los **esquemas de búsqueda dependientes del contenido** darán la dirección adecuada de búsqueda y permitirán, si esto es posible, continuar la investigación allí donde otros trabajos quedaron. Ahora el interés se centra en las razones de por qué se dan en el alumno los comportamientos descritos anteriormente y en ver qué factores cognoscitivos explican este hecho.

Como se puede apreciar en el esquema 4, la exposición trata de presentar primeros los esquemas más generales, para ir abordando progresivamente contenidos cada vez mas cercanos al que se ha elegido; como es lógico los últimos versan exclusivamente sobre la propia verticalidad.

EQB_{C1} **Predominio de los aspectos figurativos ante la ausencia de elementos cognoscitivos transformadores**

Cuando los datos que se presentan al sujeto en una situación dada, no pueden ser asimilados por algún esquema transformador, la respuesta que da está dominada por el aspecto figurativo de los datos, de modo que los aspectos relacionales entre datos y la incursión de conceptos estructurales brilla por su ausencia. A estas argumentaciones se las denominará **"respuestas de dominio figurativo"**.

Las estructuras preoperatorias, ante la ausencia de capacidad transformadora, están dominadas por los aspectos figurativos del problema planteado, produciéndose fenómenos de centramiento y representación estática.

Normalmente la información del sujeto es pobre cuando, en un primer momento, ofrece "respuestas de dominio figurativo". Es importante utilizar adecuadamente la entrevista para dejar entrever cuáles son los factores más relevantes de la situación que permiten al sujeto dar sus



explicaciones y si se aprecian "distorsiones" en otras variables, que desde un punto lógico serían realmente importantes.

En presencia de una "respuesta de dominio figurativo", habrá que dirigir la entrevista utilizando situaciones físicas donde se pongan en juego de un modo operacional las diversas variables que intervienen en la situación dada, buscando primordialmente la existencia de algún factor que pueda ser manipulado por el individuo, y el posible establecimiento de relaciones.

EQB_{C2} *Los inicios de la génesis de la noción de fuerza se debe buscar en la actividad motriz y cinestésica del sujeto.*

Existe una convergencia notable en la mayoría de los trabajos consultados que señala la ligazón existente entre la noción de fuerza y las interacciones sensomotrices del sujeto, lo que viene a confirmar la idea general piagetiana de que la inteligencia se forma por la interiorización de esquemas de acción y que en el caso concreto de la noción de fuerza, se pone de manifiesto en una decena de experimentos (Piaget y col, 1973), así se puede apreciar que en niveles preoperacionales, la noción de fuerza se confunde con **el esfuerzo a realizar**, lo que le lleva al sujeto a realizar previsiones incorrectas dominadas por el aspecto figurativo del sistema en que se ejerce la acción.

Para poner en juego en toda su extensión los esquemas de acción relacionados con el contenido a investigar, es necesario no limitarse a lo que el sujeto pueda expresar lingüísticamente, y habrá que solicitar de él la manipulación de objetos, para que realice determinadas tareas prácticas de carácter sensomotriz.

Dado que el cuestionario gira sobre situaciones físicas estáticas donde la sensación de esfuerzo está limitada a la sujeción de diversos objetos, habrá que partir, en determinados casos, de una situación anterior donde el equilibrio aún no está establecido, de forma que se puedan apreciar las acciones que llevan a situar de un modo estable un sistema.

EQB_{C3} *Existen serias dificultades para percibir la actuación de una fuerza cuando esta no presenta un efecto perceptivo*

La regularidad más acusada que se ha detectado, tanto en trabajos piagetianos como los del MCA, es la dificultad que presentan la mayoría de los alumnos para apreciar la existencia de una acción entre objetos cuando están en reposo y no se aprecia ningún efecto deformante de dicha acción, dificultad que desaparece en parte, cuando existe movimiento o algún tipo de efecto perceptible.

Según los resultados de los trabajos piagetianos, resulta difícil la detección de acciones cuando no producen un efecto perceptivo, ya que sólo sujetos con un pensamiento formal son capaces de ver, según este autor, 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 que el equilibrio se vea como un conjunto de fuerzas que puede provocar movimientos virtuales" (Piaget, 1975). Estos resultados sugieren varias líneas de búsqueda:

Habría que crear situaciones de equilibrio poniendo en juego varios tipos de materiales, según su grado de flexibilidad, desde rígidos como una barra de acero o, en menor intensidad, de madera, hasta elásticos como el muelle y la goma, a fin de determinar como el sujeto modifica sus declaraciones cuando se va modificando el material.

Habría que estudiar el grado de conceptualización de la acción y ver, de qué factores hace depender el sujeto la acción, para los distintos niveles operatorios.

Se tendría que prestar especial atención a los sujetos capaces de entrever movimientos virtuales, analizando sus respuestas en una diversidad de situaciones, ya que es posible que coincidan la posesión de la noción de fuerza como una interacción entre objetos, la capacidad de transformar situaciones donde actúan varias fuerzas y la detección de éstas cuando no hay efecto visible.

¿Serán consideradas diferentes las fuerzas de tracción de las de empuje? ¿y las fuerzas de compresión frente a las de expansión?

EQB_{C4} *Las dificultades para detectar la fuerza de reacción son mayores que para la propia acción generadora*

En situaciones dinámicas, la mayoría de los alumnos no aprecian la fuerza de reacción en una interacción, sino tan solo la que provoca el movimiento, siempre que la dirección de la fuerza-acción sea la misma que la del movimiento, ya que cuando intervienen más fuerzas, surgen nuevos problemas y dificultades.

En situaciones estáticas, si ya existen dificultades para detectar la fuerza-acción, más aún para ver la correspondiente reacción. Para los alumnos que admiten la presencia de la primera, se presentan dos tipos de respuestas: una incorrecta, mayoritaria, que asocia a cada objeto actuante en la interacción una única acción, "tirar o sujetar" y, otra correcta, donde a toda acción le debe corresponder una reacción. En definitiva, las dificultades para apreciar la reacción de una



interacción son mayores que en el caso de la simple acción, lo que sugiere las siguientes búsquedas:

Encontrar interacciones donde uno de los cuerpos participantes se iría cambiando por otros de distinto tipo de elasticidad, y donde la función de empujar se cambie por la de retener.

Para los sujetos que aprecien tanto la acción como la reacción, hay que prestar especial cuidado a los factores que hacen intervenir en sus razonamientos, y en especial, aquellos que no vienen dados por los datos empíricos.

Se buscarán situaciones donde se permute el cuerpo actuante con el reaccionante, a fin de ver si esto lleva al sujeto a una modificación de sus planteamientos de inicio de la entrevista.

EQB_{C5} *La composición de fuerzas exige al sujeto estrategias de carácter formal*

Los esquemas de búsqueda anteriores tratan sobre las dificultades que dejan ver los alumnos en situaciones donde se pone en juego sólo una interacción. En aquellas en que se producen varias y cada una posee su propia dirección de actuación, las dificultades aumentan, ya que componer las causas para determinar un solo efecto exige del sujeto una operatoria formal.

Las situaciones que prevén los alumnos sobre composición, cuando no poseen ningún esquema operatorio, están muy alejadas de las que se pueden dar en realidad:

Centran su atención en la última acción producida y hacen previsiones sin importarles las demás.

No comprenden el efecto transformador de una acción y dejan la configuración de fuerzas casi como estaba.

Las primeras capacidades operatorias llevan al sujeto a resolver situaciones sencillas de composición de fuerzas, por ejemplo cuando dos fuerzas están simétricas respecto a un eje, o en algunos casos donde las intensidades están relacionadas por número enteros sencillos.

Todo ello conduce a las siguientes consideraciones:

Se buscarán situaciones donde, partiendo de un equilibrio generado por la acción de un peso, se llegue a otras añadiendo un nuevo peso sobre alguna parte del sistema en equilibrio y presentando configuraciones simétricas y asimétricas.

Se prestará especial atención, cuando se hagan añadidos de nuevos pesos en un sistema en equilibrio, a los posibles centramientos del sujeto en la última acción

ejercida, y se obligará a considerar las acciones de otros pesos, incitando a imaginar lo que sucedería al quitar algún peso. Con esto se pretende comprobar el tipo de composición que hace el sujeto cuando considera todas las acciones y no sólo la última.

EQB_{C6} *La detección del efecto de una fuerza cuando media una distancia, es bastante compleja*

De las pocas investigaciones realizadas sobre previsiones de los efectos de la acción de una fuerza cuando existe una cierta distancia entre el punto de aplicación y el lugar donde se produce un giro, aún en el caso de que éste sea virtual, se puede concluir que la noción de momento, planteada en los anteriores términos, parece difícil pues exige una operatoria formal, siempre que la tarea no implique previsiones cuantitativas. Para niveles preoperatorios con dificultades para previsiones de acciones más sencillas, el concepto de momento queda muy lejano, mientras que en el nivel concreto se aprecian ciertas intuiciones cualitativas para objetos bidimensionales y siempre que exista una cierta simetría en la distribución de fuerzas.

Desde un punto de vista estructural, el concepto de momento y su composición, están ligados a la noción de centro de masa. También desde un punto de vista ontogenético, se aprecia un paralelismo entre las dos nociones, de forma que, para niveles donde se aprecia reacciones intuitivas en un concepto, se dejan ver el mismo tipo de reacciones para el otro, y cuando se consigue comprender el efecto de la distancia, también se intuye el lugar aproximado donde se encuentra el centro de masa de un cuerpo, como intersección de sus líneas de equilibrio.

Según esto habría que tener las siguientes consideraciones:

Puesto que momento y centro de masas son conceptos que sin duda se pondrán en juego en el estudio de la verticalidad y dadas las grandes dificultades que presentan dichas nociones para ser estructuradas operatoriamente, habría que estar atentos a los errores del sujeto en situaciones donde se requiera la utilización de los conceptos mencionados, pues es probable que las "distorsiones" encontradas se deban, en gran medida, a la ausencia de esquemas asimiladores relacionados con estos conceptos.

Las dificultades de manejar conceptos como momento y centro de masas, llevarán a analizar las características de aquellas situaciones físicas que permitan poner en marcha las intuiciones que el sujeto tiene sobre estos conceptos.



Antes de llegar a una aproximación del concepto de momento, el sujeto adquiere ciertas intuiciones para ponderar el efecto de la distancia, compensando y promediando distribuciones de pesos de forma cualitativa.

¿Qué circunstancias físicas facilitan las primeras intuiciones sobre la noción de momento?

SOBRE VERTICALIDAD

La noción de verticalidad está muy mediatizada por la de peso, de modo que hasta que el sujeto no admite su papel dinámico, y esto ocurre al final del nivel de operaciones concretas, no tiene capacidad para transformar las posiciones iniciales del sistema. Además, el carácter estático de las configuraciones verticales exige, para una comprensión dinámica de las fuerzas que actúan, la aplicación de una estrategia de desplazamientos virtuales, que sólo el pensamiento formal es capaz de aplicar. Por otra parte, se puede afirmar que el alumno posee un bagaje cognoscitivo extenso sobre equilibrio y verticalidad, de forma que ante una diversidad de situaciones físicas, siempre tiene respuestas que se aproximan más o menos a posiciones correctas dependiendo del grado de complejidad del equilibrio. Dichas ideas son bastantes dinámicas, pues se van modificando en el curso de la entrevista aproximándose cada vez más a la respuesta correcta.

Con respecto a la transcripción que realizan los alumnos de configuraciones reales con líneas verticales a dibujos, se ha comprobado que distorsionan lo real por la presencia de otros elementos que contienen líneas no verticales.

Todo esto se va a concretar en dos esquemas de búsqueda sobre verticalidad:

EQB_{C7} ***Las manifestaciones gráficas del sujeto sobre verticalidad no siempre reflejan su representación mental***

Habría que presentar las situaciones físicas de modo que se requiera de perspectivas planas para representarlas en dibujo a fin de garantizar que las posibles distorsiones cometidas se deben a una mala capacidad transformadora y no a las relacionadas con sus habilidades gráficas. También se sugiere que las manifestaciones gráficas de los alumnos vayan acompañadas de una descripción verbal a modo comprobatorio.

Un problema interesante a dilucidar, sería analizar si la ausencia de capacidad para transformar una situación dada está relacionada con la capacidad para reflejar en dibujos lo que se observa, en otras palabras, si las malas representaciones gráficas de lo real se deben a la ausencia de elementos transformadores en la estructura cognoscitiva.

Es posible que la verticalidad de un objeto pueda ser intuitiva por alguna de las líneas que lo definen, es importante por ello, presentar situaciones donde el aspecto figurativo del sistema de objetos no permita intuir la verticalidad.

EQB_{C8} ***Apreciar la vertical depende de la adquisición de otras nociones***

En trabajos anteriores sobre resolución de problemas de verticalidad, ésta se relaciona con la comprensión de conceptos como momento y centro de masas y estos, a su vez, con los de fuerza, acción y reacción y composición de fuerzas.

Habría que dirigir la atención a establecer un mapa de significación ontogenética que relacione dichos conceptos.

El esquema general que resolvería cualquier problema de equilibrio en un campo gravitatorio sería aquel en que la vertical del centro de masas del cuerpo cae dentro del plano de sustentación. Es importante en el curso de las entrevistas tener presente esta referencia para orientar las manipulaciones y preguntas, pero en ningún caso para que éstas induzcan a la utilización del esquema antes expuesto.

Criterio de significación

Cada esquema de búsqueda supone un aporte parcial de carácter metodológico al contener algún tipo de orientación sobre la información que se va a buscar, con sugerencias sobre una determinada estrategia de contrastación o señalando el modo con que se deberían tratar una serie de datos, no obstante, es su suma combinada lo que determina la metodología general a utilizar en este trabajo.

Se hace, por tanto, necesario **un esquema de búsqueda especial** que recoja, como denominador común, la tendencia general que subyace en la mayoría de los esquemas de búsqueda: la notable diferencia que existe entre el entramado conceptual del contenido de Ciencias a investigar, incluyendo por extensión los propios esquemas cognoscitivos del investigador, y los contenidos ontogenéticos del alumno.

Esto hace que la prioridad y reto de este trabajo sea 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.** en los datos que aportan los alumnos, tarea que tratan de solventar todos y cada uno de los esquemas de búsqueda. Por esta razón el nuevo esquema especial se llamará **criterio de significación**.

A priori se admite, en base a las diferencias existentes entre los contenidos ontogenéticos y



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 y sólo se admitirá como información relevante y significativa del alumno la que pase por el filtro configurado por los esquemas de búsqueda y el criterio de significación, ya que estos suponen el aporte objetivo bien fundamentado que puede descentrar al investigador de sus esquemas de formación científica.

Se procurará no utilizar esquemas de asimilación obtenidos del plano del contenido académico a investigar para recoger y delimitar información del alumno, pues como ya se ha afirmado reiteradas veces, son esquemas generalmente inadecuados. Concretamente, utilizar como esquema asimilador el que ofrece el contenido académico, cuyas concepciones se quieren delimitar, hará que las respuestas del sujeto versen sobre el conocimiento o desconocimiento que posea de dicho contenido, pasando por alto información significativa. Ya se vio en § 1.3 que todo el bagaje cognoscitivo del alumno no puede ser asimilado por esquemas fundamentados en los contenidos académicos.

Si para detectar ideas previas se toma como referencia el cuerpo de conocimientos de las Ciencias actuales, también tendrían ideas previas los profesionales de la enseñanza en ciertos dominios avanzados de la Física, por lo que se haría necesario determinar respecto a qué nivel de desarrollo de la Física se refiere una determinada búsqueda de concepciones.

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 el criterio de significación definido inicialmente teóricamente, dentro de un plano observable. Para ello se van a contemplar 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 ontogénico 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 si 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 se ha definido anteriormente en este último nivel, inobservable, y se pretenden utilizar elementos del primer y segundo nivel, observables y operativos, para definirlo.

Puede ocurrir que la respuesta del sujeto solo 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 pueden 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.

Pero el problema no es tan sencillo como para establecer el criterio de significación en función de las presencias o ausencias encontradas en las reacciones del sujeto respecto a los datos que se le presentan en una situación dada ya que, por un lado, diferentes estructuras cognoscitivas de asimilación verán diferentes datos y consecuentemente los datos que cree "ver" el investigador no son los que aprecia el alumno. Así, con respecto al ejemplo del párrafo anterior, para una estructura formal puede ser evidente que es el peso el causante de la caída del bloque, pero esto no lo es para muchos sujetos menores de 9 años, y por otra parte, la categorización e interpretación de las respuestas depende, en gran medida, del esquema asimilador del investigador, de forma que no se está seguro, siguiendo con el ejemplo anterior, de que otro entrevistador relacione la respuesta *"se cae porque hay más peso que tira que el que sujeta"* con una partición previa del bloque. Aun más, si se está utilizando en la toma de datos una dinámica estructurada por entrevistas clínicas individuales, bajo la hipótesis de que el sujeto ha intentado hacer una partición del bloque, el investigador intentará saber, mediante preguntas adecuadas, cómo el sujeto establece dicha partición.

De esta forma, se obtiene una información adicional que sería imposible en ausencia de dicha hipótesis; tal es la importancia de los esquemas cognoscitivos previos a la toma de datos y de ahí el presentar en este trabajo, de un modo explícito, los esquemas de búsqueda que van a ser utilizados.

Bien es cierto que si el objetivo en una búsqueda de concepciones es sólo establecer, con un criterio dicotómico, el mayor o menor desconocimiento que el alumno posee de un determinado contenido académico, posiblemente las objeciones del párrafo anterior podrían ser tachadas de demasiado meticulosas, pero ya se vio en § 3.1 que este objetivo es un modo restrictivo de entender las concepciones y que una información relativa a los esquemas cognoscitivos del sujeto, así como de las reglas que rigen los procesos de asimilación, tendría una proyección didáctica de mayor alcance al conocer con mayor detalle el sistema cognoscitivo del alumno, en este caso, los argumentos de párrafo anterior serían más adecuados.

Se ha establecido un sistema de esquemas de búsqueda que describen ciertas tendencias que se dan cuando el sujeto asimila datos empíricos,

que orientan sobre el modo más adecuado de interpretar las respuestas de los alumnos, sugieren direcciones de búsqueda y ofrecen modos para plantearle cuestiones a los entrevistados, etc. Estos esquemas permiten objetivizar el proceso de imaginar cómo los alumnos están tratando los datos, por lo que son los matizadores necesarios para que se pueda establecer el **criterio de significación** como sigue: **consideraremos significativa la 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** (ver esquema de búsqueda EQB_{G12}).

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 (ver esquema de búsqueda EQB_{G6}).

Se contemplan dos tipos de variaciones:

1. **Figurativa.** Está referida a cambios en la presentación perceptiva de los datos. Por ejemplo, alargar o redondear un trozo de plastilina.
2. **Estructural.** Se da cuando se hacen cambios oportunos en la situación física dirigidos a incrementar una determinada variable física o modificar la relación entre ellas.

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 masa 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 (ver esquema de búsqueda EQB_{G9}) 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 (véase § 3.1.5), 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.

Sería deseable que las reacciones tuvieran una estructura de esquemas explicativos, es decir, que cumplieran los tres requisitos, pero puede ocurrir que una reacción preoperacional sea sólo estable siempre que se presente una situación con un aspecto figurativo determinado, ya que es sabido que los sujetos transicionales (niveles IB o IIB) suelen variar sus declaraciones iniciales en función de la incorporación de nuevos datos empíricos ¿son desechables por esta razón dichas reacciones?

Los cambios de opinión son controlables en cierta medida, ya que son consecuencia de una acomodación del esquema inicial a los datos empíricos, por lo que dichos cambios no siguen un camino determinado por la estructura del esquema inicial al interactuar con los datos, lo que permite discriminar si se está en presencia de un verdadero esquema y, por tanto, si la información es significativa.

Además, un esquema explicativo aún no madurado por la ejercitación, puede no tener capacidad de acomodarse a determinadas situaciones, cuyas peculiaridades las hacen bastante diferentes de aquellas que si admiten el esquema. Por tanto, el criterio de estabilidad vendrá dado sólo por razones de repetitividad y generalidad y, en los casos en que el esquema no permita previsiones sobre nuevas situaciones quedará reducido, a la sola repetitividad. Aún así, se estaría en presencia de información significativa, si cumple con el criterio de significación, pero habrá que matizar, para cada esquema explicativo descubierto, sus posibilidades de asimilación y acomodación.

CAPÍTULO 4

RECOGIDA Y CATEGORIZACION DE DATOS

1 Introducción

Establecido ya el contexto teórico y metodológico de esta investigación, este capítulo va destinado a desarrollar la fase empírica, siguiendo las directrices señaladas en los esquemas de búsqueda.

Concretamente, se pretende ahora diseñar un conjunto de tareas significativas que, administradas mediante una dinámica adecuada a la muestra seleccionada, ofrezcan una serie de datos sobre el bagaje cognoscitivo de los sujetos entrevistados. Todo ello, con el fin de realizar una reconstrucción racional de los posibles esquemas y mecanismos cognoscitivos sobre situaciones físicas de equilibrio mecánico que el alumno puede poner en juego.

Tareas significativas son aquellas que, planteadas al alumno, permiten obtener reacciones catalogadas de significativas siguiendo los criterios de significación y estabilidad establecidos al final del capítulo anterior.

El problema principal se centra en la idea de que los esquemas que utiliza el investigador para recoger, identificar e interpretar los datos del alumno, pueden producir sesgos, distorsiones, omisiones, etc, ya que los mecanismos por los que se rigen los procedimientos de asimilación y acomodación de dichos esquemas, obviamente adultos y científicos, difieren en la mayoría de los casos de los utilizados por los alumnos. Por ésto se

admite que es muy difícil diseñar tareas totalmente significativas para el sujeto, ya que sería tanto como comprender con precisión su realidad cognoscitiva.

De aquí, que deba abordarse este tipo de trabajos mediante un método de **aproximaciones sucesivas**, cuyos puntos de partida son el conocimiento científico del contenido a investigar y el conocimiento psicológico de los mecanismos y contenidos cognoscitivos del sujeto.

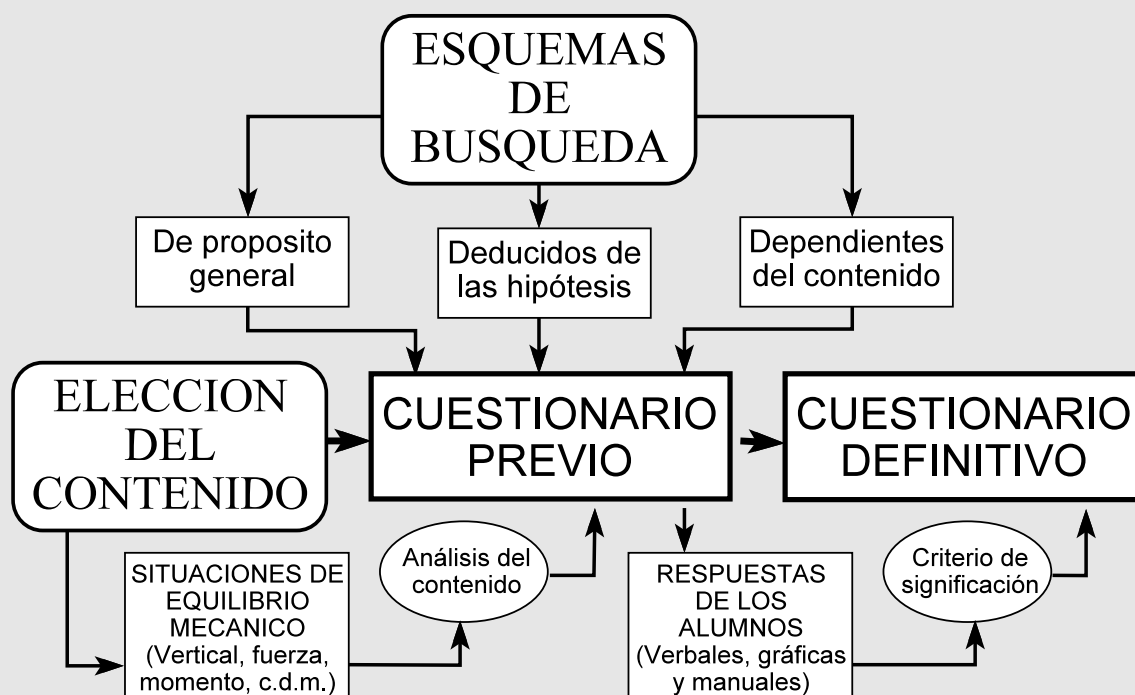
Afirmaciones de los esquemas de búsqueda como "no se puede utilizar la propia estructura del contenido a investigar para hacer una búsqueda de concepciones" o "es necesario objetivizar el proceso de búsqueda del investigador", hacen que la tarea de diseñar un cuestionario se haga francamente difícil si se quiere ser consecuente con las premisas establecidas.

Este intento de acercamiento a la naturaleza cognoscitiva del alumno, además de utilizar como orientación los esquemas de búsqueda, obliga a ir realizando dicha aproximación por pasos, algunos de las cuales han sido ya dados:

Primer paso: Se ha elegido como contenido a investigar "las reacciones que ofrecen los alumnos sobre situaciones de equilibrio mecánico", ya que existen numerosas razones tomadas del plano donde interaccionan el sujeto y su medio que hacen sospechar que posee una alta carga de significación para él,



Esquema 5 DINÁMICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUESTIONARIO DEFINITIVO



en la medida en que su estructura cognoscitiva asimila las situaciones referidas al equilibrio, de modo, que puede realizar anticipaciones, previsiones, explicaciones, etc, con grados de adecuación variables según el nivel cognoscitivo del sujeto pero, en general, bastante fructíferas.

Segundo paso: Se ha llevado a cabo una aproximación a la "imagen ontogenética" que posee el alumno sobre el contenido elegido, a través de una revisión bibliográfica de las aportaciones de otros autores, bien para delimitar las concepciones de los alumnos sobre este contenido en trabajos del MCA, bien para trazar su ontogénesis en un contexto piagetiano. Esto va a permitir diseñar una serie de situaciones físicas que se sabe poseen cierto grado de significación para el alumno.

Tercer paso: Una situación física no puede ser considerada más o menos significativa por si misma, ya que esto depende, en gran medida, de la dinámica que se utilice para hacerla interactuar con el sujeto, por esto se procurará aplicar una estrategia donde se tome la mayor información posible del alumno procurando minimizar distorsiones.

Cuarto paso: Como una medida para aumentar el grado de significación de las tareas que constituyen el protocolo de la entrevista

individual, se diseñará y administrará un primer cuestionario. Las reacciones de los alumnos permitirán modificar situaciones físicas y cuestiones a fin de que queden más acomodadas a las necesidades cognoscitivas de éstos.

El procedimiento aproximativo que ha dado lugar al cuestionario definitivo, se expresa en el esquema 5.

2Dinámica interactiva sujeto-situaciones físicasAnte una misma situación física, las respuestas del sujeto pueden variar considerablemente según las preguntas previamente establecidas, más aún si se le sumerge en una dinámica donde se formulan nuevas preguntas en función de sus respuestas, se le piden aclaraciones, o se le solicita que extienda sus explicaciones a distintas variantes de la misma situación.

También las reacciones pueden variar si las cuestiones son presentadas en dibujos o si se utilizan objetos reales que, incluso, pueden ser manipulados en un momento dado.



Así pues, la idea anterior puede ser expresada como:

$$\begin{array}{c} \text{TAREA} \\ = \\ \text{SITUACION FÍSICA} + \text{DINÁMICA INTERACTIVA} \end{array}$$

Los criterios de estabilidad y significación, así como muchos de los esquemas de búsqueda, sugieren ir más allá de la respuesta inmediata que da el sujeto cuando se le plantea una situación problemática. Así se deben buscar, mediante nuevas preguntas, peticiones de manipulación de material y construcción de dibujos, nuevas reacciones del sujeto que permitan reconstruir, con el mayor detalle y aproximación posible, el esquema cognoscitivo utilizado.

En el plano práctico, referido a la administración del cuestionario, "ir más allá de la primera respuesta" es utilizar la técnica de entrevista individual (en lo sucesivo **EI**), en ocasiones denominada también entrevista clínica o conversación libre.

A efectos de presentación de las distintas tareas que configuran el cuestionario, a fin de evitar ser reiterativos, sólo aparecerán en él las distintas situaciones físicas que se van a poner en juego, junto a las preguntas que inician la **EI** y las variaciones más importantes que está previsto realizar sobre la situación física inicial.

Se exponen a continuación la técnica **EI**, así como los distintos procedimientos que van a ser utilizados, y una vez definido el cuestionario definitivo, se establecerán las relaciones entre situaciones físicas y procedimientos interactivos.

EI es una técnica utilizada en el proceso de toma de datos relativos a algún parámetro característico de un individuo, en la que se pueden diferenciar fundamentalmente dos objetivos:

La obtención de datos no sesgados del entrevistado y, por lo tanto, lo más originales posible, de aquí que las preguntas realizadas por el entrevistador pretenden, más que la obtención de un dato prefijado, la consecución de una libre expresión sin condicionantes.

Poner en juego la capacidad de operar de los esquemas cognoscitivos utilizados por el sujeto, solicitando su aplicación reiterada ante variaciones de los distintos factores más significativos que intervienen en la situación planteada.

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 cada uno de los experimentos que llevó a cabo con posterioridad (véase por ejemplo Piaget, 1946; 1948; 1973; 1975) entre las que destacan las siguientes:

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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 El 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**.

5. En el curso de la entrevista se utilizan tres procedimientos que se repetirán una y otra vez con diferentes preguntas y situaciones físicas:

Secuencia simple de conversación libre, referida en el cuestionario mediante las siglas **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, indicada en el cuestionario por **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.

6. La técnica que registra mayor número de datos es la cámara de video, ya 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, 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.

3Primer cuestionarioA fin de hacer una adecuación más efectiva del cuestionario definitivo, se va a analizar y contrastar el grado de significación de cada una de las situaciones físicas diseñadas, así como de los procesos de interacción del entrevistado con éstas, a través de las reacciones de una muestra a la que se le administró un primer cuestionario.

Dicho cuestionario consta de cinco tareas (ver anexo 1), cada una de las cuales está compuesta por una serie de cuestiones, construidas en base a situaciones físicas, y un procedimiento interactivo de éstas con el entrevistado. Por tanto, las cuestiones se han diseñado de modo que se ponga en juego la capacidad divergente de los alumnos, con el fin de encontrar elementos novedosos y significativos, tales como la manipulación de una determinada situación física, un modo de plantear una cuestión de forma diferente, otra que le resulta notablemente problemática, etc.

Básicamente el diseño de este primer cuestionario se ha fundamentado, por un lado, en orientaciones dadas en los esquemas de búsqueda, y por otro, en la estructura y relaciones conceptuales de los contenidos académicos que dan cuenta de las situaciones de equilibrio mecánico, como son las nociones de fuerza, momento, centro de masas, tercer principio de la dinámica, condiciones de equilibrio, etc. La relación explícita que liga consecuentemente los esquemas de búsqueda y la estructura de cada tarea se dará en el cuestionario definitivo, a fin de no repetir argumentos.

3.1 Características de la muestra y administración del primer cuestionario

Puesto que el objetivo era depurar el cuestionario a través de los criterios de significación, lo más importante para la elección de la muestra es la diversificación de los individuos. La muestra consta de 36 sujetos divididos en tres grupos:

1. El primer grupo se corresponde con una selección de 18 alumnos de **3º a 8º de E.G.B.**, con edades comprendidas entre 8 años y 15 años. La elección se ha hecho procurando que fuera homogénea tanto por notas académicas como por nivel cognoscitivo piagetiano.
2. El segundo grupo formado por 11 **alumnos universitarios**, con edades comprendidas entre **18 y 21 años**, con nivel cognoscitivo variado, generalmente del nivel concreto y formal, si bien uno de ellos era preoperatorio.

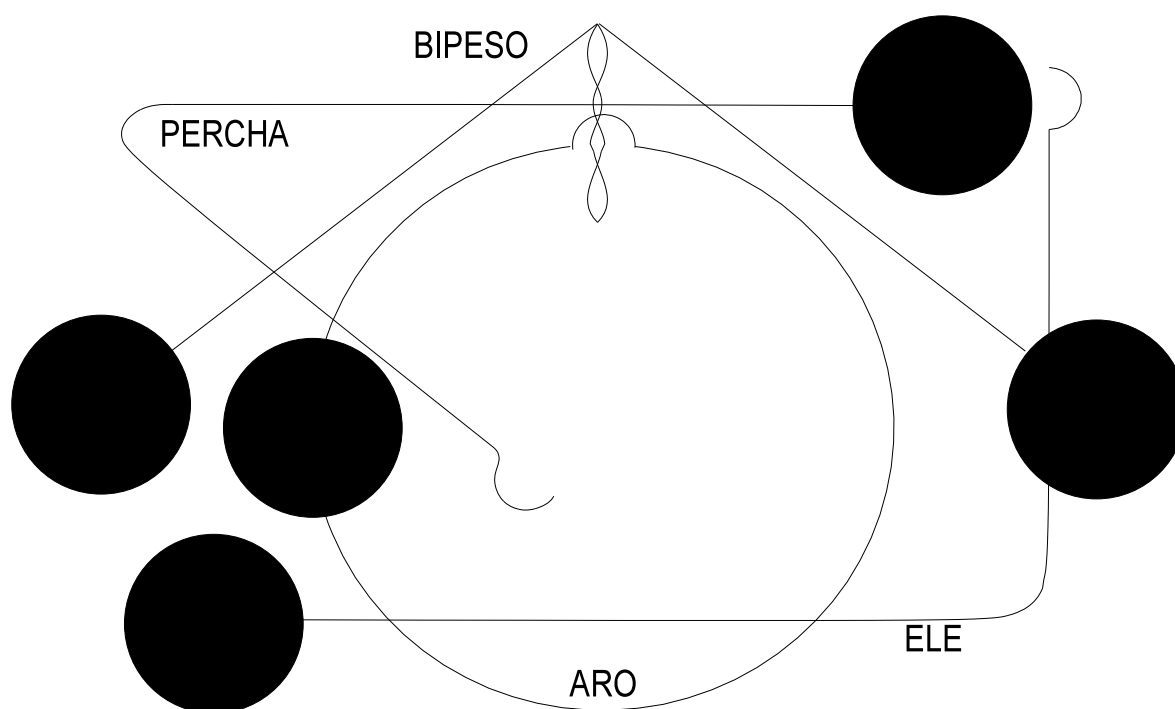


Fig. 2: Los objetos utilizados a escala 1:I

3. El tercer grupo se compone de 7 individuos que habían finalizado sus estudios o estaban a punto de hacerlo y provenían de una formación académica muy diversificada (mecánica, delineación, química, peluquería, forestación y magisterio) ya que fueron elegidos por criterios de cercanía al investigador. Las edades estaban comprendidas entre 23 y 34 años.

La toma de datos se realizó a través de EI, utilizando las preguntas del cuestionario para iniciar la conversación, que después era seguida de nuevas preguntas en función de las respuestas de los encuestados. El desarrollo del cuestionario se apoyaba en la manipulación de un determinado material que al igual que las preguntas, se ponía a prueba para analizar su eficacia.

A diferencia del segundo cuestionario, en este no se utiliza ninguna técnica de grabación, en su lugar, las anotaciones consisten en dibujos del encuestado, expresión escrita de sus respuestas más significativas y anotaciones "in situ" del investigador.

3.2 Transformación del primer cuestionario

Las transformaciones del cuestionario se realizan aplicando los criterios de significación

y estabilidad sobre las reacciones de los encuestados, donde se contemplan las expresiones verbales, gráficas y las manipulaciones del material.

Los elementos constituyentes y diferenciables del cuestionario susceptibles de modificación son los siguientes:

Preguntas iniciales.

Formas de presentar la situación física.

Formas de manipulación del material.

Dinámica de la entrevista.

Las operaciones básicas que se aplicarán de un modo independiente o en combinación para llevar a cabo las distintas transformaciones serán: adecuar, sustituir, reordenar y quitar.

Los comentarios sobre las transformaciones hechas en las distintas tareas se encuentran en el Anexo 1.

4Cuestionario definitivoEn el anexo 2, se presenta el cuestionario resultado de la anteriores transformaciones tal y como fue presentado a los entrevistados de la muestra definitiva y cuyos resultados se analizan en este trabajo.



4.1 Descripción y propósito de cada tarea. Material y situaciones físicas puestas en juego.

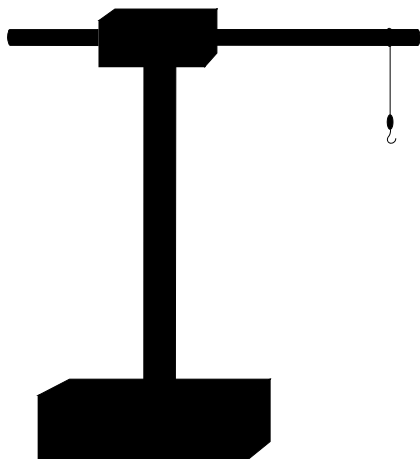


Fig. 3: Estructura soporte

La **tarea 1** (T1) está destinada a analizar la noción de **verticalidad**, cuando el centro de masas está bien definido por el centro geométrico del objeto, y donde el aspecto figurativo de los objetos no sugiere la posición de equilibrio correcta.

El material de la **T1** consta de una estructura soporte (ver fig. 2) necesaria para colgar los distintos objetos sin que se produzcan movimientos o vibraciones que pudieran alterar la respuesta del entrevistado. Este soporte consta de una base de madera sólida y pesada en la que se inserta una varilla gruesa vertical, cuyo extremo superior está introducido en un paralelepípedo, también de madera, más pequeño, que permite mediante un orificio fijar otra varilla horizontal que es de donde pende un hilo, de cuyo extremo se fija un gancho metálico.

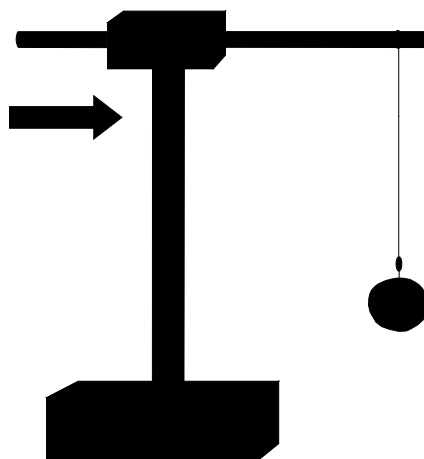


Fig. 4: Se inclina la estructura soporte

Los objetos que se cuelgan de la estructura soporte están contruidos con alambre de aluminio, el extremo superior termina en forma de gancho para ser colgados y el otro extremo es utilizado para insertar una bola de plastilina, de forma que el peso de ésta es muy superior al del alambre, por lo que el centro de masas de todos los objetos se localiza, salvo precisiones, en el centro de la bola. En la fig. 1 se presentan, además del bipeso que se analizará más adelante, los objetos que se cuelgan, a saber: la ele, la percha y el aro, con unas dimensiones próximas a su tamaño real.

La cuestión 1.m se lleva a cabo inclinando la estructura soporte cuando se cuelga una bola de plastilina a modo de plomada (Fig. 3) y la cuestión 1.n mantiene la misma dinámica que 1.a, 1.b, 1.c, 1.d, 1.e y 1.f, pero ahora se suspende un objeto cuyo centro de masas no es tan fácil de precisar.

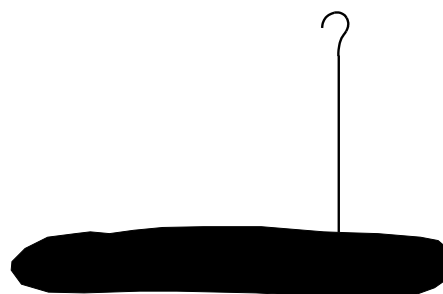


Fig. 5: Zapato

Este objeto fue denominado por los entrevistados de menor edad como "zapato" (Fig. 4), por lo que se utilizará este término para referirlo.

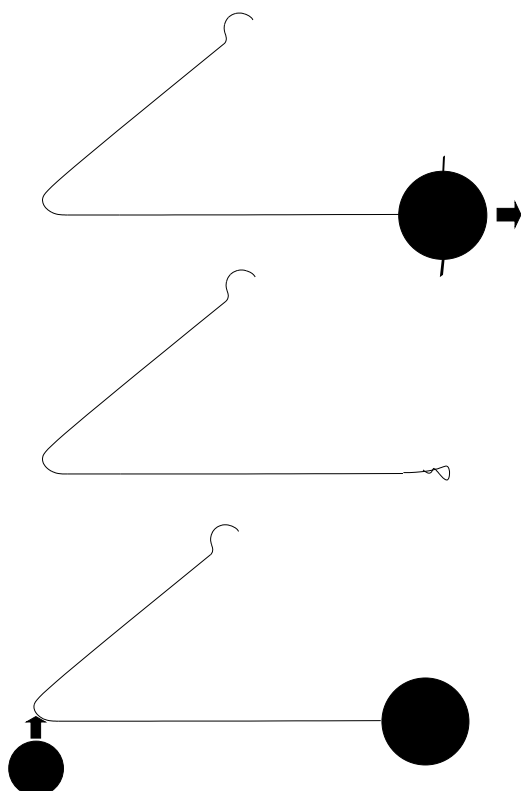


Fig. 6: Variaciones en la "percha"

La **tarea 2 (T2)** intenta evaluar la **capacidad transformadora del alumno partiendo de situaciones físicas de equilibrio**, y transformándolas en otras nuevas mediante variaciones del centro de masas del sistema. Dichas variaciones pueden realizarse añadiendo o quitando masa de uno de los objetos o aplicando sobre el codo de la ele, porciones de plastilina que alteren el centro de masas del sistema. Para ello se utilizan objetos de T1 como son la estructura soporte y la ele. Se inicia la tarea colgando la ele, después se trata de prever la posición que adoptará:

- 1º Quitando y añadiendo porciones de plastilina en el extremo (Fig. 5). Incluso con el alambre colgado sin plastilina.
- 2º Añadiendo distintas porciones en el codo de la ele. En tal caso, no sólo centramos la atención sobre las disposiciones de las masas de plastilina alrededor de la vertical, sino que se pregunta explícitamente por el efecto de la distancia de los pesos a la vertical.

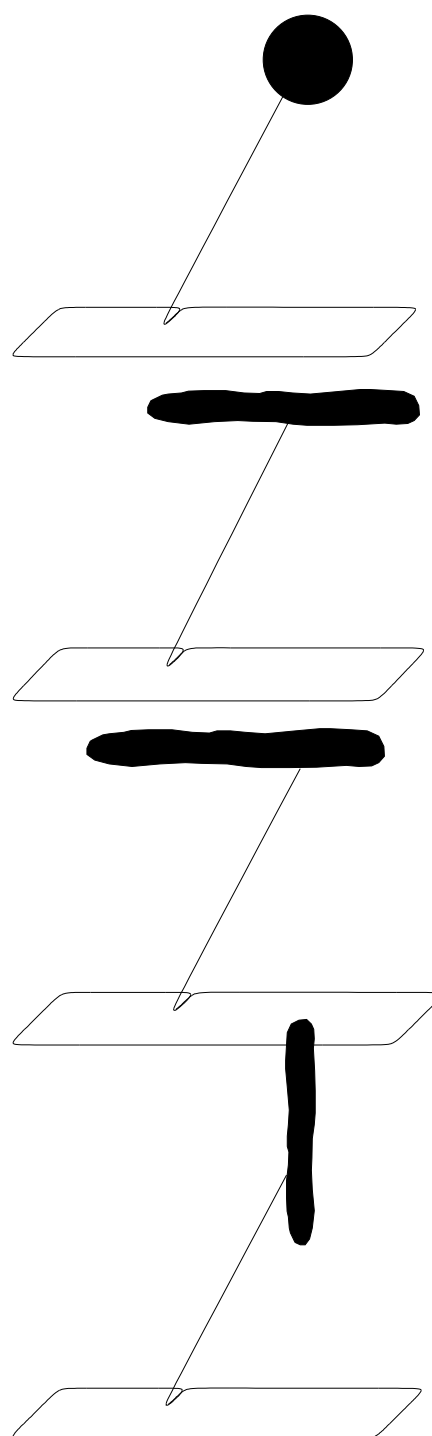


Fig. 7: Variaciones en el "micro"

La **tarea 3 (T3)** es semejante a la tarea 1, pero mientras que en ésta los objetos son colgados quedando **el centro de masas** por debajo de punto de apoyo, en la tarea 3 **queda por encima del plano de sustentación**, no siendo éste puntual sino una superficie extensa rectangular. Sobre



esta estructura se realizan transformaciones figurativas sobre el objeto soportado (Fig. 6), destinadas a analizar la conservación de la verticalidad.

En todos los casos, el equilibrio se puede interpretar del mismo modo y subyace la misma estructura: **si la proyección del centro de masas del cuerpo soportado está dentro del área de sustentación, el objeto no cae, si está fuera, lo hará.**

Con **situación límite** se hace referencia a una disposición tal que la proyección vertical del centro de masas cae justo en el borde del plano de sustentación, sin que el "micro" (así es como llaman los pequeños al objeto de la fig. 6) caiga, de forma tal que una pequeña variación de la inclinación del alambre hacia afuera, hace que se pierda el equilibrio.

Ante variaciones de la inclinación del tramo de alambre inclinado del "micro" se piden previsiones sobre su grado de estabilidad. En una situación límite, admitida por el entrevistado, se alarga la bola y se pincha por el centro, para preguntar si se sigue manteniendo la situación límite. Después se hacen otras variaciones como pinchar la plastilina alargada a 1/4 y 3/4 de su longitud, incluso poniéndola vertical.

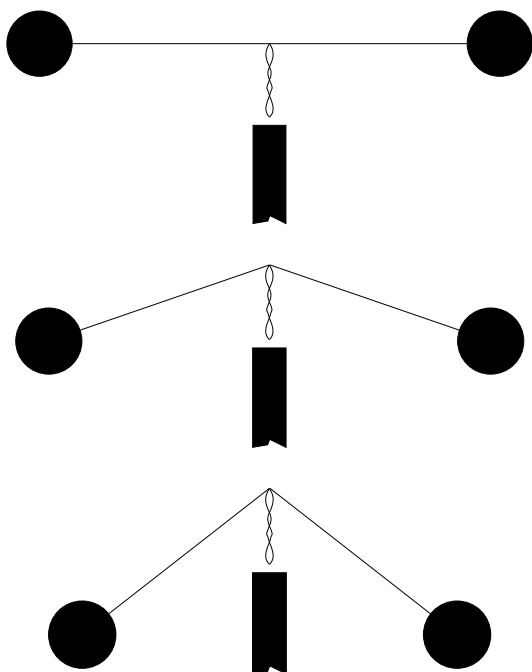


Fig. 8: Posiciones del bipeso

La **tarea 4 (T4)** aborda el problema de la **verticalidad cuando el centro de masas está situado fuera del espacio ocupado por las masas del sistema**. La comprensión del equilibrio alcanzado, en esta nueva situación física, pasa por intuir la posición del centro de masas respecto al punto de sustentación. Al valorar dicho equilibrio por las posiciones de las masas respecto al punto de sustentación se llega a la idea, frecuentemente encontrada en el entrevistado, de que el equilibrio que se presenta ante sus ojos tiene algo de mágico, ya que parece más lógico la caída. Nuestro objetivo en esta tarea es la de analizar los factores que introduce el alumno en sus explicaciones para justificar un equilibrio realmente paradójico.

El objeto utilizado en esta tarea se denominará "bipeso" o "balancín" y su forma y tamaño natural se presentó con los demás objetos de alambre en la T1 (véase fig. 7). Las variaciones más frecuentemente utilizadas son la mayor o menor inclinación del alambre, el utilizar bolas de plastilina más grandes o simplemente quitar éstas de los extremos del alambre.

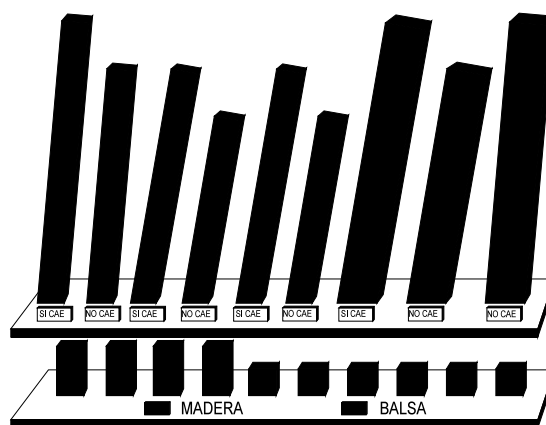


Fig. 9: Los bloques inclinados

La **tarea 5 (T5)** contiene dos partes bien diferenciadas:

1. **Fase operatoria:** versa sobre el control de variables y la exclusión de las no significativas en relación al mantenimiento de equilibrio de una serie de bloques al ser apoyados. La gran diferencia de esta tarea con respecto a las demás es que mientras la anteriores exigen la utilización de la reversibilidad operatoria actuando sobre los elementos que definen la verticalidad de cada situación, aquí es necesario un control de las variables que intervienen en la situación, la creación de un sistema de hipótesis donde intervengan



TABLA 4.1. DIMENSIONES E INCLINACIÓN DE LOS BLOQUES								
Variable	Grosor	Altura	Ángulo	Inclinación	Desnivel	Material	Efecto	
A	2cmx2cm	22cm	5.21	5.50	1.9 2mm	Madera	Cae	
B	2cmx2cm	18cm	6.37	5.50	1.9 2mm	Madera	No cae	
C	2cmx2cm	18cm	6.37	7.85	2.7 6mm	Madera	Cae	
D	2cmx2cm	14cm	8.21	7.85	2.7 6mm	Madera	No cae	
E	2cmx2cm	18cm	6.37	7.85	2.7 6mm	Balsa	Cae	
F	2cmx2cm	14cm	8.21	7.85	2.7 6mm	Balsa	No cae	
G	3cmx3cm	12cm	7.84	7.85	4.1 4mm	Madera	Cae	
H	3cmx3cm	18cm	9.59	7.85	4.1 4mm	Madera	No cae	
I	3cmx3cm	22cm	7.84	5.50	2.8 9mm	Madera	No Cae	
J(2)	2cmx2cm	4cm	0	0	0.0mm	Madera	No cae	
K(2)	2cmx2cm	4cm	0	0	0.0mm	Balsa	No cae	
L(3)	2cmx2cm	2cm	0	0	0.0mm	Madera	No cae	
M(3)	2cmx2cm	2cm	0	0	0.0mm	Balsa	No cae	

Para esta tarea se han utilizado 9 bloques inclinados con distinto grosor, altura, material e inclinación y otros más pequeños no inclinados, que podrían ser usados eventualmente por los entrevistados para contrastar sus afirmaciones o por el entrevistador para hacer algún tipo de contraprueba relativa a alguna afirmación del sujeto (Fig. 8).

Las dimensiones de cada bloque, así como sus características técnicas se exponen en la tabla I.

La **tarea 6** (T6) tiene el cometido de **medir la capacidad sensomotora para construir composiciones de equilibrio**, cuya buena ejecución requiere un esquema claro de verticalidad. En esta tarea no se piden explicaciones verbales ni se realiza conversación libre. Las expresiones del entrevistado para componer equilibrios que buscan un propósito, son primordialmente manuales. Los esquemas de acción interiorizados relativos al equilibrio se ejecutan directamente sin necesidad de buscar correspondencias entre significados y significantes verbales.

La tarea consta de dos actividades manuales, la primera consiste en realizar dos escaleras de figuras geométricas (triángulos o círculos), a fin de, partiendo del suelo, alcanzar una plataforma situada a una cierta altura (véase fig. de la tarea 6 en anexo 2). Esta construcción requiere una buena coordinación entre los

elementos que integran la escalera a fin de que la pieza más elevada llegue lo más lejos posible sin que se rompa el equilibrio. La segunda consiste en realizar equilibrios cada vez más complejos con un muñeco articulable, dejándolo de pie con una sola pierna o invertido apoyado en un solo brazo. Es importante hacer una buena distribución de masas alrededor del plano de sustentación para conseguir el equilibrio. Se ha comprobado que, contrario a lo que se puede suponer, conseguir el equilibrio es una tarea difícil, incluso imposible, para los entrevistados más pequeños del primer cuestionario.

Las **tareas 7 y 8** (T7 y T8) tienen como objetivo **determinar el nivel operatorio en el que se encuentra el entrevistado, utilizando variables físicas elementales**. A diferencia de las tareas anteriores, estas han sido ya estudiadas (Inhelder y Piaget, 1972; Shayer, 1979), y son utilizadas como un referente externo necesario para determinar una de las variables a tener en



cuenta: el nivel operacional del sujeto. De este modo es posible diferenciar mediante esta variable, las operaciones mentales del sujeto de otros elementos cognoscitivos que no están tan definidos.

Las variables físicas que se ponen en juego en las 5 primeras tareas son de origen sensomotriz y los esquemas de acción asociados no son fáciles de coordinar para reversibilizarlos (Piaget y García, 1973), mientras que en estas pruebas operacionales que han mostrado ser las más fáciles de reversibilizar, se ponen en juego variables como la cantidad de sustancia y la flexibilidad de las varillas, en las que el componente figurativo es determinante.

La **tarea 7** gira sobre la **reversibilidad operatoria y consecuentemente sobre la conservación**. Esta tarea es una replica de los experimentos piagetianos sobre conservación de variables físicas como la cantidad de sustancia, el peso y el volumen (Piaget e Inhelder, 1971).

La **tarea 8** es una replica del experimento piagetiano de las varillas flexibles (Inhelder y Piaget, 1972; Shayer y Adey, 1984) sobre **control de variables independientes sencillas** como la longitud, el grosor, el material y la forma, utilizando como variable dependiente la flexibilidad de las varillas. Resolver correctamente esta prueba supone utilizar estrategias exclusivas del periodo formal.

4.2 Instrucciones para la administración del cuestionario: situaciones físicas + preguntas iniciales + procedimientos de interacción

Exponer la forma de desarrollar las preguntas fijas del cuestionario es importante por varias razones:

1. Al dejar constancia escrita de los procedimientos utilizados, se garantiza una aplicación homogénea del cuestionario sobre toda la muestra. Esto evita posibles sesgos en la toma de datos.
2. Permite que otros investigadores puedan reproducir el desarrollo del cuestionario, en la medida de lo posible, para aportar datos a la investigación o para contrastar determinadas opiniones que aquí se exponen.
3. Si se conoce de forma detallada el modo en que se ha administrado, se puede hacer una valoración más adecuada, tanto del cuestionario como de los datos conseguidos a través de él.

4.2.2 INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 1

1. Se monta la estructura soporte delante del entrevistado, a la vez que se inicia una charla amigable, con el propósito de crear un ambiente relajado (presumiblemente el sujeto estará expectante o nervioso). Los objetos se colgarán de una anilla (lastrada con un trocito de plomo para que el hilo guarde siempre la verticalidad) que a su vez está sujeta del tramo horizontal del soporte.

La razón de no colgar directamente los objetos sobre el tramo horizontal es que se ha apreciado, con los datos obtenidos en el cuestionario previo, que algunos sujetos deforman la verticalidad del hilo motivados por la disposición no vertical que adoptan los objetos que se cuelgan.

2. Se le dan al entrevistado un trozo de alambre y otro de plastilina, a fin de que pueda comprobar la gran diferencia de peso que existe entre los dos objetos. El propósito de esto es que opere mentalmente con las porciones de peso que ha sopesado y no con las que figurativamente pueda imaginar.

3. Se tendrá cuidado de no enseñarle el primer objeto (ele) con una posición que invite a sospechar cómo quedará una vez colgado. Después se le plantea la **cuestión 1.a. Dibuja cómo quedará la ELE una vez colgada**. Al finalizar el dibujo, se le solicitan las explicaciones que se consideren adecuadas con el fin de justificar la posición del objeto dibujado, comenzando por la **cuestión 1.b. ¿Por qué crees que quedará en esa posición?**. Evitar palabras relacionadas con la verticalidad del objeto.

4. Sin realizar el experimento se procede igual con los otros dos objetos, y se hacen las mismas preguntas que para la "ele". No se debe colgar, ya que de hacerse, el sujeto se vería en lo sucesivo mediatizado por los datos que ha observado y no se conseguiría que sólo utilice en sus respuestas sus esquemas sobre *verticalidad*.

5. Con las mismas precauciones tomadas para la "ele", se toma la "percha" y se plantea la **cuestión 1.c. ¿Dibuja como quedará la percha una vez colgada?**. Una vez hecho el dibujo y dadas las explicaciones, se lleva a cabo la **cuestión 1.d. ¿Por qué crees que quedará en esa posición?**.

6. Se toma el último objeto de la serie el "anillo" y se pregunta (**cuestión 1.e**) **¿Cómo quedará el anillo cuando lo colguemos del plomo?**. Hecho el dibujo y realizadas las explicaciones, se pregunta (**cuestión 1.f**) **¿Por qué crees que quedará en esa posición?**.

7. Una vez que ha dibujado los tres objetos, se cuelgan sucesivamente, preguntando para cada uno de ellos si las previsiones han sido correctas (*las cuestiones 1.g., 1.h. e 1.i. respectivamente están al pie de la tercera casilla correspondiente a cada objeto y las tres poseen el mismo argumento: En vista de como ha quedado*



colgado ¿crees necesario retocar el dibujo? ¿qué diferencias encuentras?). Puede parecer reiterativo solicitar un nuevo dibujo, sin embargo, se ha comprobado que a pesar de que la evidencia empírica pone en entredicho la corrección del primero, no resulta tan evidente para el entrevistado, que manteniendo sus ideas originales sobre la posición de los objetos, realiza nuevos dibujos sin tener en cuenta los datos perceptivos. Hay que procurar no indicar con nuestras preguntas cuál es el grado de corrección, ya que el sujeto suele considerar como correctas muchas posiciones dibujadas incorrectas. Se debe ampliar la respuesta gráfica del sujeto mediante **SCL** (secuencia de conversación libre), para cada uno de los objetos.

8. Se ha observado en las respuestas del primer cuestionario que el entrevistado prevé la inclinación del hilo donde se cuelgan los objetos, esta tendencia es más acusada cuando se utiliza el **anillo**, por lo que la siguiente cuestión se referirá sólo a él, a través de una secuencia **SCL** sobre este particular, donde se pueden incluir manipulaciones y tanteos tanto experimentales como gráficos. El inicio de esta **SCL** está en la **cuestión 1.j ¿cómo es posible que el hilo quede así?**. Planteada la cuestión, se señala en el dibujo que ha realizado, la inclinación del hilo, si este es el caso, ya que si lo ha dibujado bien, algo que no suele ocurrir, la cuestión 1.j debe plantearse del siguiente modo: **¿no crees que el hilo debería quedar inclinado?**. Una pregunta obligada en el curso de la **SCL** será la **cuestión 1.k. ¿que es lo que mantiene al hilo inclinado?**.

9. Se cuelgan simultáneamente los tres objetos y se le pide que observe las posiciones que adoptan planteándole la **cuestión 1.l. ¿qué ves de común en la posición que han adoptado los tres objetos?**. **SCL**.

10. Para finalizar, se contemplan dos cuestiones de carácter operacional. **Cuestión 1.m. colgamos de un alambre recto un trozo de plastilina, dibuja como quedará si inclinamos el soporte.** **PXE.** **Cuestión 1.n. damos forma alargada a la plastilina y se pincha en el alambre a 1/3 de su longitud, dibuja cómo quedará la plastilina.** **PXE.** Si es preciso probar la misma dinámica con otras formas.

4.2.3 INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 2

1. A partir de ahora centramos nuestra atención sobre la "percha" para analizar la capacidad transformadora del alumno añadiendo o quitando porciones de peso. La referencia del entrevistador debe estar en que si se asimila la "percha" a un triángulo y se ponen 2 pesos iguales sobre sus vértices inferiores, el lado que une los dos pesos queda horizontal. **Cuestión 2.a. Si quitamos la mitad de la plastilina ¿como quedará la posición de la percha?**. **PXE.** Si es necesario se puede proseguir modificando la porción de plastilina colgada, si

bien una de las porciones será doble que la original dando lugar a la **cuestión 2.b. Si ponemos el doble ¿como quedará la posición de la percha al colgarla?**, para finalizar con la **cuestión 2.c. ¿Como quedará el alambre si quitamos toda la plastilina?**. **PXE.**

2. Manteniendo la porción inicial de plastilina en el extremo del alambre, se añade aproximadamente una porción doble en el vértice del alambre desocupado indicándose con la **cuestión 2.d) vamos a añadir un trozo de plastilina aquí, dibuja como quedará cuando se cuelge.** **PXE.** Después, modificando la porción añadida se entra en fase **SCL**, procurando que una de las situaciones se de cuando dicha porción sea igual que la del extremo, (**cuestión 2.e. y si pongo una cantidad igual ¿cómo quedaría la percha al colgarla?**) con lo se consigue la horizontalidad del alambre. Otra situación se obtendrá quitando toda la porción antes añadida, (**Cuestión 2.f. si quitamos la plastilina que hemos puesto ¿cómo quedará la percha al colgarla?**) para ver si utiliza capacidades relacionadas con la reversibilidad.

4.2.4 INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 3

1. Esta tarea gira alrededor de un sólo objeto: **el micro**, sobre el que se realizan tres tipos de variaciones:

la primera de ellas, sobre el ángulo de inclinación de la porción de alambre que soporta la plastilina;

la segunda, sobre su forma y,

la tercera, se refiere a los distintos puntos de sujeción de la plastilina en el alambre.

En toda esta diversidad de situaciones, la cuestión siempre se centra en la posición límite que debe adoptar la plastilina para que no caiga, de modo que una pequeña alteración de uno de los factores antes señalados provocaría la caída.

2. Inicialmente, el micro tiene la plastilina en forma redonda, estando el alambre que la sujeta inclinado a la derecha del entrevistado (ver fig. 6 y tarea 3 del anexo 2). Se inicia la conversación con la **cuestión 3.a. ¿cuánto se puede inclinar el alambre hacia la derecha sin que se caiga la bola?**. **PXE y EME.** La misma cuestión intentándolo en dirección opuesta (**cuestión 3.b**) y para un lateral (**cuestión 3.c**). En ambos casos se hace volver la plastilina a su posición inicial. Al comienzo de cada cuestión la proyección de la parte superior del alambre debe caer aproximadamente en el centro de la base del micro. Cada cuestión acaba con la misma dinámica: **PXE y EME.**

3. Se saca la bola de plastilina del alambre y, ante la presencia del entrevistado, se alarga y se vuelve a pinchar horizontalmente por el centro, planteando la **cuestión 3.d. ¿cuánto se puede inclinar el alambre hacia la derecha sin que se caiga la plastilina?**. **PXE y EME.** Del mismo modo, se plantea la cuestión anterior alargando y



pinchando la plastilina a 1/4 (**cuestión 3.e**) de su longitud. Después, manteniendo la posición del alambre respecto a la plastilina (1/4) se gira 90° hasta ponerla vertical (**cuestión 3.f**). **PXE y EME**. Si el sujeto comprende la relación entre el centro de masas y el plano de sustentación, no es necesario ser reiterativo y se pueden omitir las secuencias PXE y EME.

4.2.5 INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 4

1. Se le entrega el balancín para que lo sopesa pero sin permitirle que lo apoye, ya que obtendría unos datos empíricos que le valdrían para acercarse a la respuesta correcta sin utilizar sus propios esquemas cognoscitivos. Una vez que ha observado y manipulado el balancín, se le plantea la primera cuestión referida a distintas posiciones del bipeso (ver fig. 7 y tarea 4 del anexo 2): **cuestión 4.a. ¿hay alguna posición del balancín que se quede en equilibrio o se caerá en todas?. SCL**. Si el sujeto opta por posiciones que no son de equilibrio, una estrategia aconsejable es experimentar con esa posición para hacerle ver que no es posible el equilibrio, después, para hacerle tambalear sus esquemas originales se ensaya la posición correcta y se le vuelven a pedir nuevas explicaciones a fin de observar como integra los nuevos datos empíricos. Si ha optado por la correcta se le piden explicaciones de su elección y se le señala la posibilidad de que otras opciones queden en equilibrio. En cualquier caso, se hace el experimento para la posición correcta, solicitando nuevas explicaciones.

2. Después de presentar la posición correcta se le plantea la **cuestión 4.b. fijándose en la posición del balancín que no cae ¿de qué depende que se quede en equilibrio?. SCL**. Es importante no deslizar pistas sobre la situación de centro de masas. Lo importante es comprobar, ante la ausencia de este esquema, los factores que utiliza el sujeto para explicar el equilibrio. Si se invoca la inclinación, se lleva a cabo la **cuestión 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?, mientras se le informa, se abren los alambres de modo que la línea que une las dos plastilinas pase ligeramente por encima del punto de apoyo, lo que será suficiente para que el balancín caiga cuando se apoye de nuevo. PXE**.

3. Tanto si habla o no del peso, cuando se hayan agotado otros recursos se le plantea la **cuestión 4.d. Sobre la posición de equilibrio ¿qué pasaría si pusiéramos más peso en las bolas? PXE**. La misma cuestión poniendo en juego menos peso utilizando la secuencia **PXE**. Se continúa con la **cuestión 4.e. posición de equilibrio. Y si quitamos las dos bolas ¿quedan en equilibrio los alambres? PXE**.

4. Finalmente si el sujeto no está orientado sobre la respuesta correcta, lo cual es normal, se le sugiere la **cuestión 4.f. Posición de equilibrio**.

Observa como están las bolas y el punto donde de apoya el balancín ¿hay alguna relación entre las bolas y dicho punto?. SCL y EME.

4.2.6 INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 5

1. Se presentan al entrevistado los bloques mostrándo que hay algunos que se caen, mientras otros no lo hacen, que la inclinación se consigue sólo por una de las bases, mientras que por la otra quedan en vertical. Se debe familiarizar con la letra que tiene asignada cada bloque, asociando ésta a sus características, así la A es larga, fina y de madera de pino, la I es larga, gruesa y de pino y la E es mediana, fina y de balsa, sin que esta asociación deba ser exhaustiva. A la vez el sujeto debe saber que los bloques se dividen, en cuanto a su longitud, en largos, medianos y cortos, respecto a la inclinación, hay más y menos inclinados, según el grosor, hay finos y gruesos y en cuanto al material los bloques pueden ser de madera de pino o de balsa. Se ejemplifica cada uno de los factores.

2. Se inicia la conversación con la **cuestión 5.a. se toman los bloques A e F y se prueban (A cae y F no) ¿se puede decir, en vista a esto, que la longitud influye en la caída?. Al sujeto le cuesta entender este argumento, por lo que hay que cerciorarse que antes de su respuesta lo ha comprendido bien y, sobre todo, que está respondiendo a lo que se pretende. SCL**.

3. Cuestión 5.b. ponemos los bloques A y B, vemos que cae el más alto, ¿qué otros pares permiten demostrar que la longitud influye en la caída?. **PXE**. Se puede responder ayudándose de manipulaciones, pero sin dar ningún tipo de sugerencia, tan sólo la inicial que debe quedar bien clara, incluso comprobando que el niño ha entendido lo que se pretende. No es necesario SCL.

4. Cuestión 5.c. ¿cómo se puede comprobar si el material influye en la caída de los bloques? Nuevamente se presenta otra pregunta que con frecuencia no es comprendida a la primera, por lo que requerirá un tiempo, procurando no inducirle a utilizar determinados pares de bloques. **SCL**.

5. Cuestión 5.d. ¿Cómo sería el bloque que más fácilmente cae?. Da una explicación precisa de tu respuesta. Aquí la dificultad reside en que entienda el término "más fácilmente"; se puede dar una explicación alternativa indicando que sería un bloque, no necesariamente de los que tiene delante, que al probarlo caería antes que ninguno. La respuesta correcta debe establecerse en la siguiente dirección: sería un bloque largo (o el más largo), fino (o el más fino) y más inclinado. No es necesaria la SCL.

6. Hasta ahora las cuestiones presentadas iban dirigidas a activar sobre todo su capacidad operatoria, las siguientes se centrarán primordialmente en las causas físicas que hacen que unos bloques se caigan y otros no. Se observará que el tratamiento de la



conversación libre difiere del que se ha llevado a cabo en las cuatro cuestiones anteriores, sobre todo en lo que respecta a la manipulación que en esta fase de la tarea se va a utilizar con frecuencia.

7. Después de realizar bastantes pruebas en las cuestiones anteriores, no es necesario hacer otras nuevas para plantear la **cuestión 5.e. ¿Por qué se caen unos bloques y otros no, estando todos inclinados?** Se ha incluido al final de la cuestión el término "inclinados", ya que en el primer cuestionario se daba esta respuesta con frecuencia, lo que realmente se pretende es que den argumentos físicos como que en unos sobresale el peso más que en otros, por lo tanto hay que dirigir la **SCL** por ese camino.

8. Se toma un bloque cualquiera y se coloca verticalmente por su base no inclinada, con la ayuda de un folio se inclina el bloque un poco metiéndolo a modo de cuña por un lado de su base, después realizamos la misma operación con el folio doblado una vez con lo que se consigue que el bloque esté más inclinado; se repite la operación haciendo más dobleces hasta que el bloque caiga. A la vez que hacemos esto se le plantea la **cuestión 5.f. observa como el bloque se va inclinando poco a poco hasta que llega un momento en que se cae ¿por qué lo hace justo en ese momento? SCL.** Si en el curso de la conversación el sujeto no evoca el peso, habrá que insinuárselo del siguiente modo: **cuestión 5.g. en el momento de la caída del bloque ¿tiene algo que ver el peso del bloque? EME**

9. Cuestión 5.h. Probamos C y E y caen, después D y F y no caen ¿por qué no importa el material con que está hecho el bloque para que este caiga o no? Esta cuestión es la contrapartida física de la **5.c** que sería la puramente operatoria. Se intenta aquí que analice las causas físicas que explican este comportamiento de los bloques y en esa dirección se debe enfocar la **SCL**. Para insistir sobre este particular se le plantea la **cuestión 5.i. vemos que los bloques D y F no caen. Si añadimos un bloque K encima de D, éste no cae, pero al añadirlo a F sí ¿sabrías explicar a que se debe esto? EME.**

10. A fin de obligarlos a analizar el papel de la base inclinada se plantea la **cuestión 5.j. ¿Hay algún modo de dejar recto el bloque A? ¿y dejar verticales el bloque A y B, uno encima del otro? EME.** Si es necesario utilizar el nivel para que comprueben la verticalidad.

4.2.7 INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 6

1. Esta tarea difiere de las demás en que **no se desarrolla mediante SCL**, sólo requiere manipulaciones de objetos para conseguir la construcción de composiciones de equilibrio. Negar la expresión verbal del sujeto sería una limitación absurda de la tarea, por lo que serán registrados tantos los comentarios espontáneos que éste haga, como la respuesta a cualquier pregunta para aclarar algún procedimiento

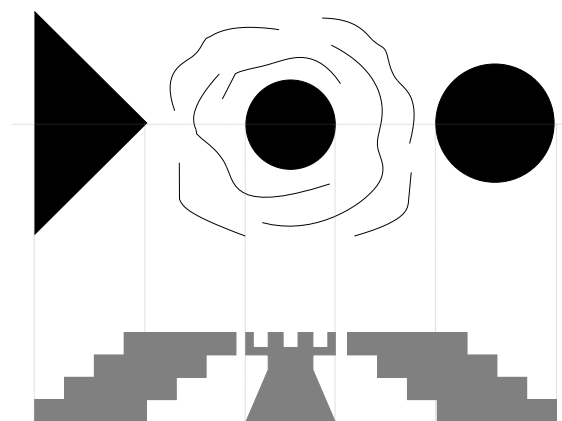


Fig. 10: Disposición de las escaleras

manipulativo. Si no se utiliza una cámara de video, el entrevistador, mientras el sujeto está realizando su composición, debe ir anotando el número de tanteos que lleva a cabo en cada disposición de equilibrio y, si en el intento se centra en distribuciones másicas que llevan al equilibrio, o por el contrario, dicho equilibrio es imposible o muy difícil. Estas apreciaciones pueden parecer difíciles de evaluar y registrar, sin embargo no lo son tanto, como se ha tenido ocasión de comprobar en el primer cuestionario.

2. La primera cuestión (**cuestión 6.a**) se presenta a través de un breve cuento que cumple la misión de exponer lo que hay que hacer: se dispone de 8 piezas de madera, un grupo de 4 círculos iguales entre sí y otro grupo de 4 triángulos también iguales, se trata de ver que grupo es mejor para acceder al "trono del rey" situado a una cierta altura, en el centro de una pequeña isla, para lo cual es necesario realizar una escaleras con cada grupo de piezas (sin mezclarlas), de modo que la pieza más alta quede lo más cerca posible del "trono" (véase fig. 9).

El entrevistador deberá cerciorarse de que el sujeto ha comprendido bien la cuestión antes de que comience a manipular los objetos. Una pregunta casi obligada en el momento en que haya terminado es relativa a **los motivos y fundamentos que ha utilizado mentalmente para crear la presente situación de equilibrio**. Finalmente debe dibujar las dos torres realizadas, si tiene dificultad para ello las puede trazar en perfil ya que lo que interesa es la relación entre piezas.

3. La segunda cuestión (**cuestión 6.b**) trata sobre la creación de equilibrios con un muñeco articulable. La consigna es poner al muñeco en una posición de equilibrio difícil, si es posible apoyándose en un solo pie o en una mano, de modo que no se caiga. Después de crear una posición de equilibrio, debe dibujarlo a fin de ver algunos aspectos relativos a la conceptualización del equilibrio logrado. Finalizado esto, debe realizar uno nuevo "si es



posible más difícil que el anterior", dibujándolo seguidamente. La pregunta que se ha hecho en la cuestión 6.a se hará aquí también con el propósito de que el entrevistado explique el criterio seguido para compensar las masas alrededor del eje de equilibrio. La cuestión importante es comprobar si el sujeto reintenta una y otra vez distribuciones que ya de entrada son erróneas, o por el contrario trata de distribuir las masas adecuadamente.

4.2.8 INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 7

1. Se trata de una combinación de experimentos piagetianos: el de conservación de la cantidad de sustancia, peso y volumen (Piaget, 1971, pp 33-108) y el de disociación de peso y volumen (Piaget, 1971, pp 257-265). Es la primera tarea, sobre dos, **cuyo propósito es determinar la capacidad operativa del sujeto.**

2. Después que el entrevistado ha admitido la igualdad de dos trozos esféricos de plastilina se le da a uno de ellos forma alargada, se plantea la **cuestión 7.a. se alarga uno de los trozos ¿tienen los dos la misma cantidad de plastilina?. SCL.** Si los dos trozos iniciales no los ve iguales, se añaden porciones pequeñas a la que considere menor hasta que admita la igualdad, ya que es fundamental partir de ésta. En el curso de la conversación, se puede cambiar la forma de la plastilina ya deformada, a su forma inicial, a forma aplanada, en trocitos, etc. En cualquier momento el niño puede manipular la plastilina ordenando la conversación con la secuencia **EME.**

3. En cada uno de los ganchos que penden de los extremos de una balanza se colocan sendos trozos de plastilina con forma esférica, de modo que el fiel indique la igualdad de peso de ambos, después se le da forma alargada a uno de los trozos, introduciendo entonces la **cuestión 7.c. alargamos uno de los trozos ¿quedará la balanza equilibrada al poner los dos trozos o se inclinará a un lado?. SCL.** Se utilizan las mismas estrategias que para la cuestión anterior. El niño podrá manipular la plastilina y la balanza, pero es necesario que antes realice sus previsiones, por tanto se aplicarán en primer lugar los procedimientos **PXE** y después los **EME.**

4. Se toman dos vasos delgados, pero suficientemente anchos como para que los trozos de plastilina lleguen hasta el fondo en cualquiera de sus formas, se les echa agua hasta $1/2$ ó $2/3$ de la altura de los vasos, de modo que los niveles estén igualados. Volvemos a poner los dos trozos de plastilina con forma de bola y después de que haya admitido la igualdad de los mismos, y deformado uno de ellos, se plantea la **cuestión 7.e. si echamos en cada vaso un trozo ¿subirá el nivel del agua lo mismo o subirá más en uno que en otro?. PXE.** En la SCL se pueden hacer las mismas variaciones, tomando semejantes

precauciones a las indicadas en las cuestiones anteriores.

5. Sin hacer ningún tipo de experimento, pero con los dos vasos de agua presentes, se plantea la **cuestión 7.g. Supongamos que rellenamos una bola de ping-pong con plastilina y otra con bolitas de plomo, si echamos cada una en un vaso lleno hasta la mitad de agua ¿subirán lo mismo los dos niveles de agua?, y la cuestión 7.h. Tenemos dos cajas, una es un cubo cerrado que pesa 2Kg y la otra, doble que la anterior, esta llena de agua y pesa 3Kg, si metemos la pequeña en la grande ¿se hundirá o flotará?. Si es necesario, ambas preguntas se desarrollan a través de SCL.**

4.2.9 INSTRUCCIONES PARA LA TAREA 8

1. En primer lugar se presenta al sujeto el material correspondiente a esta tarea, después de enseñar la mecánica de los experimentos, metiendo por un extremo, una o varias varillas, en sus huecos correspondientes y colocando en el otro un peso a fin de doblarlas, se presenta la **cuestión 8.a. tomamos las varillas G e I y observamos que con 200g se dobla más la G ¿demuestra esto que la longitud influye en la flexibilidad?. SCL.** Comprobar que el entrevistado ha entendido la pregunta. Después se le plantearía la **cuestión 8.b. de todos los pares de varillas que puedes usar para ver el efecto de la longitud, indica qué pares cogerías. SCL.** Se puede presentar un par como ejemplo después de su primer intento, si éste es fallido. Primero debe escribir los pares sin experimentar, después se puede dejar que manipule.

2. **Cuestión 8.c. vemos que F se dobla más que I ¿demuestra esto que la varilla de madera es más flexible que la de plástico?. SCL.** La misma sugerencia que la realizada para 8.a. **Cuestión 8.d. ¿qué pares de varillas permiten comprobar la influencia del material?. SCL.**

3. **Cuestión 8.e. B y C se doblan por igual ¿que se puede decir sobre el efecto del material?. SCL.**

4.3 Justificación de las tareas del cuestionario por los esquemas de búsqueda.

Se pretende ahora, de un modo directo, explicar el modo en que se han utilizado las orientaciones contenidas en los diferentes esquemas de búsqueda para diseñar los diversos elementos que integran el cuestionario como son:

la elección de situaciones físicas

el método interactivo situación-entrevistado

el tipo de variaciones aplicadas sobre los distintos factores que intervienen en cada situación



el modo de enfatizar las cuestiones en función de las previsiones sobre las exigencias cognoscitivas de la respuesta correcta.

4.3.1 LA UTILIDAD DE LOS ESQUEMAS GENERALES

Las sugerencias de algunos esquemas de búsqueda de propósito general están primordialmente orientadas a ser usadas en función de las respuestas de los entrevistados y para hacer una interpretación más acertada de los datos obtenidos en las entrevistas, tal es el caso de los esquemas EQB_{G5} , EQB_{G7} , EQB_{G12} , EQB_{G14} y EQB_{G15} . Así mismo, la estrategia de constataciones sucesivas dando un margen de permisividad para dar cabida a tanteos, rectificaciones, comprobaciones, etc, está contenida en los esquemas EQB_{G8} y EQB_{G10} , y es aplicada sistemáticamente en todas las cuestiones con alguna secuencia **EI**.

El carácter no específico de los esquemas de búsqueda de propósito general con sugerencias relativas al cuestionario, hace que se hayan aplicado principalmente en su diseño global, por lo que están presentes en la mayoría de las tareas y, algunos de ellos, en todas, veámoslo:

1. La sugerencia de tener en cuenta, además de la expresión verbal del entrevistado, su expresión gráfica y sensomotora, tanto en la resolución de algunas cuestiones, como en su habilidad para crear equilibrios difíciles (EQB_{G2} y EQB_{G13}) aparece en todas las tareas, por ejemplo, en la T1 ha de realizar dibujos para prever la posición en la que quedarán los distintos objetos al colgarlos, en la T3 se solicita que él mismo incline el alambre para crear situaciones límite, en la T5 debe probar sus hipótesis cogiendo pares de bloques inclinados de madera, en la T6 debe disponer las piezas que configuran un muñeco para que éste quede en equilibrio, etc.
2. Las preguntas fijas no giran alrededor de los significantes de los conceptos puestos en juego, sino que intentan que el sujeto utilice operatoriamente sus nociones para dar respuesta a las tareas que, o bien utilizan una diversidad de objetos para conseguir la misma disposición de equilibrio, o bien permiten modificar los distintos factores que intervienen en la configuración inicial, creando, en definitiva, una diversidad de situaciones que son variantes de una situación física central (EQB_{G1} , EQB_{G4} y EQB_{G3}). Por ejemplo, la T2 va

modificando el peso de plastilina puesto en el extremo del alambre, en T3 aunque se cambia la forma de la plastilina el centro de masas permanece constante, para después hacer variar éste factor pinchando la plastilina a 1/4, 2/4 y 3/4 de su longitud, en T4 se va modificando paulatinamente la inclinación de los alambres que sujetan los pesos; y en T7 y T8 se hacen las modificaciones típicas descritas en los experimentos piagetianos (Piaget e Inhelder, 1971; Inhelder y Piaget, 1972).

3. El realizar variaciones figurativas y estructurales haciendo que algún factor significativo permanezca constante en la transformación (EQB_{G9} , EQB_{G11} y en menor medida EQB_{G12}), se ha tenido en cuenta en numerosas tareas:

En la T1 la forma del alambre varía en los distintos objetos pero la bola del extremo queda siempre en la vertical trazada desde el gancho.

En la T2 a pesar de las variaciones de peso, la bola siempre se conserva en el mismo lugar.

En la T3 a pesar de las variaciones de forma de la plastilina, la situación límite de equilibrio se establece siempre por la relación entre el centro de masas y el borde de la base.

En la T7, mediante el típico experimento piagetiano sobre la conservación de la cantidad de materia, peso y volumen.

4.3.2 OTROS ESQUEMAS NO GENERALES DE AMPLIA APLICABILIDAD

También existen otros esquemas no pertenecientes a la categoría de generales, cuya aplicación se realiza sobre la mayoría de las tareas, como el EQB_{H1} relativo a la diferenciación de los distintos elementos cognoscitivos a través de una diversificación de situaciones físicas que consigue su propósito con la combinación adecuada, generalmente por pares, de las distintas tareas; el EQB_{H4} que señala la posibilidad de capacidad transformadora del sujeto ante la ausencia de capacidad operatoria ya que todas las tareas, excepto la T4, consideran de partida una situación inicial que se transforma en una final; el EQB_{C1} que indica que en ausencia elementos



transformadores cognoscitivos, prevalece el aspecto figurativo de la tarea planteada; y los EQB_{C7} y EQB_{C8} relativos a la noción de verticalidad que por ser un aspecto central de esta investigación están presentes en las seis primeras tareas, ya que las dos restantes, la T7 y T8, van dirigidas a medir el nivel operatorio del entrevistado.

4.3.3 TAREAS ESPECÍFICAS DE UNA SERIE DE ESQUEMAS DE BÚSQUEDA

Algunas tareas están diseñadas específicamente para tratar las cuestiones planteadas en ciertos esquemas, estas son:

1. La T2 que además de evaluar la capacidad transformadora del sujeto, estudiando su dependencia con los dos elementos transformadores -operaciones mentales y cognofísicos- (EQB_{H1}, EQB_{H2}, EQB_{H3} y EQB_{H4}), intenta analizar la relación de algunas nociones físicas, como la de fuerza, con la verticalidad (EQB_{C3}), la reacción ante una acción (EQB_{C4}), la composición de fuerzas (EQB_{C5}) y el efecto de una fuerza cuando media una distancia (EQB_{C6}).
2. La T6 que intenta precisar la influencia de los esquemas de acción en las respuestas de los alumnos (EQB_{G5}, EQB_{H6} y EQB_{C2}).

4.3.4 COMBINACIONES DE TAREAS PARA CUBRIR LOS PROPÓSITOS DE LOS ESQUEMAS DE BÚSQUEDA

Lo normal es que las sugerencias de un esquema de búsqueda estén atendidas por la combinación de varias tareas, veámoslo:

1. La combinación de T1 y T3 contrasta la conservación de la verticalidad desde dos perspectivas físicas que en trabajos anteriores han mostrado ser diferentes: las acciones de suspender y sostener, a su vez, estas dos tareas junto con la T7 permiten poner en juego diferentes variables físicas con una misma operatoria: la conservación. Esta misma estrategia se desarrolla con la combinación de T5 y T8, donde con idéntica operatoria propia del nivel formal (el control de variables) e idénticas las variables independientes que se ponen en juego: longitud, grosor y material, se utiliza una variable física dependiente bien diferente en cada caso, en T5 el factor significativo es el equilibrio del bloque inclinado y en T8 es la flexibilidad de la varilla (EQB_{H2} y EQB_{H6}).
2. La combinación de la T3 y T5 permite analizar la influencia de la operatoria (la

reversibilidad, característica del nivel concreto y el control de variables, propio del formal) del sujeto cuando se pone en juego la misma variable física: la verticalidad por sujeción (EQB_{H1} y EQB_{H3}).

3. Combinando los resultados de la T6 con aquellos obtenidos en las cinco primeras se intentará responder a la cuestión planteada en el EQB_{H7}: aquellos sujetos que presentan una capacidad sensomotriz alta para realizar equilibrios difíciles ¿son los mismos que presentan ideas de verticalidad más cercanas a la concepción correcta? y si esto es así, ¿qué elemento cognoscitivo es predominante en el esquema explicativo?
4. La utilización de dos tareas adicionales, la T7 y T8 para medir el nivel operacional se debe sobre todo a las sugerencias dadas en el EQB_{H3} que indica la necesidad de realizar una categorización de los esquemas explicativos según el nivel operacional del sujeto que los utiliza, a fin de analizar el grado de homogeneidad de respuestas pertenecientes a un mismo nivel, así como las diferencias entre niveles.
5. Experimentos piagetianos (Piaget y García, 1973, p.41) muestran la precocidad de sujetos preoperatorios, para prever la caída de una regla cuando sobresale más de la mitad. Sin embargo, en T1, T2 y T3, el equilibrio presupone dividir formalmente el objeto extenso en partes, bien por la vertical trazada desde el gancho, si el objeto está suspendido, o bien por la trazada desde el borde más saliente, si el objeto está apoyado, para decidir que la posición de equilibrio es aquella en la que la vertical pasa por el centro de masas. La consecución de la respuesta correcta depende del trazo de esta línea ¿cuánto se retrasará la división del objeto en dos partes iguales cuando media tener que aplicarla con la noción de verticalidad? (EQB_{H6}).
6. La T4 es, en cuanto a la exigencias para dar la respuesta correcta, estructuralmente semejante a la T1 y T3, sin embargo, mientras el centro de masas en estas dos últimas tareas es relativamente fácil de intuir, ya que coincide con el centro geométrico de la bola que cuelga, en la T4 se encuentra situado en un punto imaginario entre las dos masas, lo que supone un elemento distractor. En tal caso, los individuos que dan respuestas satisfactorias en T1 y T3 ¿las darán en T4? ¿mantendrán sus



TABLA II: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MUESTRA

Nº	Seudónimo	Edad	Nivel de estudios	Sexo	Nivel A	Nivel B	Nivel C	R.A.C.
1	Luk	19,4	2ºM (LETRAS)	M	2B	3B	3	96
34	Man	18,4	COU	F	3A	3B	3B	95
9	Sim	20,2	2ºM (CIENCIAS)	M	3A	3A	2B	92
8	Gal	19,6	1ºM (CIENCIAS)	M	3A	3A	3B	92
3	Mer	13,8	8º E.G.B	F	3B	3B	3B	90
32	Ter	21,8	3ºM (CIENCIAS)	F	3A	3A	3B	88
36	Dal	15,4	2º de MEDIAS	M	3A	2B	3A	83
24	Lis	12,4	7º de E.G.B	M	3B	3A	3B	81
5	Gon	20,5	2ºM (LETRAS)	M	2B	3A	2B	81
30	Fin	20,2	2ºM (CIENCIAS)	F	3A	3A	3A	79
33	Per	18,4	COU	M	2B	3A	3B	77
39	Zip	15,2	1º de MEDIAS	M	3A	2B	2B	75
29	Fan	19,7	1ºM (CIENCIAS)	M	3A	3B	3B	74
40	Rev	15,0	1º de MEDIAS	F	3A	3A	3B	72
25	Cin	14,8	8º de E.G.B	M	2B	3A	3A	69
37	Mif	17,1	3º de MEDIAS	F	3A	2B	2B	67
27	Pin	15,0	8º de E.G.B	F	2B	2B	2B	65
31	Des	21,0	3ºM (CIENCIAS)	F	2B	2B	2B	64
22	Rom	11,7	6º de E.G.B	M	3A	2B	2B	62
35	Gen	18,0	3º de MEDIAS	M	2B	2B	2B	58
15	Nor	10,7	5º de E.G.B	M	3A	2B	2B	53
16	Kin	9,2	3º de E.G.B	M	3A	2B	2B	47
38	Fel	16,5	2º de MEDIAS	F	2B	3A	3A	47
2	Car	24,1	5º PSICOLOGIA	F	3A	3A	3	47
6	Ser	8,3	3º de E.G.B	M	2B	2B	2B	43
4	Ton	10,9	5º de E.G.B	M	1B	2B	2B	42
12	Rez	9,4	4º de E.G.B	F	3A	2B	2B	42
23	Pat	13,2	7º de E.G.B	F	2B	2B	2B	41
20	Ner	8,0	2º de E.G.B	M	1B	2B	2B	39
11	Cis	10,0	4º de E.G.B	M	2A	2B	2B	39
7	Nic	7,8	2º de E.G.B	M	2A	2B	2B	38
21	Ram	12,0	6º de E.G.B	M	1B	2B	2B	35
14	Van	8,5	3º de E.G.B	M	2A	2B	2B	34
10	Her	9,8	4º de E.G.B	M	1B	2B	2B	34
18	Bed	8,4	3º de E.G.B	F	1B	2B	2B	31
13	Lid	9,6	4º de E.G.B	F	2B	2B	2B	28
28	Lil	7,0	1º de E.G.B	M	1B	2B	2B	26
17	Len	10,7	5º de E.G.B	F	2A	2B	2B	26
19	Lor	7,3	2º de E.G.B	M	3A	2B	2B	24
26	Pek	6,6	1º de E.G.B	M	1B	2B	2B	19

esquemas explicativos? o por el contrario, ¿seguirán la tendencia que les marca los factores figurativos? ¿qué esquemas utilizarán a falta de imaginar la posición del centro de masas? (EQB_{H1} , EQB_{H2} , EQB_{C1} , y posiblemente, dependiendo del tipo de respuestas, EQB_{H6} , entre otros)

7. ¿Serán capaces los sujetos preoperatorios, determinados por T7 y T8, de prever el estado final de las transformaciones de la T2 ó T3? (EQB_{H4} y presumiblemente EQB_{H5})

Se podrían establecer otras combinaciones de saber a priori el contenido físico, operatorio y figurativo de los esquemas explicativos, sin embargo habrá que esperar a la recogida de datos para dilucidarlas. Los esquemas de búsqueda sólo permiten prever combinaciones y direcciones de indagación hasta cierto punto:

tal es el límite de cualquier investigación diseñada bajo un proceso hipotético-deductivo.

5 Muestra y administración del cuestionario Se trata de describir las características más significativas de los sujetos entrevistados y las condiciones ambientales, temporales y técnicas en que se desarrolló la administración del cuestionario, a fin de tener una referencia material y espacio-temporal de esta fase de la investigación.

5.1 Características de la muestra

Puesto que uno de los objetivos de este trabajo es tratar de reconstruir la génesis de las ideas relativas a situaciones de equilibrio mecánico, la muestra necesariamente debería abarcar un rango de edades amplio, por esto se han tomado sujetos desde 1º de Educación Primaria



con 6 años hasta estudiantes universitarios con edades de hasta 24 años. En general, se ha procurado tomar un mínimo de dos sujetos por nivel de estudios.

En la **tabla II** se presentan los sujetos siguiendo el orden en que se realizó la entrevista (a ninguno de estos individuos se les administró el primer cuestionario) y en la columna 2 se diferencia cada sujeto entrevistado con 3 letras (consonante-vocal-consonante) a modo de seudónimo para proteger su identidad. En las columnas 3, 4 y 5 se indican la edad, nivel de estudios y sexo de cada sujeto.

Por otro lado, el diseño de esta investigación, las direcciones apuntadas por los esquemas de búsqueda y las hipótesis a contrastar, imponen que la muestra contenga una representación significativa de sujetos de cada uno de los niveles del desarrollo cognoscitivo. Por esto en las columnas 6, 7 y 8 se ha puesto el nivel cognoscitivo de cada entrevistado según diversas pruebas ya descritas en las tareas 5, 7 y 8. La falta de una correlación alta entre estas tres columnas denota algo que se pretende defender: el rendimiento en pruebas para medir el nivel operatorio depende también del contenido puesto en juego. La nomenclatura utilizada se puede ver en la **tabla III**.

TABLA III: Niveles cognoscitivos	
1B	Nivel preoperacional
2A	Comienzos de operaciones concretas
2B	Por debajo de 2º periodo concreto
2B	2º periodo de operaciones concretas
3A	Comienzo de operaciones formales
3B	Operaciones formales avanzadas

Finalmente, a modo de referencia, se incluye en la última columna el rendimiento absoluto de cada sujeto en el cuestionario (**R.A.C**) y se ha creído más significativo ordenar la presentación de los individuos por esta variable, mejor que por el orden de entrevista que es menos relevante.

En cuanto al tamaño de la muestra -40-, se puede justificar si se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

1. En la técnica de entrevista individuales no se pueden tomar muestras con un número elevado de entrevistados ya que, como habrá ocasión de comprobar más adelante, cada sujeto aporta tal cantidad de información que es casi imposible coordinar tantos datos a la hora de obtener conclusiones, aunque éstos se reduzcan mediante un proceso de categorización en un 30%. Otros autores (Villani y Orquiza, 1993) al utilizar la

técnica de entrevista individual suelen trabajar con menos de una decena de alumnos.

2. Existe de cada nivel cognoscitivo una representación significativa y suficiente de sujetos (ver tabla II).
3. Cada una de las agrupaciones categoriales está cubierta por un número de casos suficiente y representativo, a la vez que entre las categorías más sencillas y las más cercanas a lo correcto hay una buena gama de matices (entre 5 y 8) que no parecen sugerir la necesidad de ampliar la muestra.

Aunque es una apreciación intuitiva, decir que la sensación de repetitividad (las respuestas ya habían sido dadas con anterioridad) a partir de la entrevista nº 30 era evidente. Todo ello llevó a considerar que 40 sujetos era un número más que suficiente para cubrir los objetivos del trabajo. En el § 6.3.4 se vuelve a justificar el número de sujetos que integran la muestra en base a los datos empíricos obtenidos.

5.2 Condiciones físicas en la administración del cuestionario

El desarrollo de la entrevista siempre se llevaba a cabo con el mismo material experimental e instrumentos de registro: por un lado, una caja con todo el material descrito en el § 4.4.1 y, por otro, una cámara de video con micrófono externo que, conectada directamente a un video, registraba sonido e imagen de cada una de las entrevistas. Todas las entrevistas han sido realizadas por el mismo entrevistador.

La administración del cuestionario se desarrolló en tres escenarios diferentes:

1. Para las entrevistas de los alumnos de E.G.B se utilizó la pequeña aula de audiovisuales (aproximadamente 2m x 3m) del colegio público "Adela Díaz" (Almería), frente a la cámara a 1 metro aproximadamente de distancia se colocaban entrevistado y entrevistador sentados frente a dos mesas, una para el material y la otra para que el sujeto entrevistado operara con él.
2. Las entrevistas con los alumnos de enseñanzas medias se desarrollaron en el laboratorio de Física del Instituto público "Mar de Alboran" (Almería) en circunstancias de grabación semejantes a las del anterior colegio, aunque al ser un espacio más abierto, había una pequeña reverberancia en el sonido.
3. El resto de los entrevistados, alumnos universitarios y algunos que cursan



estudios de E.G.B, realizaron la entrevista en un local de características semejantes a las señaladas anteriormente, donde las condiciones eran óptimas para la buena administración del cuestionario.

5.3 Grabación y transcripción de las entrevistas

Finalizada la grabación de las entrevistas se comenzó con la transcripción escrita de la imagen (expresiones, indicaciones, manipulaciones, movimientos y espacios de silencio) y el sonido, a fin de poder realizar un análisis detallado de los datos, sin las limitaciones que impone la ordenación secuencial de los datos grabados.

En la transcripción escrita se utilizaron una serie de limitadores sintácticos a fin de poder reflejar lo más claramente posible toda la información grabada en imagen y sonido, y que se exponen a continuación:

1. "- ", se utilizan los guiones para exponer las explicaciones del sujeto referidas a las preguntas del entrevistador siguiendo la técnica **EI**. El texto que hay entre guiones se resalta con *cursiva*.
2. "[]", sirve para realizar aclaraciones dentro de guiones, es decir, cuando el sujeto da explicaciones, que pueden ser relativas a los objetos de la situación física en curso, al comportamiento de estos o a algún tipo de comentario sobre alguna conducta peculiar del propio entrevistado.
3. "¿ ?", pregunta del entrevistador que inicia un apartado determinado de la entrevista.
4. "[¿ ?]", pregunta del entrevistador dependiente de alguna pregunta del entrevistado en el curso de la conversación y por tanto situada en el interior de los guiones.
5. "...", sirve para indicar que el sujeto se ha tomado un tiempo superior al normal para responder o se encuentra sumergido en dudas y tiene dificultades para hacerlo.
6. "[+] ó [-]", se utilizan para indicar de un modo breve que, realizado el experimento del ítem que en ese momento se está desarrollando, el resultado coincide con lo que ha previsto el sujeto o por el contrario que ha errado.

5.4 Algunos ejemplos representativos de entrevistas transcritas

Se han seleccionado las transcripciones de tres entrevistas, pues a pesar que son los datos directos dados por los sujetos, resulta interesante apreciar cómo se han reflejado por escrito dichos datos: cómo se matizan otras expresiones distintas a las verbales, qué otras preguntas se han realizado durante la entrevista, diferentes a las iniciales y cómo se han categorizado cada grupo de datos homogéneos o que persiguen una misma idea. Se ha procurado que estos tres sujetos, cuyas entrevistas se presentan en el anexo 3,

representen distintos niveles de respuestas: el nivel bajo está representado por Ram, el nivel medio por Nor y el nivel alto por Lis.

6Categorización de los datos de las entrevistasEl paso siguiente en el tratamiento de los datos obtenidos, a través de las entrevistas individuales, fue realizar un proceso de categorización de las respuestas, lo que conllevaba otros procesos menores como el de resumir, resaltar lo más significativo y repetible, remarcar regularidades y abstraer tendencias, características y explicaciones comunes de los datos.

El objetivo que pretende el proceso de categorización de datos es básicamente:

Hacer operativa una información extensa, que inicialmente es como un caos que no desemboca en ningún tipo de sugerencia o conclusión.

Hacer comparaciones, lo más objetivas posibles, entre las distintas tareas y así poder contrastar las hipótesis de este trabajo.

Construir un sistema de datos significativos, resumidos y ordenados que haga menos compleja la obtención de conclusiones.

Las categorías se han ido construyendo sistemáticamente en base a una dinámica interactiva entre los esquemas de búsqueda y las propias respuestas de los entrevistados, de modo que las categorías recojan el máximo de datos pertenecientes a sus respuestas a fin de que sean representativas de éstas y, a la vez, sintetizar la información a fin de hacerla operativa.

En este punto se presenta un problema sobre la extensión de cada categoría: si es muy concreta, tiene la ventaja de recoger mucha información, por el contrario, obtenemos un número tan grande de categorías que el objetivo de sintetizar información se diluye. Por otro lado, si las hacemos demasiado genéricas, se pierde mucha información pero se gana en operatividad. Lo justo sería un término medio donde las **mínimas categorías recojan el máximo de información**. Todo ello supone un equilibrio entre la comprensión y la extensión de cada categoría.

En la práctica se optó, de un modo progresivo, por realizar la categorización de modo que reflejará las respuestas de los encuestados lo más fielmente posible, lo que llevó a definir en cada tarea un sujeto por cada categoría y, consecuentemente, a obtener un gran número de ellas, y así se desarrollaron dos niveles de categorización, uno de **nivel bajo** cercano al dato



observado y otro de **nivel medio** mediante la agrupación del primero por sus analogías y diferencias.

Dentro del **sistema de clasificación jerarquizado** de las respuestas del sujeto a las tareas, se distinguen por orden de abstracción:

1. La **categorización** de bajo nivel de las respuestas del sujeto a un determinado conjunto de ítems que persiguen un mismo objetivo de búsqueda.
2. Un proceso clasificatorio consistente en realizar agrupamientos de categorías con características semejantes y, a la vez, que presenten connotaciones que las diferencien de las categorías de otros grupos, a los que se denominan **grupos taxonómicos**. El criterio para configurar cada agrupamiento debe establecer una jerarquía entre los distintos grupos taxonómicos.

La formación de categorías parte de la serie de respuestas obtenidas por un ítem o conjunto de ítems pertenecientes a una determinada tarea que intentan obtener una información semejante o complementaria en el entrevistado, a los que denominaremos **agrupamiento de ítems de propósito común (APC)**.

Las reacciones de los entrevistados a un APC constituyen la base sobre la que se aplican los distintos procesos de categorización, cuyo producto jerarquizado mediante los **grupos taxonómicos**, configura un **módulo categorial (MC)**. Así pues, a cada APC le corresponde un MC, pero mientras el primero se refiere a un conjunto de cuestiones, el segundo se refiere a una secuencia de categorías.

En las tareas 6, 7 y 8, el APC coincide con el de la propia tarea, pero lo más frecuente es encontrar varios APC en cada una de ellas, por ejemplo, la tarea 1 contiene 5 APC constituidos por los ítems [1.a, 1.b, 1.c, 1.d y 1.e], [1.f, 1.g, 1.h, 1.i y 1.l], [1.j y 1.k], [1.m] y [1.n]. Dichos APC, si bien estaban perfilados antes de realizar las entrevistas individuales a través de los esquemas de búsqueda, su delimitación definitiva se realizó en función de la dirección, naturaleza y calidad de las respuestas de los entrevistados; por esta razón los **MC** se han ido configurando paulatinamente conforme se han ido analizando los datos obtenidos en las entrevistas, de modo que los esquemas de partida, han ido evolucionando para adaptarse a los resultados, en un proceso interactivo entre la estructura creada y los nuevos datos, entre proceso deductivo e inductivo.

En este proceso interactivo se han producido momentos de verdadera crisis o desequilibrio, como el que hizo necesario replantear todo el

sistema taxonómico, ya que las categorías de los 9 primeros encuestados presentaban más tendencia a interpretar y generalizar los datos

TABLA IV: SISTEMA DE CATEGORÍAS JERARQUIZADO									
TAREA i									
Módulo categorial i.1				Módulo categorial i.2				...	
Grupo taxonómico				Grupo taxonómico				...	
i.1.1				i.2.1				...	
C1	C2	..Cj		C1	..Cj			...	
Grupo taxonómico				Grupo taxonómico				...	
i.1.2				i.2.2				...	
C1	C2	..Cj		C1	C2	C3	..Cj	...	
Grupo taxonómico				Grupo taxonómico				...	
i.1.3				i.2.3				...	
C1	C2	..Cj		C1	C2	C3	..Cj	...	
...				...				...	

que a tratar de reflejar estos lo más fiel y concretamente posible. Lo que obligó a revisar las primeras entrevistas nuevamente con criterios más específicos.

La tabla IV contiene de forma esquemática los diferentes niveles de categorización (C1, C2, C3 simbolizan las distintas categorías).

A la hora de construir las categorías se han procurado tener presentes ciertas reglas elementales de todo proceso clasificatorio:

Delimitar las categorías por connotaciones positivas, evitando, en la medida de lo posible, hacerlo por lo que el sujeto desconoce o no sabe hacer. Por ejemplo, evitar la formulación de categorías que sólo reflejan desconocimiento del alumno ante un contenido, supone tener presente que éste utiliza determinados esquemas mecánicos para asimilar fenómenos eléctricos (véase Acevedo, 1990) y, pone en juego ciertos mecanismos cognoscitivos sobre construcción de representaciones de inobservables a partir de indicios perceptivos en relación a la naturaleza corpuscular de la materia (Carretero y otros, 1992).

Las connotaciones que caracterizan a un grupo taxonómico y que lo diferencian del grupo superior e inferior deben estar fundamentadas, en la medida de lo posible, en datos observables, de modo que las semejanzas entre categorías de un grupo es notablemente mayor que entre otros.

Las diferencias entre grupos, además de ser observables, se establecen con un criterio jerarquizante que se fundamenta más en las connotaciones comunes de las categorías pertenecientes a un grupo y en las que diferencian unos de otros,



que en la "distancia" lógica de estas respuestas a la correcta. El problema que ha surgido al llevar esto a la práctica ha sido, sobre todo, determinar sobre qué connotación o conjunto de ellas se establecía el criterio jerarquizante; en cualquier caso, cuando ha sido necesario discernir, es el contenido de las categorías el que ha determinado tomar un criterio u otro.

6.2 Procedimientos para la categorización

A lo largo de la creación del sistema clasificatorio jerarquizado, se han dado distintos procesos, unos inductivos y otros deductivos, en la creación y delimitación de las categorías y, a pesar de que en la práctica se ejecutaron de una forma interrelacionada e interactiva, formalmente se puede distinguir:

6.2.1 PROCESOS INDUCTIVOS

Se refieren a todas las tomas de decisiones sobre delimitación de categorías, valorando y ponderando la respuesta del entrevistado a través de su comparación con otras, ya sean del mismo sujeto en distintas tareas o de otros entrevistados en un determinado APC:

1. Un primer proceso inductivo que se ha dado con mucha frecuencia ha sido el de **diferenciación**, consistente en ir distinguiendo progresivamente respuestas que en un primer momento parecían semejantes en base a una nueva connotación diferenciadora a la que inicialmente no se dio mucha importancia, p.e. justo cuando se llevaba la mitad del muestreo, el contraste continuo que supone ir incorporando nuevas categorías a las ya establecidas, hizo desdoblarse el esquema "*el bloque se cae cuando el peso tira, si se mantiene, el peso sujeta*" en los dos siguientes: por un lado, el que hace referencia al "*peso del bloque sin hacer claras distinciones*" y, por otro, el que se refiere "*a que sólo tira la porción de peso que sale del plano de sujeción, siendo la porción de peso que queda dentro lo que sujeta*".
2. En ocasiones, el proceso de diferenciación consistía en añadir a una connotación otra complementaria que permitía una mejor diferenciación, en este caso se realiza una **matización**, p.e. a veces se evocaba el peso para explicar una determinada transformación, respuestas posteriores dejaban ver que en unos casos el peso era una cantidad que se refería a una determinada porción

de plastilina y, en otros, el peso tenía la connotación dinámica de acción causal.

3. Cuando existían dos categorías semejantes, pero una de ellas se establecía con connotaciones de mayor precisión, fidelidad a los datos de la entrevista, y menor ambigüedad, tras una revisión de ambas categorías, se intentaba **asimilar** a esta última la menos precisa o al menos transformarla. Por ejemplo, para la categorización relativa a las previsiones de los objetos colgados, cuya posición final propuesta no queda definida por la vertical u horizontal (tarea 1), se impuso precisar la posición según el ángulo de inclinación respecto a la horizontal, en vez de utilizar términos poco precisos como "más bajo", "cercano a la horizontal" o "próximo a la posición correcta".
4. Si dos categorías contiene las mismas connotaciones, pero una presenta un nivel de generalidad tal que incluye a la correspondiente connotación de la otra, se produce un proceso de **síntesis** de forma que en la nueva categoría predomine la connotación más inclusora.

6.2.2 PROCESOS DEDUCTIVOS

Parten de criterios clasificatorios deducidos de los **esquemas de búsqueda** y han servido para:

La toma de decisiones sobre la mayor o menor ponderación que había que dar a los datos más significativos.

Configurar determinadas regularidades en los datos.

Establecer el criterio más adecuado para trazar una determinada evolución jerárquica de los grupos taxonómicos.

Parcializar y agrupar los ítems que constituyen un determinado APC.

Por ejemplo, la importancia que posee la capacidad transformadora del sujeto a partir de un determinado estado inicial, lleva a considerar con atención el modo y el grado de transformación tomando como referencia el estado inicial, qué elementos evoca el sujeto como transformadores, etc. Estas consideraciones se han tenido en cuenta, de forma especial, en los APC 1, 3, 4 y 5. El criterio de la capacidad transformadora también ha servido para jerarquizar las categorías.

Se han resaltado también los datos relativos a las modificaciones que sufre un determinado esquema explicativo ante variaciones figurativas, como por ejemplo, las modificaciones que sufre el esquema de la verticalidad que posee el sujeto, ante el aspecto



figurativo de los distintos objetos y en concreto del aro.

Otro ejemplo, ante la dispersión de datos presentados en la tarea 4 del equilibrio de los bipesos, se ha creado cierto orden al dar prioridad a las condiciones que consideraba el entrevistado necesarias para obtener el equilibrio en las diferentes fases de comprobación empírica, acción sugerida por el hecho de que cada nivel cognoscitivo establece como necesarias determinadas relaciones causales que de entenderse en un nivel anterior, era sólo después de largos titubeos y constataciones.

6.3 Revisión del sistema de categorías

Todos los criterios inductivos definidos en el apartado anterior, para encasillar las respuestas de los 40 sujetos en el sistema clasificatorio jerarquizado, tienen en común que están referidos a la misma naturaleza de las respuestas y a una comparación entre ellas, ¿es posible establecer nuevos criterios que permitan un encasillamiento de cada categoría a fin de objetivizar el proceso clasificatorio?

Al menos existen dos métodos adicionales que permiten una mejor clasificación:

1. Analizar la evolución de las respuestas de cada sujeto. Esto permite hacer valoraciones más adecuadas de aquellas categorías que ofrezcan ciertas dificultades clasificatorias. En efecto, es posible utilizar esta información adicional, sobre todo en dos casos concretos:

Cuando el cuestionario se administra mediante la dinámica de entrevistas individuales, donde se plantean muchas preguntas no previstas en función de las respuestas de los entrevistados. En este caso, se hace imposible una sistemática, ya que cada individuo presenta matizaciones en sus respuestas que llevan, a veces, a que falte en la correspondiente categoría alguna connotación significativa que permita encasillarla en su justa medida.

En ocasiones, determinadas APC son poco discriminatorias, debido, por ejemplo, a que los ítems que

lo constituyen poseen un nivel de exigencia bajo, en estos casos hay una tendencia muy acusada a mezclar sujetos con muy distinto rendimiento, bajo un mismo grupo taxonómico.

En ambos casos, la información complementaria proveniente de la evolución de las respuestas del sujeto permite matizar y valorar la categoría dificultosa y, consecuentemente, encasillarla de un modo más preciso y diferenciado.

2. Es posible determinar para cada sujeto una valoración cuantitativa de su rendimiento global en la prueba, si se le asocia el valor numérico de la posición del grupo taxonómico al que pertenece y se van acumulando los valores que obtiene dicho sujeto en cada APC.

El valor así obtenido es un buen indicador del rendimiento del sujeto ya que se ha procurado, en la medida de lo posible, realizar en cada APC el máximo número de grupos taxonómicos (entre 5 y 9), de forma que el error de encasillar a un determinado sujeto por su respuesta afecte lo menos posible a este valor (si sólo existieran dos grupos taxonómicos el error que se comete es máximo, ya que éste se daría cuando un sujeto al que le corresponde estar en el nivel inferior está en el superior, o viceversa, ahora bien, si existen 7 categorías, el error que se puede dar es que un sujeto que deba estar en el nivel 2 esté en el 3 o, con menor probabilidad, en el 4, pero nunca en los niveles 5, 6 ó 7).

También es cierto que *el valor así obtenido no es el mejor indicador del rendimiento del sujeto* ya que, por un lado, no se está ponderando adecuadamente cada grupo taxonómico según su grado de dificultad, y por otro, por un factor inherente al modo de responder del sujeto, que no es homogéneo a lo largo de la entrevista además de que a priori, el rendimiento de un sujeto en un APC determinado no depende sólo de él sino también de las operaciones y variables puestas en juego en cada tarea (Marín, 1992), lo que hace que no tenga por qué correlacionar con su rendimiento global.

Esto obliga a considerar este valor como una sugerencia adicional supeditada siempre a los criterios cualitativos.

De todos modos el valor del rendimiento absoluto así obtenido, dándole un uso adecuado, es un indicador valioso para objetivizar más aún el encasillamiento de las categorías en el sistema clasificatorio, además de que no conocemos otro método que conduzca a una estimación del rendimiento del



sujeto que no pase por asociar a cada grupo taxonómico el valor numérico de su posición y sea independiente de los inconvenientes asociados a su rendimiento por el método descrito (los tratamientos estadísticos del cap. 5, mostrarán muy significativa e importante la variable puntuaciones absolutas -R.A.C.-).

Una última aclaración para delimitar definitivamente el peso de los criterios cuantitativos frente a los cualitativos: la diferenciación de grupos taxonómicos siempre se realizará mediante criterios cualitativos referidos a las connotaciones observables de las categorías, a las analogías y a diferencias entre éstas, y nunca se utilizarán criterios cuantitativos para "forzar" a permanecer dentro de un mismo grupo a categorías con connotaciones diferentes, en todo caso, se utilizarán para asociar categorías en grupos taxonómicos, siempre que las analogías entre éstas estuvieran bien establecidas, así como las diferencias con otros grupos.

6.4 APC fundamentales y complementarios

Con el fin de mejorar la calidad de este indicador cuantitativo se han omitido algunos APC de entre los que sirven para hallar una valoración del rendimiento de cada individuo:

Algunos APC no permiten ver la evolución detallada de un determinado esquema explicativo a través de la formulación de varios grupos taxonómicos, ya que su estructura tiene un marcado carácter dicotómico, tratan algún aspecto específico desde un punto de vista muy puntual o se han planteado a modo de matizadores o complemento de otros APC.

Otros APC no contienen a todos los sujetos ya que las categorías correspondientes dependen de ciertas preguntas que no se formularon sistemáticamente en el curso de la entrevista, ya que no estaban contenidas inicialmente en el cuestionario sino que se incluyeron posteriormente al comprobarse la importancia de los datos obtenidos al ser planteadas.

A los APC que cumplen con las anteriores características les denominaremos **complementarios**, a diferencia de los que presentan de un modo sistemático, variado y diferenciador uno o varios esquemas explicativos, a los que se les ha denominado **fundamentales** y son los que se han utilizado para asociar a cada sujeto un valor cuantitativo que representa su rendimiento global en la prueba. De los 24 APC delimitados por el

cuestionario, 18 son fundamentales y 6 complementarios.

6.5 Revisión sugerida por procedimientos cuantitativos

Los posicionamientos de los sujetos en los APC fundamentales, así como la acumulación de estos para obtener el rendimiento absoluto de los alumnos en el cuestionario (RAC) permiten obtener dos valiosas referencias que llevan a configurar sugerencias para una revisión del sistema clasificatorios:

Una primera posibilidad es analizar la evolución de cada sujeto por su posición en cada APC, lo que permite detectar a los individuos situados en posiciones que no se armonizan con su evolución "normal". Estas "anomalías" sugieren la revisión de la categoría correspondiente al sujeto que presenta "picos" para comprobar si el encasillamiento en el grupo taxonómico que le da el posicionamiento anómalo es correcto o si por el contrario se ha valorado, bien por defecto o exceso alguna connotación de la categoría y es más adecuado encasillarlo en otro grupo.

Obtener una primera estimación del nivel de dificultad de cada grupo taxonómico al asociarle la media aritmética de las puntuaciones de los sujetos que contiene. El carácter jerarquizado de los grupos taxonómicos debería asociar a éstos, índices en orden creciente, de modo que cualquier otro resultado supone una invitación a su revisión, donde para cualquier modificación siempre existirá una primacía de los criterios cualitativos frente a los cuantitativos, ya que estos últimos sugieren mientras los primeros mandan.

6.6 Modificaciones realizadas

Llevadas a cabo las modificaciones pertinentes en la clasificación de las categorías, a través de los procedimientos descritos con anterioridad, se han vuelto a recalcular las puntuaciones absolutas de los sujetos en base a sus nuevas posiciones dentro de cada APC.

En la distribución espacial de puntos (Fig. 10) observada en la correlación gráfica entre las puntuaciones absolutas antes de las modificaciones (eje horizontal) y las puntuaciones absolutas modificadas (eje vertical), permite apreciar las siguientes variaciones:

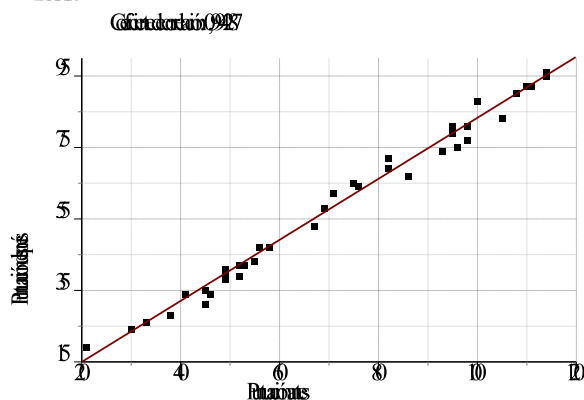


Fig. 11.- Correlación de Pearson de las puntuaciones absolutas, antes y después de las modificaciones.

Dada la alta correlación entre las puntuaciones antes y después de las modificaciones (0.9943), se pone de manifiesto que los cambios debidos a criterios cuantitativos han sido francamente leves. Se intenta ponderar en su justa medida en qué dirección y cómo se han realizado estas modificaciones.

La escala de puntuaciones que antes oscilaba entre 21 y 114, ahora lo hace entre 19 y 96, es decir, se ha producido una reducción de dicha escala en base a que se han realizado menos grupos taxonómicos en cada APC.

El hecho de que todos los puntos estén cercanos a la recta de regresión es debido a que ningún individuo ha experimentado grandes cambios, subiendo o bajando posiciones, en realidad el mismo descenso de posiciones (reducción de escala) le ha hecho perder las posiciones proporcionalmente. Una observación atenta de los puntos gráficos, parece mostrar que ha existido mayor modificación en los sujetos con posicionamientos centrales, algo lógico si se admite que en cualquier clasificación los casos más extremos son los más fáciles de encasillar.

En resumen, la escala de puntuaciones se ha reducido en base a la disminución de grupos taxonómicos por APC, pero esta disminución no ha llevado a los sujetos a cambios de posiciones drásticas, sino que simplemente han sido movidos respecto a sus antiguas posiciones en consonancia con el propio desplazamiento de la escala, por ejemplo, un

individuo que estaba en posición 5 en un total de 9 posicionamientos, ahora está en 3 ó 4 como efecto de reducir las posiciones posibles a 6.

6.7 El sistema de categorías jerarquizado definitivo

El anexo 4 ubica el sistema de categorías jerarquizado según las indicaciones y modificaciones antes realizadas. A fin de ampliar las reacciones del sujeto, se ilustra cada grupo taxonómico con un conjunto de los dibujos más significativos.

6.8 Posiciones, puntuaciones e índices definitivos

A efectos del tratamiento estadístico de los datos obtenidos por el sistema de categorías jerarquizado, se presentan en tablas las posiciones de cada sujeto (filas) para los distintos APC (columnas) así como la puntuación absoluta (RAC) obtenida para los APC fundamentales (última columna de la tabla V). Estos datos serán utilizados como "input" en los distintos módulos estadísticos que se van a utilizar, con este fin, en la cabecera de la tabla se ha dado un nombre a cada uno de los APC, que actuarán funcionalmente como variables categoriales en la entrada de los distintos procedimientos estadísticos. Los sujetos, representados por razones obvias con un seudónimo, se han ordenado en sentido decreciente de puntuaciones absolutas.

La tabla V está referida a los 18 APC fundamentales, la tabla VI contempla los 6 APC complementarios (como se puede apreciar, en la columna 5 algunos sujetos están posicionados en 0, dado que el correspondiente ítem no se les pasó) y, finalmente, en la tabla VII se exponen los índices relativos a cada grupo taxonómico (filas) de los APC fundamentales (columnas). Se hace notar que el orden creciente de los índices asociados a los grupos taxonómicos (columnas) de cada APC es un primer indicador de la bondad y eficacia de los criterios elegidos para estructurar el sistema clasificatorio jerarquizado. Después se contrastará este extremo mediante algunas técnicas multivariantes. Además se presenta un gráfico con la ordenación de los entrevistados por la intervalización de la variable RAC (Fig. 11), a fin de tener una idea de partida e intuitiva del comportamiento global de éstos que deberá ser matizada posteriormente por análisis estadísticos más adecuados.



**TABLA V: POSICIONES Y PUNTUACIONES ABSOLUTAS DE LA MUESTRA
CON VARIABLES FUNDAMENTALES**

	V POSTE				V-		F DIRE		V MICRO		C LARGO		C BLOQUE		C K		O CONSER		O CONTR2	
	V ANTES		V ZAPATO		F CODO		F INTE		C BOLA		C BIPESO		C DF		MANUAL		O CONTR1			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	RAC	
Luk5		7	5	8	5	5	5	7	4	7	7	6	5	5	5	3	4	3	96	
Man	6	8	6	8	5	5	5	4	4	7	5	6	5	5	4	4	4	4	95	
Sim	6	8	6	6	5	5	5	6	4	5	7	5	5	5	5	4	3	2	92	
Gal	5	7	7	6	4	5	5	5	4	6	6	6	5	5	5	4	3	4	92	
Mer	4	7	4	8	5	5	5	6	4	6	6	5	3	4	5	5	4	4	90	
Ter	5	7	7	7	4	4	5	6	3	7	6	5	3	3	5	4	3	4	88	
Dal	5	8	6	6	5	4	5	7	3	6	5	4	4	3	3	4	2	3	83	
Lis	3	6	4	7	4	5	5	6	3	7	5	4	3	4	3	5	3	4	81	
Gon	4	7	6	8	5	5	5	5	4	4	5	5	3	3	4	3	3	2	81	
Fin	3	6	4	7	4	3	5	7	2	6	5	6	4	3	4	4	3	3	79	
Per	3	6	5	5	4	3	5	6	3	5	5	6	4	3	4	3	3	4	77	
Zip	3	5	5	6	5	3	5	5	3	6	6	6	4	3	3	4	2	1	75	
Fan	2	4	6	4	4	5	5	5	3	4	6	3	4	3	4	4	4	4	74	
Rev	3	6	3	6	3	4	5	6	3	6	3	5	3	2	3	4	3	4	72	
Cin	2	4	4	7	4	5	5	4	3	3	4	4	3	3	5	3	3	3	69	
Mif	2	7	6	5	4	4	5	4	2	5	3	3	4	2	3	4	2	2	67	
Pin	2	3	6	4	4	3	5	6	4	7	3	4	3	2	3	3	1	2	65	
Des	2	5	6	5	4	4	5	6	2	6	4	2	2	1	3	3	2	2	64	
Rom	3	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	3	3	1	3	4	1	1	62	
Gen	2	5	3	3	4	4	5	4	3	6	5	3	2	1	3	3	1	1	58	
Nor3		3	5	5	4	3	4	3	1	3	3	2	2	3	3	4	1	1	53	
Kin	3	3	3	6	1	5	2	3	1	2	4	2	3	1	1	4	2	1	47	
Fel	2	5	3	3	2	2	5	2	1	3	3	1	2	2	2	3	3	3	47	
Car2		5	2	5	3	1	4	3	1	2	2	1	2	1	3	4	3	3	47	
Ser	3	4	3	5	3	2	2	4	1	3	2	1	1	1	2	3	2	1	43	
Ton	3	3	2	4	3	2	4	3	1	4	3	2	1	1	3	1	1	1	42	
Rez	3	3	2	1	2	3	4	3	1	3	3	3	1	1	2	4	2	1	42	
Pat	1	4	3	4	1	3	4	3	1	4	3	1	1	1	1	3	2	1	41	
Ner2		2	1	5	4	5	5	4	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	39	
Cis	2	1	1	5	2	2	3	3	1	4	4	1	2	1	1	2	2	2	39	
Nic	1	2	1	4	2	2	2	5	2	3	6	1	1	1	1	2	1	1	38	
Ram	1	2	3	2	2	1	4	2	1	2	5	3	1	1	1	1	1	2	35	
Van	1	1	3	2	2	2	4	2	1	3	2	3	1	1	2	2	1	1	34	
Her1		1	1	3	2	2	3	3	1	4	2	1	1	1	3	1	2	2	34	
Bed	1	3	1	2	1	3	4	4	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	31	
Lid	1	1	2	2	2	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	28	
Lil	2	1	1	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	26	
Len	1	3	1	1	1	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	26	
Lor	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	24	
Pek	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	



TABLA VI: POSICIONES DE LA MUESTRA CON VARIABLES COMPLEMENTARIAS

	GRAF_MAN		P_MICRO		P_BIPESO	
	HILO_INC		INCLINAR		FxD	
	12	3	4	5	6	
Luk	1	1	6	3	0	5
Man	2	1	6	2	9	4
Sim	1	1	6	3	8	5
Gal	1	1	6	3	4	6
Mer	2	1	6	3	0	6
Ter	1	1	5	3	9	5
Dal	1	1	6	3	4	3
Lis	1	1	6	3	8	4
Gon	1	1	6	2	0	5
Fin	1	1	6	3	6	5
Per	1	1	6	3	9	6
Zip	1	1	6	3	7	4
Fan	2	1	6	3	7	5
Rev	1	1	6	3	4	5
Cin	2	1	6	3	8	5
Mif	1	1	6	3	6	2
Pin	1	2	6	3	6	4
Des	2	1	6	3	9	5
Rom	1	1	6	3	0	3
Gen	2	1	5	3	5	5
Nor	1	2	2	1	5	3
Kin	2	2	3	1	4	3
Fel	2	1	5	2	0	6
Car	1	1	3	1	0	4
Ser	1	1	6	1	0	6
Ton	1	1	6	2	4	6
Rez	1	1	6	1	5	3
Pat	2	1	3	2	1	3
Ner	1	1	4	2	0	2
Cis	2	1	6	1	1	3
Nic	1	1	3	3	0	6
Ram	2	1	4	1	2	6
Van	2	2	2	1	1	3
Her	1	1	6	1	3	6
Bed	1	1	4	2	3	3
Lid	1	1	2	1	2	4
Lil	2	1	2	1	1	1
Len1		1	3	1	0	6
Lor	1	1	1	1	1	3
Pek	1	1	6	1	1	1



TABLA VII: INDICES RELATIVOS POR GRUPOS TAXONOMICOS																		
POS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	31	29	30	27	33	31	19	22	36	24	27	34	33	39	34	32	38	40
2	54	37	39	32	34	36	34	33	62	39	39	51	51	59	37	34	53	59
3	60	43	43	41	44	54	36	41	75	46	51	53	72	75	58	60	75	70
4	85	57	76	53	69	72	41	58	84	51	54	74	75	85	81	68	88	85
5	89	58	75	53	87	76	75	72	-	74	72	87	93	93	87	85	-	-
6	93	79	77	77	-	-	-	79	-	77	76	85	-	-	-	-	-	-
7	-	85	90	79	-	-	-	86	-	85	94	-	-	-	-	-	-	-
8	-	90	-	90	-	-	-	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS CUANTITATIVO Y ESTRUCTURA DE LOS DATOS

1

Planteamiento de los problemas estadísticos iniciales

A excepción de las variables edad, nivel académico y RAC (rendimiento absoluto de cada sujeto en el cuestionario), todas las demás son categoriales, es decir, el dato que viene dado por un número representa una categoría (una posición categórica jerarquizada).

Estas variables categóricas no están referidas a una "escala" única y no poseen características métricas, ya que su construcción depende del número de grupos de categorías que se establecen, en base a criterios de analogías y diferencias en cada objetivo de búsqueda. Así la distancia entre grupos taxonómicos no obedece a ningún tipo de métrica, como pudiera ser la distancia euclidiana. Por ejemplo, mientras que en el módulo categorial (**MC**) que determina la variable O_CONTR1 se han establecido 4 grupos de categorías en otro, como el que define a la variable V_POSTE el límite superior está en 8, por lo que de entrada no se pueden equiparar los sujetos posicionados en el grupo categórico 2º de O_CONTR1 con los del 2º de V_POSTE. Sin embargo, existe una relación de orden entre el símbolo representativo y la categoría representada de

forma que, por ejemplo, el 3 es un símbolo que representa a una categoría de rango inferior que aquella asociada al símbolo 5.

Por tanto, las variables construidas que van a ser objeto de tratamiento estadístico son **variables categoriales ordinales**.

De esta consideración nacen los primeros problemas para abordar los datos estadísticamente:

¿Cómo se relacionan las categorías de los distintos módulos?

¿Habría algún modo de analizar el grado de validez del sistema jerarquizado de categorías?

¿Sería posible dar una puntuación a cada sujeto a pesar de que las variables no están sometidas a una métrica?

¿Hasta qué punto es lícita la puntuación absoluta (RAC) dada a cada sujeto?

¿Los grupos realizados mediante la intervalización de la variable RAC son significativos en un agrupamiento por similitudes en las respuestas?

Otras cuestiones sobre la importancia y relación entre las distintas variables son:

¿Qué variables permiten discriminar mejor grupos de sujetos?



¿Existe un mínimo de variables que permitan explicar mejor el comportamiento general de la muestra?

¿Qué tipo de relación existe entre las distintas variables?

¿Tienen algún reflejo estadístico las diferencias establecidas entre las variables fundamentales y las complementarias?

Además de las sugerencias de carácter comprobatorio que ofrecen los esquemas de búsqueda deducidos de las hipótesis, se podrían establecer otras cuestiones complementarias referentes al comportamiento de las variables y de los grupos de sujetos:

¿Qué relevancia poseen las variables operatorias frente a las demás, en la determinación del rendimiento del sujeto?. Según el modelo, la capacidad operatoria del sujeto es determinante en su rendimiento pero no es el único factor importante.

¿Es posible delimitar algunas variables que se muestren independientes de las que miden la capacidad operativa del sujeto?. Si es posible precisar ciertas variables que midan sobre todo la componente física ¿actúan como factores independientes de la capacidad operatoria?.

¿Sería posible encontrar sujetos que tienen un alto rendimiento operatorio y bajo en las variables de gran contenido físico y justo lo contrario?. El modelo admite que se puedan encontrar estos grupos, pero con un cierto solapamiento, ya que los elementos operatorios no actúan independientemente de los cognofísicos, al ser los primeros operadores de los segundos.

Hay categorías que reflejan una alta precisión en la evaluación de un contenido físico ¿poseen alta correlación o similitud con las de alto nivel operatorio o, por el contrario, son independientes?. Es posible que la precisión de un cognofísico se deba a su alto grado de estructuración operatoria, lo que llevaría a encontrar fuertes correlaciones o similitudes entre variables operatorias y aquellas sensibles al contenido físico.

¿Es posible encontrar ciertas relaciones de dependencia en las categorías? Se prevé que la comprensión de algunos conceptos sea imprescindible para lograr otros. Así sería de interés

indagar sobre si la verticalidad se consigue por la comprensión dinámica del peso o es un concepto independiente de la capacidad transformadora del mismo; en el caso de que dependa, habría que poner de manifiesto la mínima noción de peso que debe tener un sujeto para comprender la verticalidad. Si se capta la verticalidad en situaciones sencillas, se sigue captando en otras situaciones más complejas, es decir, es una noción operatoria que no depende del contenido o por el contrario, depende en cada momento de la situación puesta en juego o es un problema genético: al principio depende y luego no. En otro orden de cosas, la partición de un objeto, ¿está relacionada con la verticalidad?, ¿es una cuestión que hay que resolver necesariamente para llegar al concepto de centro de masas?

2

La entrada de los datos en el paquete BMDP

Del amplio abanico de paquetes estadísticos que permiten una manipulación informática de los datos, se optó por el BMDP (véase Dixon y otros, 1990) por ser uno de los programas más potentes y, a la vez, disponer de un gran número de módulos para el tratamiento multivariable de éstos. Si bien, para representar los resultados gráficamente se exportaron los datos elaborados por el BMDP a programas informáticos más eficaces en este aspecto.

Tabla 2. DECLARACIÓN DEL NUMERO DE CASOS Y VARIABLES

```
/INPUT
TITLE IS 'ANALISIS ESTADISTICO
DEL SISTEMA DE CATEGORIAS'.
VARIABLES = 29.
CASES IS 40.
FORMAT IS FREE.
```

Un procedimiento previo a cualquier tratamiento estadístico, es la adecuación de los datos para que puedan ser leídos por el software elegido, lo que el programa



CAPÍTULO 5: ANÁLISIS CUANTITATIVO Y ESTRUCTURA DE LOS DATOS

considera un "INPUT" o "ENTRADA", que en nuestro caso toma la forma global expresada en la tabla 1.

Con este orden lo único que se hace es indicar que van a ser usadas un total de 29 variables y 40 casos.

Tabla 3. DECLARACIÓN DE VARIABLES

```
/VARIABLE
NAMES IS
NOMBRE, RAC, SEXO, EDAD, NIVEL,
V_ANTES, V_POSTE, V_ZAPATO,
'V+-',
F_CODO, F_DIRE, F_INTE, V_MICRO,
C_BOLA, C_LARGO, C_BIPESO,
C_BLOQUE, C_DF, C_K, MANUAL,
O_CONSER, O_CONTR1, O_CONTR2,
HILO_INC, GRAF_MAN, INCLINAR,
P_MICRO, 'FxD', P_BIPESO.
LABELS IS RAC, NOMBRE.
BLANK IS ZERO
MISSING IS ('FxD')0.
```

La orden de entrada y el nombre de las variables es el mismo que se utilizó para rellenar las tablas de puntuaciones absolutas y que es declarado al BMDP con el conjunto de ordenes que se presentan en la tabla 2. Tanto los seudónimos ("NOMBRE"), como las puntuaciones absolutas ("RAC") están declaradas como etiquetas (LABEL), de modo que no entran en el proceso de cálculo. Esto que sería normal para los seudónimos, no lo es tanto para RAC que es una variable numérica, la razón de no introducirla en los cálculos se debe a que fue obtenida como una primera aproximación del rendimiento de los sujetos al cuestionario. Ahora, con los procedimientos estadísticos multivariantes es posible obtener puntuaciones más precisas que tengan en cuenta las distintas escalas de cada variable, por lo que sólo se mantiene a título de etiqueta. Más adelante se podrá comprobar que la estructura homogénea del sistema de categorías resalta la importancia de la variable RAC, que se manifiesta paralela a las puntuaciones obtenidas por otros procedimientos más precisos que el de la simple acumulación. Le siguen tres variables como son el SEXO, la EDAD y el NIVEL. Esta última se ha obtenido asignando un número a cada nivel de EGB, y números sucesivos para los distintos niveles de Medias y Universidad.

A continuación están las 18 variables fundamentales: V_ANTES, V_POSTE, V_ZAPATO, 'V+-', F_CODO, F_DIRE,

F_INTE, V_MICRO, C_BOLA, C_LARGO, C_BIPESO, C_BLOQUE, C_DF, C_K, MANUAL, O_CONSER, O_CONTR1, O_CONTR2 y las 6 complementarias: HILO_INC, GRAF_MAN, INCLINAR, P_MICRO, 'FxD', P_BIPESO. La variable "FxD" tiene 12 sujetos sin puntuación, lo que ha sido declarado adecuadamente ("MISSING IS ('FxD')0").

Tabla 4. DECLARACIÓN VARIABLES CATEGORIALES

```
/CATEGORY
CODES (SEXO) = 1, 2.
NAMES (SEXO) = ALUMNO,
ALUMNA.
CUTP (EDAD) = 8, 11, 15,
19.
NAMES (EDAD) =
ENA, PEQ, CHA, MUC, MAY.
CUTP (NIVEL) = 3, 5, 9, 13.
NAMES (NIVEL) =
EGB_1, EGB_2, EGB_3,
MEDIAS, SUPERIOR.
CODES (V_ANTES) = 1 TO 6.
CODES (V_POSTE) = 1 TO 8.
CODES (V_ZAPAT) = 1 TO 7.
CODES ('V+-') = 1 TO 8.
CODES (F_CODO) = 1 TO 5.
CODES (F_DIRE) = 1 TO 5.
CODES (F_INTE) = 1 TO 5.
CODES (V_MICRO) = 1 TO 7.
CODES (C_BOLA) = 1 TO 4.
CODES (C_LARGO) = 1 TO 7.
CODES (C_BIPES) = 1 TO 7.
CODES (C_BLOQU) = 1 TO 6.
CODES (C_DF) = 1 TO 5.
CODES (C_K) = 1 TO 5.
CODES (MANUAL) = 1 TO 5.
CODES (O_CONS) = 1 TO 5.
CODES (O_CONTR1) = 1 TO 4.
CODES (O_CONTR2) = 1 TO 4.
NAMES (O_CONS) = '1B', '2A',
'2B', '3A', '3B'.
NAMES (O_CONTR1)
= 'b2B', '2B', '3A', '3B'.
NAMES (O_CONTR2)
= 'b2B', '2B', '3A', '3B'.
CODES (HILO_IN) = 1 TO 2.
CODES (GRAF_Ma) = 1 TO 2.
CODES (INCLINA) = 1 TO 6.
CODES (P_MICRO) = 1 TO 3.
CODES ('FxD') = 1 TO 9.
CODES (P_BIPES) = 1 TO 6.

/END
```

Anteriormente se ha apuntado el carácter categórico de las variables fundamentales y

**Tabla 5. MATRIZ DE DATOS**

Luk	96	1	19.4	14	5	7	5	8	5	5	5	7	4	7	7	6	5	5	5	3	4	3	1	1	6	3	0	5
Man	95	2	18.4	12	6	8	6	8	5	5	5	4	4	7	5	6	5	5	4	4	4	4	2	1	6	2	9	4
Sim	92	1	20.2	14	6	8	6	6	5	5	5	6	4	5	7	5	5	5	5	4	3	2	1	1	6	3	8	5
Gal	92	1	19.6	13	5	7	7	6	4	5	5	5	4	6	6	6	5	5	5	4	3	4	1	1	6	3	4	6
Mer	90	2	13.8	8	4	7	4	8	5	5	5	6	4	6	6	5	3	4	5	5	4	4	2	1	6	3	0	6
Ter	88	2	21.8	15	5	7	7	7	4	4	5	6	3	7	6	5	3	3	5	4	3	4	1	1	5	3	9	5
Dal	83	1	15.4	10	5	8	6	6	5	4	5	7	3	6	5	4	4	3	3	4	2	3	1	1	6	3	4	3
Lis	81	1	12.4	7	3	6	4	7	4	5	5	6	3	7	5	4	3	4	3	5	3	4	1	1	6	3	8	4
Gon	81	1	20.5	14	4	7	6	8	5	5	5	5	4	4	5	5	3	3	4	3	3	2	1	1	6	2	0	5
Fin	79	2	20.2	14	3	6	4	7	4	3	5	7	2	6	5	6	4	3	4	4	3	3	1	1	6	3	6	5
Per	77	1	18.4	12	3	6	5	5	4	3	5	6	3	5	5	6	4	3	4	3	3	4	1	1	6	3	9	6
Zip	75	1	15.2	9	3	5	5	6	5	3	5	5	3	6	6	6	4	3	3	4	2	1	1	1	6	3	7	4
Fan	74	1	19.7	13	2	4	6	4	4	5	5	5	3	4	6	3	4	3	4	4	4	4	2	1	6	3	7	5
Rev	72	2	15.0	9	3	6	3	6	3	4	5	6	3	6	3	5	3	2	3	4	3	4	1	1	6	3	4	5
Cin	69	1	14.8	8	2	4	4	7	4	5	5	4	3	3	4	4	3	3	5	3	3	3	2	1	6	3	8	5
Mif	67	2	17.1	11	2	7	6	5	4	4	5	4	2	5	3	3	4	2	3	4	2	2	1	1	6	3	6	2
Pin	65	2	15.0	8	2	3	6	4	4	3	5	6	4	7	3	4	3	2	3	3	1	2	1	2	6	3	6	4
Des	64	2	21.0	15	2	5	6	5	4	4	5	6	2	6	4	2	2	1	3	3	2	2	2	1	6	3	9	5
Rom	62	1	11.7	6	3	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	3	3	1	3	4	1	1	1	1	6	3	0	3
Gen	58	1	18.0	11	2	5	3	3	4	4	5	4	3	6	5	3	2	1	3	3	1	1	2	1	5	3	5	5
Nor	53	1	10.7	5	3	3	5	5	4	3	4	3	1	3	3	2	2	3	3	4	1	1	1	2	2	1	5	3
Kin	47	1	9.2	3	3	3	3	6	1	5	2	3	1	2	4	2	3	1	1	4	2	1	2	2	3	1	4	3
Fel	47	2	16.5	10	2	5	3	3	2	2	5	2	1	3	3	1	2	2	2	3	3	3	2	1	5	2	0	6
Car	47	2	24.1	17	2	5	2	5	3	1	4	3	1	2	2	1	2	1	3	4	3	3	1	1	3	1	0	4
Ser	43	1	8.3	3	3	4	3	5	3	2	2	4	1	3	2	1	1	1	2	3	2	1	1	1	6	1	0	6
Ton	42	1	10.9	5	3	3	2	4	3	2	4	3	1	4	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	6	2	4	6
Rez	42	2	9.4	4	3	3	2	1	2	3	4	3	1	3	3	3	1	1	2	4	2	1	1	1	6	1	5	3
Pat	41	2	13.2	7	1	4	3	4	1	3	4	3	1	4	3	1	1	1	1	3	2	1	2	1	3	2	1	3
Ner	39	1	8.0	2	2	2	1	5	4	5	5	4	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	0	2
Cis	39	1	10.0	4	2	1	1	5	2	2	3	3	1	4	4	1	2	1	1	2	2	2	2	1	6	1	1	3
Nic	38	1	7.8	2	1	2	1	4	2	2	2	5	2	3	6	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	3	0	6
Ram	35	1	12.0	6	1	2	3	2	2	1	4	2	1	2	5	3	1	1	1	1	1	2	2	1	4	1	2	6
Van	34	1	8.5	3	1	1	3	2	2	2	4	2	1	3	2	3	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	3
Her	34	1	9.8	4	1	1	1	3	2	2	3	3	1	4	2	1	1	1	3	1	2	2	1	1	6	1	3	6
Bed	31	2	8.4	3	1	3	1	2	1	3	4	4	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	4	2	3	3
Lid	28	2	9.6	4	1	1	2	2	2	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2	1	2	4
Lil	26	1	7.0	1	2	1	1	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	2	1	2	1	1	1
Len	26	2	10.7	5	1	3	1	1	1	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	0	6
Lor	24	1	7.3	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	3
Pek	19	1	6.6	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1

complementarias, a fin de que los distintos módulos estadísticos traten como tales a estas variables se ha incluido el conjunto de ordenes presentado en la tabla 3.

Finalmente, para completar la entrada ("INPUT") se construye la matriz de datos tomados de las tablas 5 y 6 situadas al final del capítulo anterior y que toma la forma que se presenta en la tabla 4. Los sujetos están ordenados por filas de mayor a menor puntuación RAC y las variables son las

columnas según el orden indicado en la tabla 2.

3

Similitudes y diferencias entre variables

Dado que no existe una relación de dependencia entre las variables y que, según la estructura cualitativa del sistema jerarquizado de categorías, debería presentarse un conjunto de variables covariantes o multicolineales, se ha creído adecuado empezar por un análisis de la relación que existe entre éstas.



Para ello, se han utilizado tres análisis que se complementan:

El de la matriz de correlaciones de Spearman.

El de componentes principales.

El cluster de variables.

El objetivo de la utilización de estas técnicas es encontrar grupos de variables que muestren una mayor similitud y estén altamente correlacionadas, e intentar poner de manifiesto la estructura latente en la matriz de datos.

Puesto que existe una variable (FxD) a la que le falta los datos de 12 casos, se ha utilizado el módulo 8M del BMDP para obtener la matriz de correlaciones. Con todo ello, dicha matriz se presenta en la tabla 5.

3.1 Análisis de la matriz de correlaciones



Tabla 6. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE LA MATRIZ DE SPEARMAN

		RAC	SEXO	EDAD	NIVEL	V_AN	V_PO	V_ZA	V+-	F_CO	F_DI	F_IN	V_MI	C_BO	C_LA
1	RAC	1.00													
2	SEXO	0.05	1.00												
3	EDAD	0.79	0.27	1.00											
4	NIVEL	0.80	0.29	1.00	1.00										
5	V_ANTES	0.86	-0.07	0.54	0.55	1.00									
6	V_POSTE	0.91	0.22	0.81	0.83	0.78	1.00								
7	V_ZAPATO	0.86	0.07	0.77	0.77	0.68	0.78	1.00							
8	V+-	0.86	-0.02	0.59	0.59	0.78	0.76	0.64	1.00						
9	F_CODO	0.86	-0.12	0.65	0.66	0.75	0.76	0.77	0.75	1.00					
10	F_DIRE	0.74	-0.04	0.45	0.46	0.62	0.65	0.62	0.67	0.64	1.00				
11	F_INTE	0.82	0.19	0.77	0.77	0.55	0.79	0.74	0.62	0.77	0.67	1.00			
12	V_MICRO	0.82	0.07	0.60	0.62	0.63	0.72	0.67	0.73	0.75	0.61	0.71	1.00		
13	C_BOLA	0.85	-0.04	0.63	0.64	0.66	0.75	0.76	0.66	0.82	0.72	0.78	1.00		
14	C_LARGO	0.84	0.13	0.66	0.67	0.65	0.73	0.73	0.67	0.73	0.56	0.74	0.80	0.79	1.00
15	C_BIPESO	0.80	-0.20	0.62	0.62	0.64	0.66	0.68	0.64	0.67	0.57	0.57	0.68	0.77	0.70
16	C_BLOQUE	0.87	-0.02	0.65	0.66	0.74	0.74	0.78	0.69	0.77	0.61	0.75	0.71	0.82	0.77
17	C_DF	0.91	-0.01	0.74	0.75	0.74	0.82	0.82	0.76	0.78	0.69	0.74	0.71	0.82	0.73
18	C_K	0.89	-0.01	0.63	0.64	0.74	0.78	0.77	0.76	0.78	0.62	0.74	0.67	0.76	0.67
19	MANUAL	0.83	0.02	0.73	0.74	0.70	0.73	0.73	0.68	0.79	0.56	0.69	0.67	0.77	0.67
20	O_CONSER	0.66	0.21	0.47	0.49	0.61	0.63	0.59	0.53	0.48	0.53	0.43	0.47	0.51	0.49
21	O_CONTR1	0.78	0.18	0.70	0.71	0.62	0.74	0.56	0.74	0.53	0.52	0.61	0.55	0.55	0.55
22	O_CONTR2	0.73	0.20	0.70	0.70	0.50	0.67	0.59	0.63	0.52	0.42	0.68	0.59	0.59	0.62
23	HILO_INC	-0.06	0.01	0.02	-0.00	-0.18	-0.11	-0.00	-0.02	-0.13	0.03	0.02	-0.26	-0.09	-0.05
24	GRAF_MAN	-0.09	-0.09	-0.19	-0.22	-0.05	-0.26	0.12	-0.06	-0.12	-0.02	-0.15	-0.14	-0.12	-0.06
25	INCLINAR	0.61	-0.05	0.43	0.44	0.54	0.53	0.48	0.48	0.60	0.43	0.52	0.58	0.60	0.65
26	P_MICRO	0.74	0.06	0.60	0.61	0.46	0.69	0.65	0.56	0.68	0.62	0.78	0.85	0.81	0.77
27	FxD	0.45	0.09	0.43	0.42	0.58	0.72	0.74	0.68	0.78	0.70	0.72	0.71	0.71	0.68
28	P_BIPESO	0.28	0.01	0.36	0.37	0.16	0.28	0.17	0.18	0.15	0.03	0.25	0.26	0.26	0.24
15	C_BI	1.00													
16	C_BLOQUE	0.74	1.00												
17	C_DF	0.74	0.83	1.00											
18	C_K	0.69	0.82	0.86	1.00										
19	MANUAL	0.62	0.77	0.76	0.80	1.00									
20	O_CONSER	0.48	0.54	0.65	0.59	0.46	1.00								
21	O_CONTR1	0.59	0.60	0.72	0.74	0.69	0.56	1.00							
22	O_CONTR2	0.54	0.62	0.69	0.73	0.68	0.46	0.84	1.00						
23	HILO_INC	0.09	-0.09	-0.05	-0.11	-0.07	-0.11	0.12	0.08	1.00					
24	GRAF_MAN	-0.15	0.00	-0.03	-0.05	-0.15	0.04	-0.28	-0.24	0.12	1.00				
25	INCLINAR	0.47	0.57	0.58	0.50	0.54	0.25	0.53	0.51	-0.16	-0.31	1.00			
26	P_MICRO	0.71	0.67	0.70	0.62	0.64	0.42	0.45	0.53	-0.10	-0.22	0.54	1.00		
27	FxD	0.67	0.68	0.68	0.65	0.74	0.55	0.66	0.59	-0.11	-0.10	0.57	0.72	1.00	
28	P_BIPESO	0.40	0.25	0.13	0.25	0.33	-0.04	0.35	0.40	-0.00	-0.27	0.26	0.27	0.00	1.00

La matriz permite concluir que la mayoría de las variables presentan correlaciones altas con las demás (entre 0.5 y 0.85), es decir, se confirma la intuición obtenida a través de los datos cualitativos de que la principal característica de las variables es que son colineales entre sí, lo que permite entrever futuros comportamientos de éstas y el modo en que deben ser tratadas.

Se impone, por tanto, precisar qué variables correlacionan mejor, así como aquellas que lo hacen peor.

3.1.1 LAS VARIABLES SEXO, EDAD Y NIVEL

Aunque no es un objetivo prioritario de esta investigación, se analiza la relación del sexo, la edad y el nivel de estudios con las demás variables.



Puesto que las correlaciones de **"SEXO"** fluctúan en el intervalo $[-0.2, 0.2]$ se puede decir que esta característica de los sujetos no es discriminatoria. Dado que la diferencia entre sexos es aún evidente y ésta viene generada por la interacción de los entrevistados con su medio social y cultural, es posible concluir que se están evaluando conocimientos adquiridos por el sujeto, primordialmente, por su interacción con su medio natural de un modo individual.

La correlación alta entre **"EDAD"** y **"NIVEL"** (0.99) indica una obviedad, como es que a mayor edad el nivel de estudios del sujeto también es mayor y el que las correlaciones de estas dos variables con las demás estén contenidas en el intervalo $[0.55, 0.80]$ deja claro que, en general, a mayor edad/nivel del individuo, su posicionamiento es también mayor. Sin embargo, las correlaciones moderadamente altas indican que esta norma no se cumple para todos los individuos, de forma que existen sujetos de mayor edad/nivel con rendimientos bajos.

3.1.2 LAS VARIABLES COMPLEMENTARIAS

Las variables complementarias **"HILO_INC"**, **"GRAF_MAN"** y **"P_BIPESO"** presentan correlaciones cercanas a 0 con las demás $[-0.20, 0.40]$, lo que indica que el criterio clasificatorio utilizado en el encasillamiento de las categorías no es significativo y, por tanto, no se tendría que contar con ellas para futuros tratamientos estadísticos, donde la capacidad discriminatoria de las variables sea esencial. En **"HILO_INC"** y **"P_BIPESO"** habría que analizar con posterioridad el contenido de las distintas categorías para intentar explicar esta falta de correspondencia con la variabilidad de las demás variables, en cuanto a **"GRAF_MAN"** esta baja correlación se explica por la dificultad de sistematizar la clasificación de las categorías que han dado lugar a esta variable.

Todos los índices de correlación de **"INCLINAR"** están en el intervalo $[0.25, 0.55]$, lo cual muestra que se queda lejos de ser una variable de alta correlación con las demás. **"P_MICRO"** presenta el mismo comportamiento, a excepción de su relación con las variables **"V_MICRO"** (0.85), **"C_BOLA"** (0.81) y **"C_LARGO"** (0.77), hecho que se puede explicar si se tiene en cuenta que estos tres factores evalúan capacidades cognitivas sobre la determinación del centro de masas y el papel del borde de la base del objeto llamado "micro" en la tarea 3. A su vez **"P_MICRO"** refleja la habilidad del sujeto para prever las caídas del "micro", de modo que la correlación alta viene a mostrar que los sujetos han utilizado sus esquemas cognoscitivos para realizar las previsiones, de forma que de haber

mantenido la variable **"INCLINAR"** entre las fundamentales se hubiera obtenido información duplicada de un mismo aspecto.

La buena correlación de **"FxD"** con las demás variables hace ver que podría haber sido una buena variable fundamental, sin embargo, el que algunos sujetos no tengan una valoración en esta variable y, puesto que muchos procedimientos estadísticos requieren que haya asignación de valores en todos los casos, hace que esta variable se coloque en el grupo de las complementarias.

En general, las correlaciones que dan las variables complementarias con las demás confirman la decisión tomada, a nivel cualitativo, de excluirlas para ciertos tipos de análisis cuantitativos.

3.1.3 LAS VARIABLES FUNDAMENTALES

Las variables que mejor correlacionan $[0.75, 0.85]$ son por este orden, **"C_DF"**, **"V_POSTE"**, **"C_K"**, **"C_BLOQUE"**, **"C_BOLA"** y **"F_CODO"** y, por tanto, son las que mejor definen el comportamiento de la muestra y las que discriminan mejor entre los distintos grupos de sujetos formados con características semejantes.

De las variables fundamentales, las que más baja correlación ofrecen $[0.55, 0.70]$, son **"F_DIRE"**, **"F_INTE"**, **"C_BIPESO"** y con mejor correlación **"V_ANTES"**, **"V+-"** y **"V_MICRO"**.

3.1.4 LAS VARIABLES OPERATORIAS

También las variables operacionales dan, por lo general, bajas correlaciones con las demás, siendo **"O_CONSER"** la que presenta los valores más bajos $[0.40, 0.60]$, mientras que la correlación de **"O_CONTR1"** y **"O_CONTR2"** (máxima entre ellas $[0.84]$) con las demás es algo superior, siendo **"V_POSTE"**, **"V+-"**, **"C_DF"** y **"C_K"** las que presentan mejor correlación $[0.65, 0.75]$, posiblemente porque se refieren al mismo esquema operatorio, sin embargo, las correlaciones de éstas últimas con **"O_CONSER"** son 0.56 y 0.46 respectivamente, es decir, muy bajas si se tiene en cuenta que son variables operacionales, pero perfectamente explicable ya que ésta última evalúa el esquema operatorio de la conservación.

El que variables tan importantes como las operatorias presenten bajas correlaciones con las demás deberá ser objeto de estudio posterior, pues posiblemente este hecho se pueda explicar porque los esquemas operacionales presentan cierta independencia con respecto a esquemas cognoscitivos asociados a la comprensión de los fenómenos físicos.

**Tabla 7. FACTORES OBTENIDOS EN TRES TIPOS DE ACP**

ACP tipo A				ACP tipo B				ACP tipo C			
5 FACTORES				1 FACTOR				3 FACTORES			
(TODAS LAS VARIABLES)				(VARIABLES FUNDAMENTALES)				(VARIABLES FUNDAMENTALES)			
PVA				PVA				PVA			
F	VP	D	F	F	VP	D	F	F	VP	D	F
1	116.40	00674	1	1	120309	1	12.39	1	00688		
2	1.76	00682					2	2	00974	0.94	
3	1.49	00789					3	3	00778	1	
4	1.28	00795									
5	1.13	0.821									
$\Theta = 0.9750$				$\Theta = 0.9734$				$\Theta = 0.9734$			

Nomenclatura utilizada: **VP** son los valores propios de cada factor. El valor numérico expresa la varianza explicada por cada factor. **PVA** es la proporción de varianza acumulada, en el espacio de las variables manifiestas (**D**) y en el espacio de los factores elegidos (**F**).

3.2 La "ortogonalidad" de las variables. Análisis de los componentes principales.

Un estudio complementario al llevado a cabo con la matriz de correlaciones, para analizar el grado de interrelación de las distintas variables entre sí, es el análisis de las componentes principales o análisis factorial (ACP ó AF). Para definir el espacio de los datos esta técnica utiliza, en vez de 29 variables, un número bastante menor de factores ortogonales entre sí, de tal forma que éstos explican la mayor parte de la varianza (Caridad, 1989, p. 146).

Este análisis se ajusta al diseño estructural de ésta investigación ya que, al contrario de otras técnicas que estudian el posible efecto de un conjunto de variables independientes sobre una o más dependientes, pretende extraer información significativa de una matriz de correlaciones, formada a partir de la obtención de datos en un conjunto de variables independientes, y así averiguar si las interrelaciones entre un conjunto de variables son explicables en términos de un pequeño número de éstas, no observadas o latentes (Ato y col, 1990, p. 158).

Al realizar la proyección de las 29 variables sobre unos cuantos factores ortogonales entre sí, además de analizar su grado de colinealidad, es posible analizar la existencia de variables que pueden presentar cierta componente "ortogonal" a la mayoría, lo que

podría ser una técnica significativa si se tiene en cuenta que uno de los objetivos fundamentales de esta investigación es poner de manifiesto el grado de dependencia de las variables con alto contenido físico con aquellas otras que evalúan primordialmente la capacidad operativa del sujeto.

Dicho de otro modo, el ACP permite transformar un conjunto de variables intercorrelacionadas en otro de no correlacionadas, denominadas factores, siendo éstos una combinación lineal de las variables originales o manifiestas (Bisquerra, 1989, p. 301). Los factores o variables latentes de las variables manifiestas, al ser ortogonales entre sí, dejan ver la estructura latente que subyace en los datos y que explica las relaciones lineales entre las variables manifiestas (Ato y col, 1990, p.158).

El primer factor que se extrae de las variables, es el que mejor resume la información contenida en la matriz de datos original y, por tanto, el que contribuye mejor a explicar la varianza total, el segundo factor resume mejor la restante información, es decir, aporta un máximo de la varianza residual restante y a la vez es independiente del primero (Bisquerra, 1989, p. 301). Este proceso se puede reiterar hasta que la varianza total explicada por la acumulación de las varianzas de cada factor sea del 100% (Dixon y otros, 1990, p. 317), sin embargo, no es propio del ACP llegar hasta este extremo, ya que lo que interesa precisamente es sacar un mínimo de factores que expliquen un máximo de variabilidad total (Bisquerra, 1989, p.302), por lo que se suelen



CAPÍTULO 5: ANÁLISIS CUANTITATIVO Y ESTRUCTURA DE LOS DATOS

elegir sólo los factores que explican una porción de varianza mayor que la unidad (Dixon y otros, 1990, p. 318). En la tabla 6 se puede apreciar que, por razones que se irán explicando, se han

Tabla 8.. COMUNALIDAD DE LAS VARIABLES

Variable	C.C.M	Comunalidad	C.C.M	Comunalidad	C.C.M	
Comunalidad						
	Tipo A	Tipo A	Tipo B	Tipo B	Tipo C	Tipo
C						
3. SEXO	0.9198	0.8554	-	-	-	-
4. EDAD	0.9994	0.9160	-	-	-	-
5. NIVEL	0.9993	0.9110	-	-	-	-
6. V_ANTES	0.9468	0.7659	0.8227	0.6971	0.8227	
0.7561						
7. V_POSTE	0.9816	0.8782	0.8700	0.8110	0.8700	
0.8175						
8. V_ZAPATO	0.9484	0.8627	0.7787	0.7275	0.7787	
0.7565						
9. V+-	0.9466	0.7481	0.8027	0.7054	0.8027	
0.7179						
10 F_CODO	0.9665	0.8445	0.8443	0.7458	0.8443	
0.8190						
11 F_DIRE	0.9800	0.7916	0.7582	0.5602	0.7582	
0.6648						
12 F_INTE	0.9536	0.8524	0.8115	0.5628	0.8115	
0.7159						
13 V_MICRO	0.9654	0.8276	0.7576	0.6733	0.7576	
0.7279						
14 C_BOLA	0.9799	0.8154	0.8743	0.7773	0.8743	
0.8254						
15 C_LARGO	0.9310	0.7997	0.8067	0.7134	0.8067	
0.7954						
16 C_BIPESO	0.9741	0.8307	0.6984	0.6536	0.6984	
0.6707						
17 C_BLOQUE	0.9646	0.7855	0.8368	0.7890	0.8368	
0.8034						
18 C_DF	0.9672	0.8911	0.8634	0.8384	0.8634	
0.8518						
19 C_K	0.9635	0.9042	0.8481	0.7892	0.8481	
0.8187						
20 MANUAL	0.9737	0.7233	0.7872	0.7215	0.7872	
0.7565						
21 O_CONSER	0.9540	0.7640	0.5553	0.4509	0.5553	
0.7247						
22 O_CONTR1	0.9571	0.9060	0.8595	0.6144	0.8595	
0.9218						
23 O_CONTR2	0.8988	0.7308	0.8004	0.5617	0.8004	
0.9049						
24. HILO_INC	0.9384	0.9138	-	-	-	-
25. GRAF_MAN	0.9204	0.8182	-	-	-	-
26. INCLINAR	0.9210	0.6534	-	-	-	-
27. P_MICRO	0.9822	0.8408	-	-	-	-
28. FxD	0.8539	0.7284	-	-	-	-
29. P_BIPESO	0.9027	0.6661	-	-	-	-

- Tipo A:** Para todas las variables (fundamentales y complementarias). Son cinco los factores que explican una varianza mayor de 1 (columna VP).



Juntos explican un 82% de la varianza total (columna PVA D, fila del 5º factor). Como es obvio, la proporción de varianza acumulada en el espacio definido por los factores, cuando se tienen en cuenta todos ellos, es de la unidad (columna PVA F, fila del 5º factor). La theta de Carmines (Θ en la última fila) es un factor con rango entre 0 y 1 que mide el grado de consistencia interna del ACP y será alto cuando los factores elegidos expliquen la mayor parte de la varianza con el mínimo de factores (Dixon y otros, 1990, p. 318), en este caso $\Theta = 0.9750$, que como se aprecia en la tabla 7, este alto resultado no es más que una manifestación de los coeficientes elevados de la matriz de correlación.

2. **Tipo B:** Sólo para las variables fundamentales, dejando que sean los criterios internos de este módulo quienes elijan el número de factores óptimos. El alto grado de correlación entre variables, hace que un solo factor explique el 60% de la varianza total (columna PVA D, fila del único factor). Este proceso de reducción posee una coherencia interna de $\Theta = 0.9734$, lo que significa que un solo factor puede explicar satisfactoriamente una porción de varianza significativa.
3. **Tipo C:** Sólo para las variables fundamentales, obligando al módulo a coger un total de factores igual a 3, aunque la varianza explicada por algunos de ellos sea inferior a la unidad. La consistencia interna del proceso de reducción sigue siendo la misma que en el tipo B, lo que significa que si bien se ha aumentado el número de factores, la proporción de varianza explicada también lo hace (78%).

En general, los datos de la tabla 6, que expresan el alto grado de representatividad que poseen los factores de las variables manifestas, no son más que una consecuencia del hecho de que dichas variables presenten un alto grado de correlación entre sí, como se pone de manifiesto en la tabla 7, donde se presentan, para cada variable y para cada tipo de ACP, el coeficiente de correlación múltiple (coeficiente de correlación de cada variable con todas las demás, casi todos superiores a 0.9 para el tipo A y 0.8 para los tipos B y C) y el grado de comunalidad (coeficiente de correlación de cada variable con todos los factores). Un ACP es satisfactorio cuando los coeficientes de correlación múltiple (CCM) son altos (Bisquerra, 1989, p. 299) y la varianza de las variables se puede explicar con pocos

factores (Dixon y otros, 1990, p. 318; Caridad, 1989, p. 145):

La interpretación de los factores de la columna de comunalidad se puede hacer teniendo en cuenta que representan la proporción de varianza de cada variable que es explicada por la combinación de los factores. Así por ejemplo, los cinco factores elegidos por el ACP tipo A explican el 86% de la varianza de la variable SEXO.

Según esto hay una serie de datos significativos que es necesario señalar:

De nuevo se confirma el alto grado de correlación existente entre las variables.

Para los ACP tipos B y C, las variables con mayor CCM son V_POSTE, F_CODO, C_BOLA, C_DF y C_K, que se manifiestan nuevamente como las que determinan significativamente el comportamiento de la muestra.



Tabla 9. PONDERACIONES FACTORIALES DE CADA VARIABLE RESPECTO A CADA UNO DE LOS FACTORES, UNA VEZ ROTADOS

		FACTOR1	FACTOR2	FACTOR3	FACTOR4	FACTOR5
C_K	19	0.835	0.347	0.000	0.000	0.000
C_DF	18	0.821	0.450	0.000	0.000	0.000
V_ANTES	6	0.790	0.284	0.000	0.000	0.000
O_CONSER	21	0.789	0.000	0.000	0.296	0.000
F_DIRE	11	0.770	0.359	0.000	0.000	0.000
V+-	9	0.757	0.403	0.000	0.000	0.000
O_CONTR1	22	0.746	0.302	-0.465	0.000	0.000
V_POSTE	7	0.709	0.541	0.000	0.000	0.000
C_BLOQUE	17	0.619	0.592	0.000	0.000	0.000
O_CONTR2	23	0.595	0.429	-0.437	0.000	0.000
F_INTE	12	0.373	0.829	0.000	0.000	0.000
EDAD	4	0.475	0.791	0.000	0.000	0.000
NIVEL	5	0.484	0.779	0.000	0.000	0.000
P_MICRO	27	0.408	0.774	0.000	0.000	0.000
C_LARGO	15	0.447	0.739	0.000	0.000	0.000
P_BIPESO	29	0.000	0.709	-0.292	-0.264	0.000
F_CODO	10	0.557	0.693	0.000	0.000	0.000
V_MICRO	13	0.476	0.692	0.000	0.257	0.000
FxD	28	0.538	0.649	0.000	0.000	0.000
V_ZAPATO	8	0.630	0.647	0.000	0.000	0.000
C_BOLA	14	0.629	0.632	0.000	0.000	0.000
C_BIPESO	16	0.588	0.625	0.000	0.000	0.000
MANUAL	20	0.523	0.615	0.000	0.000	0.000
INCLINAR	26	0.000	0.580	-0.487	0.000	0.000
GRAF_MAN	25	0.000	0.000	0.894	0.000	0.000
SEXO	3	0.000	0.000	0.000	0.910	0.000
HILO_INC	24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.945
VP		8.838	8.537	1.809	1.474	1.366

Obsérvese que el menor CCM tipo B, corresponde a la variable O_CONSER [0.5553] y que su comunalidad es aún menor [0.4509], sin embargo, con tres factores (tipo C) aumenta considerablemente [0.7247], algo semejante pasa con O_CONTR1 y O_CONTR2 que pasan de [0.6144] y [0.5617] a [0.9218] y [0.9049], respectivamente. Ello indica que el factor del análisis B se desentiende de estas variables, mientras que los dos factores añadidos en el análisis tipo C parecen tenerlas en cuenta y bastante. Esto es tanto más significativo en la medida en que son variables "operatorias".

Si aquí terminara el ACP, pocos son los datos relevantes que se sacarían de éste, quizá donde reside la potencia para reflejar la estructura subyacente de los datos de este análisis sea en el siguiente paso, donde se puede ver el grado de ponderación o proyección de cada variable sobre cada uno de los factores. La comunalidad de cada variable

se distribuye en coeficientes que dan la proporción de varianza que cada factor explica de la variable (Bisquerra, 1989, p.307; Dixon y otros, 1990, p.317), lo que, conociendo la naturaleza ortogonal de los factores, permitiría:

alinear variables que presentan un alto grado de proyección frente a un factor

distinguir entre las que dan una componente alta en factores que son distintos, ya que están presentando un cierto grado de ortogonalidad entre si.

Además, se mejoran las posibilidades de interpretación rotando los ejes factoriales de forma que se aproximen el máximo a las variables que dan componentes altas sobre dicho factor, de forma que los nuevos factores expliquen la misma proporción de varianza que los no rotados (Bisquerra, 1989, p.312).

Si eliminamos, a fin de mejorar la interpretación, las ponderaciones poco significativas (>0.25) se obtiene para el ACP tipo A, la tabla 8.

Los datos son bastante relevantes y llevan "por si solos" a una serie de regularidades:



1. Algunos factores parecen "construidos" para satisfacer la varianza de solo una variable, tal es el caso de HILO_INC, SEXO y GRAF_MAN, cuyas varianzas son explicadas por los factores 5, 4 y 3 en un 95%, 91% y 89%, respectivamente. Dichas variables no presentan ninguna proyección respecto a otro factor y son ellas mismas las únicas que presentan valores saturados para su correspondiente factor.
2. Hay un grupo de variables que presentan una componente mayor que 0.5 en el factor 1 y otra menor que 0.5 pero relevante en el factor 2, estas son C_K, C_DF, V_ANTES, O_CONSER, F_DIRE, V+-, O_CONTR1, V_POSTE, C_BLOQUE y O_CONTR2, mientras que F_INTE, EDAD, NIVEL, P_MICRO, C_LARGO, P_BIPESO, F_CODO, V_MICRO, FxD, V_ZAPATO, C_BOLA, C_BIPESO y MANUAL, presentan la porción mayor a 0.5 sobre el factor 2 y la menor sobre el factor 1, lo que no parece que sea una configuración numérica especialmente relevante sino que quizá sea más una diferenciación numérica debida a la mezcla de todas las variables, por lo que habría que centrarse especialmente en las variables fundamentales para ver que hay de fundamento en esta división.
3. Hay variables que presentan un comportamiento anómalo respecto al explicado en el apartado anterior, tal es el caso de P_BIPESO que no tiene componente en los factores 1 y 5, y con [0.709, -0.292 y -0.264] en los factores 2, 3 y 4 respectivamente y de INCLINAR sin componente en los factores 1, 4 y 5 y con [0.580 y -0.487] en los factores 2 y 3 respectivamente, lo que explica, en cierto modo, la correlación media de estas variables con respecto a las demás. Obsérvese que éstas no son fundamentales.
4. Respecto a las variables operatorias, de nuevo ofrecen un "comportamiento" diferenciador respecto a las fundamentales, donde reflejan cierta tendencia a dar componentes ortogonales a éstas, así O_CONSER presenta [0.789, 0, 0, 0.296, 0] en los respectivos factores y O_CONTR1 y O_CONTR2 dan un comportamiento paralelo con [0.746, 0.302, -0.465, 0, 0] y [0.595, 0.429, -0.437, 0, 0] respectivamente; lo que también parece

mostrar cierta ortogonalidad entre la primera variable operatoria y estas dos.

5. Las manifestaciones cognoscitivas categorizadas por las variables que tienen una componente considerable en los factores 1 y 2 deben ser diferentes a las que dan componentes saturadas en los factores 3, 4 y 5. Por ejemplo, la variable HILO_INC es muy posible que evalúe una impresión perceptiva del sujeto no relacionada con sus esquemas cognoscitivos transformadores, lo que habrá que confirmar analizando el contenido de estas variables. Otro ejemplo, la variable SEXO es independiente de la evolución cognoscitiva del alumno y esto viene reflejado con la componente saturada que da esta variable en el factor 4 (ver tabla 8).

Estos resultados llevan a analizar la matriz factorial rotada realizando un ACP para las variables fundamentales (tipo B), eliminando del análisis variables complementarias poco significativas y otras que no aportaban una información sobre las manifestaciones cognoscitivas del sujeto en el cuestionario como SEXO, EDAD y NIVEL.

Tabla 10. VP PARA 1 FACTOR

	FACTOR1
C_DF	18 0.916
V_POSTE	7 0.901
C_K	19 0.888
C_BLOQUE	17 0.888
C_BOLA	14 0.882
F_CODO	10 0.864
V_ZAPATO	8 0.853
MANUAL	20 0.849
C_LARGO	15 0.845
V+-	9 0.840
V_ANTES	6 0.835
V_MICRO	13 0.821
C_BIPESO	16 0.808
O_CONTR1	22 0.784
F_INTE	12 0.750
O_CONTR2	23 0.749
F_DIRE	11 0.748
O_CONSER	21 0.671
VP	12.392

Dado el alto CCM de las variables fundamentales (tabla 7), un solo factor es suficiente para explicar una proporción alta de la varianza total (69%), sin embargo el



resultado no aporta mucha más información de la que ya existe, tan solo la clasificación de las variables respecto a un único factor en orden decreciente de sus valores propios (tabla 9).

Nuevamente son variables como C_DF, V_POSTE, C_K, C_BLOQUE, C_BOLA, F_CODO y V_ZAPATO con componentes mayores a 0.85 las que marcan con mayor énfasis la tendencia exploratoria del cuestionario.

Tabla 11. MATRIZ FACTORIAL DE LAS VARIABLES FUNDAMENTALES RESPECTO TRES FACTORES, UNA VEZ ROTADOS

		FACTOR1	FACTOR2	FACTOR3
C_DF	18	0.912	0.000	0.000
C_BOLA	14	0.895	0.000	0.000
V_POSTE	7	0.894	0.000	0.000
C_BLOQUE	17	0.890	0.000	0.000
F_CODO	10	0.879	0.000	0.000
C_K	19	0.875	0.000	0.000
V_ZAPATO	8	0.863	0.000	0.000
C_LARGO	15	0.857	0.000	0.000
MANUAL	20	0.841	0.000	0.000
V_ANTES	6	0.833	0.000	0.000
V+-	9	0.833	0.000	0.000
V_MICRO	13	0.831	0.000	0.000
C_BIPESO	16	0.815	0.000	0.000
F_DIRE	11	0.760	0.000	0.000
F_INTE	12	0.757	0.000	-0.377
O_CONTR1	22	0.743	0.585	0.000
O_CONTR2	23	0.711	0.627	0.000
O_CONSER	21	0.660	0.000	0.536
VP	12.336	0.961	0.752	

C_BLOQUE, C_BOLA, F_CODO y V_ZAPATO ocupan las primeras posiciones y ahora las variables operatorias están justo al final de la lista.

Obsérvese que excepto F_INTE, O_CONTR1, O_CONTR2 y O_CONSER, todas las demás variables presentan sólo componente en el factor 1.

Las variables O_CONTR1, O_CONTR2 siguen manteniendo su comportamiento dando componentes por encima de 0.5 en los factores 1 y 2 mientras O_CONSER da dos componentes por encima de 0.5 en los factores 1 y 3, lo que confirma que las variables O_CONTR1 y O_CONTR2 presentan cierto grado de ortogonalidad con O_CONSER, y estas tres últimas poseen una componente ortogonal con respecto a las que miden principalmente contenidos físicos como C_DF, V_POSTE, etc. Se volverá más adelante sobre estos resultados.

Y como en otras ocasiones, se encuentran en los últimos lugares de esta lista a las variables operatorias, esto junto a la tendencia manifiesta de presentar cierta ortogonalidad con las otras variables llevó a realizar el ACP tipo C, forzando al módulo de análisis a extraer tres factores aunque estos explicarán un porcentaje de varianza menor a la unidad, con la sospecha de que si la proyección de una variable sobre un factor fuera casi exclusiva, la representatividad del factor de ésta sería alta. Con estas suposiciones se obtiene la matriz factorial de la tabla 10, donde el orden de las variables se ha alterado levemente respecto al ACP tipo B, otra vez, aunque con pequeñas permutas, las variables C_DF, V_POSTE, C_K,

**Tabla 12. AGRUPAMIENTOS DE VARIABLES**

V_ANTES (6)	90/88	90/87/84	86	85	84	86/80	82	82/81	76/77/80	74/
V_POSTE (7)	90	88/87/88	87	85	86	87/85	87	83/86	83/82/82	86/
C_DF (18)	92/86/90	87	87	90	92/84	86	87/85	83/81/83	80/	
C_K (19)	86/86	86	89	88	90/81	82	85/87	84/77/81	79/	
V+- (9)	81	87	84	83	84/86	84	82/86	80/76/83	76/	
V_ZAPATO (8)	88	85	87	87/82	86	84/77	78/80/80	83/		
F_CODO (10)	88/90	87/86	86	83/76	75/74/81	84/				
MANUAL (20)	88	88/82	82	80/84	83/73/77	81/				
C_BOLA (14)	90/86	88	87/78	79/76/86	80/					
C_BLOQUE (17)	85	88	86/81	81/76/79	83/					
V_MICRO (13)	90/84/77	79/75/79	80/							
C_LARGO (15)	85/77	80/76/78	85/							
C_BIPESO (16)	79	76/74/78	76/							
O_CONTR1 (22)	92/78/76	76/								
O_CONTR2 (23)	74/71	79/								
O_CONSER (21)	77	70/								
F_DIRE (11)	80/									
F_INTE (12)										

3.3 Análisis cluster de variables

El análisis cluster de variables (ACV) como método clasificatorio sin necesidad de requisitos previos, es generalmente aconsejado (Ato y col, 1990, p. 187) para una primera visión de la estructura subyacente de los datos. Su objetivo es semejante al del ACP y consiste en analizar la interrelación entre las variables de una matriz de datos (Dixon y otros, 1990, p. 807), sin embargo, los procedimientos de cálculo son diferentes y con ellos los resultados, pues mientras el primero parte de la matriz de correlaciones, el segundo lo hace del análisis de similitud de la matriz de datos.

El ACP para 29 variables ofrece unos resultados menos "interpretables" que considerando sólo las 18 variables fundamentales, debido a que existen variables complementarias que tienen una "dirección" diferente a las anteriores y por la existencia de variables que no miden ningún rasgo cognoscitivo. Por esto, se presenta sólo el análisis cluster de las 18 variables fundamentales, ya que es decisiva la selección de aquéllas que sean relevantes para identificar los grupos, de acuerdo con el objetivo que se pretenda conseguir en el estudio (Bisquerra, 1989, p. 400).

El ACV comienza considerando cada variable como un cluster, según un criterio de similitud, se van agrupando las más similares entre sí o

**Tabla 13.** V ES EL VALOR SIMBÓLICO Y C EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN REAL

V C	V C	V C	V
-10000 0.500	-05500	00000	75
-05900 0.600	-00400	05100	80
-00800 0.700	-05300	00200	85
-05700 0.800	-00200	05300	90
-00600 0.900	-05100	00400	95

éstas a un cluster ya formado, el proceso continúa, paso a paso, hasta que todas las variables se encuentran bajo un solo cluster (Dixon y otros, 1990, p. 807). Debido a la alta correlación existente en las distintas variables, se utilizó como método de agrupamiento el de máxima distancia o mínima similitud (linkage = complete) que permite una mejor diferenciación de los clusters de variables formados (Sánchez Carrión, 1984, p. 178) y que se expone en la siguiente matriz triangular con líneas separadoras de los clusters en la tabla 11.

Para encontrar los valores con que se relaciona una determinada variable con las que hay por encima de ella hay que seguir la diagonal que parte de su nivel hacia arriba. Por ejemplo C_BOLA se relaciona con el índice 88 con C_K y 90 con C_BLOQUE.

Los valores que relacionan las distintas variables responden a una escala de 0 a 100 de acuerdo con la correspondencia establecida en la tabla 12

Se pasa a describir la serie de cluster y subcluster que se han formado:

1. En la parte superior se encuentran los clusters con mayor número de elementos que coinciden con las variables que poseen mayor índice de correlación, mientras que en la parte inferior se encuentran las variables que peor correlacionan con todas las demás como son O_CONTR1, O_CONTR2, O_CONSER, F_DIRE y F_INTE, si bien

el ACP muestra una estructura de ortogonalidad que explica el por qué de esta cierta independencia.

2. En la parte superior se distinguen tres grandes clusters, el primero formado por las variables [V_ANTES, V_POSTE, C_DF, C_K, V+-], el segundo por [V_ZAPATO, F_CODO, MANUAL, C_BOLA, C_BLOQUE] y el tercero por [V_MICRO, C_LARGO y C_BIPESO]. Obsérvese que el primer y segundo cluster contienen las variables que mayor grado de comunalidad han presentado frente al primer factor del ACP (C_DF, V_POSTE, C_K, C_BLOQUE, C_BOLA, F_CODO y V_ZAPATO).
3. Dentro de los clusters, existen determinados subclusters donde la relación de las variables que lo integran resulta curiosa, así [V_ANTES y V_POSTE], [C_DF y C_K], [V_MICRO y C_LARGO] y [F_DIRE y F_INTE] tienen de común que se han construido en base a categorías relativas a ítems contiguos del cuestionario y, por tanto, con un contenido físico semejante, sin embargo, [O_CONTR1 y O_CONTR2] se refieren a una variable física independiente y su similitud es de tipo operatoria, además, mientras O_CONTR1 se corresponde con unos ítems del cuestionario que se administran a la mitad de la entrevista, los ítems de O_CONTR2 se administran al final. [C_BOLA y C_BLOQUE] se refieren a tareas bastante diferentes, pero centran su interés en el centro de masas del objeto.

En definitiva, el ACV además de confirmar resultados ya obtenidos por el ACP, presenta interesante similitudes entre pares de variables que serán interpretadas en base a su contenido más adelante.

**Tabla 14. AGRUPAMIENTOS DE CASOS**

N°	Nombre	Agrupamientos
1 96	Luk	
3 92	Sim	10. / / /
4 92	Gal	5. - / / /
2 95	Man	11. / / /
5 90	Mer	21. / / /
9 81	Gon	27. - - - - /
8 81	Lis	20. - - - - /
14 72	Rev	8. - - / / /
11 77	Per	2. - / / / /
10 79	Fin	14. / / / /
7 83	Dal	19. - / / / /
6 88	Ter	28. / / / /
15 69	Cin	30. - / / / /
13 74	Fan	32. / / / /
21 53	Nor	34. - - - - /
16 67	Mif	31. - - - - /
18 64	Des	17. / / / /
20 58	Gen	3. - / / / /
19 62	Rom	22. / / / /
17 65	Pin	23. / / / /
12 75	Zip	37. / / / /
23 47	Fel	38. - - - - -
24 47	Car	9. / / / /
31 38	Nic	33. - - - - -
26 42	Ton	29. - - - - -
34 34	Her	15. - / / / /
30 39	Cis	16. / / / /
36 28	Lid	13. - - - - /
39 24	Lor	1. / / / /
40 19	Pek	4. - / / / /
37 26	Lil	12. / / / /
35 31	Bed	7. - - / / /
38 26	Len	6. / / / /
33 34	Van	18. / / / /
28 41	Pat	24. - / / / /
27 42	Rez	25. / / / /
32 35	Ram	26. / / / /
25 43	Ser	35. / / /
29 39	Ner	36. / /
22 47	Kin	39. /

4

Agrupamiento de entrevistados por su comportamiento semejante.

El objetivo que se pretende ahora es dividir la muestra en grupos, en los que los sujetos integrantes de cada uno presenten un comportamiento similar entre sí, de este modo, a través de las categorías asociadas a cada individuo y de los grupos categóricos, se puede caracterizar cognoscitivamente cada uno de los grupos. Dicha caracterización puede ser utilizada como sistema de referencia para

evaluar las respuestas individuales de dicho grupo más adecuadamente, así como para detectar respuestas que divergen de la norma.

Por otro lado, las variables O_CONTR1, O_CONTR2 y O_CONSER dividen a la muestra en niveles según su capacidad operatoria, lo que permitiría, comparando dichos niveles con los grupos realizados en el análisis cluster de casos (ACC), obtener algunas conclusiones relativas a esquemas de búsqueda deducidos de las hipótesis como son:

el grado de convergencia de sujetos con similar capacidad operatoria (EQB_{H2})



el nivel de diferenciación en los esquemas explicativos de sujetos pertenecientes a grupos de distinto nivel cognoscitivo (EQB_{H7})

comprobar si sujetos que no superan el nivel preoperacional poseen esquemas explicativos donde se lleve a cabo una transformación (EQB_{H3}).

Además, el ACC se puede utilizar como una prueba independiente que permite contrastar, al menos parcialmente, la adecuación del sistema de categorías jerarquizado a la naturaleza ontogenética de los datos empíricos, analizando

el grado de paralelismo entre los grupos realizados teniendo en cuenta la variable RAC y los creados en base al comportamiento similar ante el cuestionario. En efecto, si la puntuación RAC se obtiene mediante posicionamientos del individuo en cada grupo taxonómico, que no reflejan el nivel de respuesta medio y toma posicionamientos dependiendo más de un criterio inapropiado del investigador que de otro más acomodado a su nivel cognoscitivo, el sujeto obtendría posiciones aleatorias en los grupos categoriales y la posibilidad de que el ACC asocie a dicho sujeto con otro con un nivel cognoscitivo similar es bastante baja, y sólo una armonía en los posicionamientos (ausencia de picos) podría aumentar dicha probabilidad.

exceptuando a Pin y sobre todo a Zip. El par [Gen, Rom] presenta una gran similitud.

4.1 Análisis cluster de casos

Se puede ver en la tabla 13 que el ACC ha dividido a la muestra en dos grandes clusters [Luk-Zip] y [Fel-Kin].

En el segmento [Luk-Zip] los sujetos se pueden clasificar en tres grupos bastante definidos:

1. [Luk, Sim, Gal, Man, Mer], donde se aprecia una alta similitud [Gal, Man] y [Luk, Sim], y donde Mer es el sujeto más apartado.
2. [Gon, Lis, Rev, Per, Fin, Dal, Ter, Cin, Fan], dentro del grupo se aprecia una similitud entre sujetos muy buena, pero habría que distinguir por un lado el grupo [Gon, Lis, Rev, Per, Fin, Dal, Ter] y por otro el de [Cin, Fan].
3. [Nor, Mif, Des, Gen, Rom, Pin, Zip] se presenta como un grupo compacto



En

Tabla 15. PUNTUACIONES FACTORIALES DE LOS SUJETOS PARA UNO
Y TRES FACTORES

RAC			PF1	PF1	PF2	PF3
96	Luk	1	1.677	1.667	0.287	-0.297
95	Man	2	1.647	1.573	0.892	0.943
92	Sim	3	1.513	1.555	-0.852	1.014
92	Gal	4	1.517	1.482	0.448	0.439
90	Mer	5	1.431	1.354	1.039	0.534
88	Ter	6	1.273	1.244	0.559	-0.289
83	Dal	7	1.060	1.116	-0.815	0.086
81	Lis	8	1.009	0.960	0.619	0.476
81	Gon	9	1.001	1.046	-0.647	0.070
79	Fin	10	0.901	0.865	0.722	-0.583
77	Per	11	0.861	0.808	1.152	-1.225
75	Zip	12	0.724	0.829	-1.461	-0.229
74	Fan	13	0.794	0.711	1.222	0.108
72	Rev	14	0.630	0.562	1.130	-0.384
69	Cin	15	0.556	0.507	0.836	-0.323
67	Mif	16	0.383	0.414	-0.515	0.224
65	Pin	17	0.322	0.460	-1.519	-1.840
64	Des	18	0.226	0.305	-0.855	-1.119
62	Rom	19	0.194	0.346	-2.426	0.645
58	Gen	20	-0.003	0.142	-1.842	-1.063
53	Nor	21	-0.197	-0.151	-0.964	1.011
47	Kin	22	-0.496	-0.513	-0.683	3.295
47	Fel	23	-0.413	-0.548	1.990	-0.042
47	Car	24	-0.412	-0.571	2.190	0.529
43	Ser	25	-0.658	-0.673	-0.129	1.164
42	Ton	26	-0.688	-0.635	-0.420	-1.371
42	Rez	27	-0.643	-0.647	-0.213	0.923
41	Pat	28	-0.763	-0.770	-0.037	0.395
39	Ner	29	-0.776	-0.686	-1.089	-0.979
39	Cis	30	-0.799	-0.841	0.592	0.003
38	Nic	31	-0.889	-0.831	-0.883	-0.044
35	Ram	32	-0.990	-0.983	0.294	-1.548
34	Van	33	-1.003	-0.970	-0.263	-0.937
34	Her	34	-0.976	-1.026	1.079	-1.357
31	Bed	35	-1.129	-1.109	-0.040	-1.076
28	Lid	36	-1.234	-1.244	-0.137	0.858
26	Lil	37	-1.313	-1.341	0.436	-0.261
26	Len	38	-1.320	-1.330	0.050	0.179
24	Lor	39	-1.399	-1.436	-0.005	1.806
19	Pek	40	-1.616	-1.642	0.256	0.264





cuanto al segmento inferior [Fel-Kin] se podrían distinguir varios grupos, comenzando por el más definido:

4. [Lid, Lor, Pek, Lil, Bed, Len, Van] son los sujetos con peor rendimiento en el cuestionario, pero que presentan una alta similitud entre ellos, dentro de este grupo se pueden distinguir por su mayor similitud los pares [Lid, Lor], [Pek, Lil] y el trío [Bed, Len, Van].
5. [Fel, Car, Nic, Ton, Her, Cis] es un grupo muy bien definido por el par [Fel, Car] y el trío [Ton, Her, Cis], y donde Nic parece apartarse un poco.
6. [Pat, Rez, Ram, Ser, Ner, Kin] es el grupo cuyos elementos presentan menos similitud, exceptuando el par [Pat, Rez]. Kin, Ner y, en menor medida, Ser son los sujetos más alejados dentro de la similitud del grupo.

4.2 Sujetos operatorios.

Otro modo de diferenciar el comportamiento de los sujetos para formar grupos significativos es a través de las puntuaciones factoriales que ofrece el ACP, y que son aquellas que obtendrían los sujetos en caso de que las variables manifiestas se sustituyeran por las factoriales.

Estas puntuaciones (ver tabla 14) se presentan tipificadas y expresan el rendimiento de cada sujeto para los ACP tipos B (variables fundamentales) y C (variables fundamentales y ACP de tres factores). La primera columna PF1 se refiere a las puntuaciones factoriales obtenidas por los sujetos en el análisis B y las columnas siguientes PF1, PF2 y PF3 son las puntuaciones del análisis tipo C, de forma que PF1 recoge la tendencia básica del conjunto de variables, y PF2 y PF3 permiten distinguir a los sujetos con mayor capacidad operatoria.

En este sentido se puede apreciar el grupo [Per, Fan, Rev, Fel, Car y Her] con las mejores puntuaciones en el factor 2 (definido por dos componentes de O_CONTR1, O_CONTR2 mayores de 0.5), aunque sus puntuaciones en PF1 no sean las mejores y el grupo [Nor, Kin, Ser, Rez, Pek, Lor] posee las mejores puntuaciones de PF3.

5

Agrupamientos combinados casos-variables.

Los agrupamientos de este tipo se llevan a cabo, a diferencia de los ACV y ACC, mediante una agrupación interrelacionada de casos y

variables, de modo que básicamente se trata de caracterizar bloques por un subconjunto de casos que toman valores específicos respecto a un subgrupo de variables.

Se han realizado tres tipos de agrupamientos, utilizando técnicas diferentes para definir los bloques:

A partir de la variable RAC, utilizada como criterio de clasificación, se realizan una serie de grupos de casos según una función lineal respecto de las variables más discriminantes.

Se realiza como única transformación la reordenación de casos y variables de forma que queden espacialmente vecinos los casos que presentan categorías iguales.

Los agrupamientos se llevan a cabo, a diferencia de la técnica anterior que se basa en la posición categorial de cada sujeto, considerando aquellos casos que presentan un rendimiento medio similar en todas las variables.

5.1 Agrupamiento de casos según las variables más discriminantes

Puesto que el ACC pone en evidencia la importancia de la variable RAC y dado que los clusters construidos son disyuntos respecto a ésta, es conveniente realizar un análisis discriminante para ver qué grupos son construidos tomando como referencia la variable RAC (Caridad, 1989, p. 150). Además, es posible poner de relieve qué variables son las que mejor discriminan los grupos construidos.

El análisis discriminante permite configurar distintos grupos en una muestra, buscando la combinación de las variables que mejor discriminan los grupos realizados (Dixon y otros, 1990, p. 339), a la vez, la función de clasificación permite realizar futuras previsiones, clasificando nuevos casos en base a determinadas características (Bisquerra, 1989, p.243).



Tabla 17. AGRUPACIONES SEGÚN LAS VARIABLES MÁS DISCRIMINANTES C_K, C_BOLA, V_POSTE, C_BIPESO, F_CODO

			<u>Distancia D² de Mahalanobis y Probabilidad de estar en un grupo</u>									
G	Sujeto	M	A		B		C		D		E	
A	33	Van	1.2	0.965	7.8	0.035	49.8	0.000	102.2	0.000	190.0	0.000
	34	Her	1.2	0.965	7.8	0.035	49.8	0.000	102.2	0.000	190.0	0.000
	35	Bed	2.7	0.991	12.1	0.009	56.4	0.000	105.3	0.000	191.9	0.000
	36	Lid	0.6	0.998	12.9	0.002	56.6	0.000	111.9	0.000	200.8	0.000
	37	Lil	0.6	0.998	12.9	0.002	56.6	0.000	111.9	0.000	200.8	0.000
	38	Len	2.7	0.991	12.1	0.009	56.4	0.000	105.3	0.000	191.9	0.000
	39	Lor	1.6	1.000	19.5	0.000	71.9	0.000	130.0	0.000	221.2	0.000
	40	Pek	0.6	0.998	12.9	0.002	56.6	0.000	111.9	0.000	200.8	0.000
B	22	Kin	12.0	0.020	4.2	0.980	43.6	0.000	83.9	0.000	167.0	0.000
	23	Fel	22.9	0.000	6.7	0.999	20.7	0.001	43.4	0.000	106.7	0.000
	24	Car	20.8	0.000	5.0	0.999	22.0	0.000	53.2	0.000	129.4	0.000
	25	Ser	14.4	0.003	2.8	0.997	23.9	0.000	59.7	0.000	138.2	0.000
	26	Ton	14.6	0.001	1.4	0.999	25.0	0.000	62.5	0.000	142.2	0.000
	27	Rez	8.0	0.022	0.4	0.978	32.7	0.000	73.0	0.000	155.0	0.000
	28	Pat	11.0	0.041	4.7	0.959	41.6	0.000	80.3	0.000	162.2	0.000
	29	Ner	15.0	0.188	12.1	0.812	34.3	0.000	79.3	0.000	161.3	0.000
	30	Cis	9.1	0.080	4.2	0.920	43.0	0.000	89.7	0.000	175.1	0.000
	31	Nic	25.9	0.000	7.7	1.000	26.8	0.000	61.3	0.000	133.3	0.000
	32	Ram	18.6	0.001	3.7	0.999	36.8	0.000	76.0	0.000	158.0	0.000
C	12	Zip	108.0	0.000	62.4	0.000	10.6	0.036	4.0	0.964	25.5	0.000
	13	Fan	80.7	0.000	44.9	0.000	5.8	0.606	6.7	0.394	32.8	0.000
	14	Rev	51.0	0.000	29.7	0.000	6.1	0.997	17.8	0.003	59.0	0.000
	15	Cin	64.2	0.000	39.9	0.000	4.1	0.965	10.7	0.035	39.1	0.000
	16	Mif	64.0	0.000	30.6	0.000	6.6	0.954	12.7	0.046	58.0	0.000
	17	Pin	56.5	0.000	44.7	0.000	12.3	1.000	33.0	0.000	70.2	0.000
	18	Des	46.3	0.000	15.8	0.025	8.4	0.975	29.3	0.000	92.1	0.000
	19	Rom	65.1	0.000	37.7	0.000	8.1	1.000	27.0	0.000	73.5	0.000
	20	Gen	60.9	0.000	26.9	0.000	5.6	1.000	21.7	0.000	74.7	0.000
	21	Nor	39.8	0.000	20.8	0.064	15.4	0.936	33.1	0.000	82.5	0.000
D	6	Ter	113.9	0.000	65.4	0.000	14.1	0.002	1.2	0.998	20.3	0.000
	7	Dal	135.5	0.000	82.9	0.000	20.4	0.000	3.0	0.999	18.7	0.000
	8	Lis	112.0	0.000	73.3	0.000	17.6	0.001	3.7	0.986	12.3	0.013
	9	Gon	136.1	0.000	90.1	0.000	19.3	0.001	4.7	0.990	13.9	0.010
	10	Fin	82.4	0.000	41.5	0.000	8.3	0.142	4.7	0.858	36.1	0.000
	11	Per	90.6	0.000	52.0	0.000	6.4	0.063	1.0	0.937	23.6	0.000
E	1	Luk	211.5	0.000	153.6	0.000	59.4	0.000	22.0	0.000	1.0	1.000
	2	Man	204.7	0.000	154.1	0.000	59.0	0.000	22.8	0.000	1.8	1.000
	3	Sim	227.4	0.000	165.3	0.000	67.0	0.000	25.0	0.000	1.7	1.000
	4	Gal	182.1	0.000	135.5	0.000	51.6	0.000	20.0	0.000	2.4	1.000
	5	Mer	169.1	0.000	117.2	0.000	34.7	0.000	8.7	0.050	2.8	0.950

El añadido a la orden /VARIABLE para realizar la entrada al módulo de análisis discriminante se pueden ver en la tabla 15.

La tabla 16 muestra los cinco grupos contruidos, en cada uno de los cuales se han especificado la distancia D^2 de Mahalanobis (Bisquerra, 1989, p. 45) y la probabilidad de

cada sujeto de estar en los diferentes grupos establecidos. Se puede apreciar que, a excepción de Zip, respetan el orden establecido por la variable de clasificación RAC, además, aunque el algoritmo de clasificación es bastante diferente al que utiliza ACC, se aprecia cierto paralelismo entre los grupos aquí contruidos y los realizados por el ACC. En el momento oportuno se intentará interpretar estos resultados.



5.2 Bloques de casos similares respecto a determinadas variables

El método de agrupamientos en bloque (Block Clustering) es apropiado para variables cualitativas de menos de diez categorías (Bisquerra, 1989, p.429), y consiste en realizar un reorden sobre la matriz de datos, sin transformar éstos, con el fin de crear bloques formados por grupos de casos que presentan valores constantes para un grupo de variables. Estos bloques serán resaltados mediante símbolos (Dixon y otros, 1990, p. 829).

Para hacer este análisis se ha utilizado el módulo **3M** "Block Clustering" del BMDP, para lo cual, a las órdenes de entrada se les han añadido las que se presentan en la tabla 17.

Tabla 18. AÑADIDO PARA EL ANÁLISIS DE BLOQUES DE CASOS Y VARIABLES

/BLOCK	REFINE.
/CATEGORY	
/PRINT	REORDER.

La instrucción /BLOK REFINE sirve para forzar al módulo, una vez finalizado el reorden, a continuar el proceso a fin de construir bloques mejor definidos (Dixon y otros, 1990, p. 835). Además se ha añadido la orden /PRINT REORDER a fin de presentar la matriz de datos reordenada, pues la que presenta el módulo por defecto marca los bloques mediante símbolos y letras y el resultado es complejo de interpretar.

**Tabla 19. BLOQUES DE CASOS Y VARIABLES**

		C_BIPESO (7)							C_K (5)											
		V_MICRO (7)							C_DF (5)											
		C_BLOQUE (6)							O_CONTR1 (4)											
		V_ANTES (6)							O_CONTR2 (4)											
		V_POSTE (8)							O_CONSER (5)											
		F_DIRE (5)							V_ZAPATO (7)											
		C_LARGO (7)							F_CODO (5)											
		V+- (8)							F_INTE(5)											
		C_BOLA (5)							MANUAL(5)											
39	Ner	1	4	1	2	2	5	2	5	1	1	1	1	1	1	4	5	1		
47	Kin	4	3	2	3	3	5	2	6	1	1	3	2	1	4	3	1	2	1	
53	Nor	3	3	2	3	3	3	3	5	1	3	2	1	1	4	5	4	4	3	
65	Pin	3	6	4	2	3	3	7	4	4	2	3	1	2	3	6	4	5	3	
75	Zip	6	5	6	3	5	3	6	6	3	3	4	2	1	4	5	5	5	3	
83	Dal	5	7	4	5	8	4	6	6	3	3	4	2	3	4	6	5	5	3	
72	Rev	3	6	5	3	6	4	6	6	3	2	3	3	4	4	3	3	5	3	
88	Ter	6	6	5	5	7	4	7	7	3	3	3	3	4	4	7	4	5	5	
81	Lis	5	6	4	3	6	5	7	7	3	4	3	3	4	5	4	4	5	3	
79	Fin	5	7	6	3	6	3	6	7	2	3	4	3	3	4	4	4	5	4	
77	Per	5	6	6	3	6	3	5	5	3	3	4	3	4	3	5	4	5	4	
69	Cin	4	4	4	2	4	5	3	7	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	
74	Fan	6	5	3	2	4	5	4	4	3	3	4	4	4	4	6	4	5	4	
95	Man	5	4	6	6	8	5	7	8	4	5	5	4	4	4	6	5	5	4	
81	Gon	5	5	5	4	7	5	4	8	4	3	3	3	2	3	6	5	5	4	
92	Sim	7	6	5	6	8	5	5	6	4	5	5	3	2	4	6	5	5	5	
90	Mer	6	6	5	4	7	5	6	8	4	4	3	4	4	5	4	5	5	5	
92	Gal	6	5	6	5	7	5	6	6	4	5	5	3	4	4	7	4	5	5	
96	Luk	7	7	6	5	7	5	7	8	4	5	5	4	3	3	5	5	5	5	
43	Ser	2	4	1	3	4	2	3	5	1	1	1	2	1	3	3	3	2	2	
58	Gen	5	4	3	2	5	4	6	3	3	1	2	1	1	3	3	4	5	3	
47	Fel	3	2	1	2	5	2	3	3	1	2	2	3	3	3	3	2	5	2	
42	Rez	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	2	1	4	2	2	4	3	
41	Pat	3	3	1	1	4	3	4	4	1	1	1	2	1	3	3	1	4	1	
42	Ton	3	3	2	3	3	2	4	4	1	1	1	1	1	1	2	3	4	3	
31	Bed	1	4	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	
26	Len	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	4	1	
24	Lor	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	2	1
38	Nic	6	5	1	1	2	2	3	4	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	
34	Her	2	3	1	1	1	2	4	3	1	1	1	2	2	1	1	2	3	3	
28	Lid	1	3	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	3	2	2	2	3	
19	Pek	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
26	Lil	1	2	1	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	
34	Van	2	2	3	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	2	3	2	4	3	
35	Ram	5	2	3	1	2	1	2	2	1	1	1	1	2	1	3	2	4	1	
47	Car	2	3	1	2	5	1	2	5	1	1	2	3	3	4	2	3	4	3	
64	Des	4	6	2	2	5	4	6	5	2	1	2	2	2	3	6	4	5	3	
39	Cis	4	3	1	2	1	2	4	5	1	1	2	2	2	2	1	2	3	1	
67	Mif	3	4	3	2	7	5	5	5	2	2	4	2	2	4	6	4	5	3	
62	Rom	5	4	3	3	4	5	5	4	4	1	3	1	1	4	4	4	4	3	



Al estar construidas estas variables en base a



categorías realizadas sobre reacciones cognitivas de los alumnos, no cabe esperar la presencia de grandes clusters, ya que la mente no es un ente simple que presente fieles reacciones ante la misma demanda, así, un planteamiento que resulte más familiar o que ha sido más vivido, un momento de "acierto cognoscitivo" o de "descanso cognoscitivo", un centramiento intuitivo en datos relevantes o irrelevantes, etc, pueden llevar al entrevistado a salirse de su comportamiento cognoscitivo normal, lo que se traduce en una categorización por encima o por debajo de su estatus categorial.

La matriz de datos refleja algunas categorías que podrían catalogarse como anómalas, bien porque suponen un pico en la normal evolución de un individuo (anomalía horizontal, abreviadamente AH), o porque, ordenados los sujetos en orden decreciente, una determinada variable presente una categoría que se sale del normal decrecimiento apreciado en los datos (anomalía vertical, AV). Generalmente las anomalías suelen darse unidas (AHV).

La matriz de datos reordenada (tabla 18) presenta ciertas anomalías, como por ejemplo, la de Lor en la variable O_CONSER. Pero hay otras también importantes como la de Len en F_DIRE (abreviadamente [Len, F_DIRE]) y [Ner, F_INTE], [Zip, O_CONTR2], [Man, V_MICRO], etc.

Dejando las anomalías y volviendo sobre las regularidades, que es lo que resalta este análisis, la conclusión más importante que se obtiene de los datos, que se apuntó al hacer el ACC, es que resulta más sencillo categorizar las reacciones más extremas que las intermedias, por esta razón, los clusters mayores se forman en los grupos de sujetos con mayor y menor puntuación RAC, por ejemplo:

Bloque 6x18 formado por sujetos con el rendimiento más alto: [Man, Gon, Sim, Mer, Gal, Luk] x [TOTAL LAS VARIABLES FUNDAMENTALES], salvo 3 ó 4 AHV.

Bloque 8x9 formado por sujetos con rendimiento bajo, siendo en las variables de éste bloque donde dicho rendimiento es menor: [Bed, Len, Lor, Nic, Her, Lid, Pek, Lil] x [C_BOQUE, V_ANTES, C_BOLA, C_K, C_DF, O_CONTR1, O_CONTR2, V_ZAPATO, F_CODO].

Después, en los sujetos de rendimiento medio, se dan algunos bloques pero su dimensión es más pequeña, estos son:

Bloques de 3x7 y 2x6 formados por sujetos de rendimiento medio y que dan rendimientos medios en las variables del

bloque: [Kin, Nor, Pin] x [C_BIPESO, V_ANTE, V_POSTE, F_DIRE, O_CONSER, V_ZAPATO, MANUAL]. [Mif, Rom] x [C_BIPESO, V_MICRO, C_BLOQUE, V_ANTE, C_LARGO, V+-]

Bloque 5x5 formado por sujetos con rendimiento medio bajo pero que en estas variables dan un rendimiento bajo. [Van, Ram, Car, Des, Cis] x [C_BOLA, C_K, C_DF, O_CONTR1, O_CONTR2].

Bloque 3x6 formado por sujetos con rendimiento medio alto pero que en estas variables dan un rendimiento alto. [Ter, Lis, Fin] x [C_LARGO, V+-, O_CONTR1, O_CONTR2, F_CODO, F_INTE].

Se podrían seguir definiendo nuevos bloques pero sus dimensiones son tan reducidas que prácticamente no son significativos.

5.3 Grupos de casos por comportamiento similar frente a todas las variables



Tabla 21. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FRENTE A CUATRO AGRUPAMIENTOS

	*	*	*	*
C_BOLA	--1--	2	-3-	+--4---
V_POSTE	--1--	-2--	-3-	-+4---
C_BLOQUE	-1--	-2--	--3--	-+4---
C_DF	--1---	--2+	-3	-+4--
F_CODO	--1--	----2+--	-3-	-4-
C_K	---1---	--2+	3	--4+--
C_LARGO	---1--	--2+	--3---	--4-
V_ZAPATO	---1--	--2+-	--3--	--4---
O_CONTR1	---1--	---2---	--3-	--4-+
MANUAL	---1--	---2+-	---3--	4
O_CONTR2	---1--	---2+-	--3-	-4-+
V_MICRO	--1---	-2-	---3---+	+4---
V -	--1---	---2---	--3---	--4--
V_ANTES	+---1----	--2--	-3-	--4-
F_INTE	1	---2+---	---3---+	-4--
F_DIRE	--1--	---2+---	--3--	+4--
C_BIPESO	--1---	--2+	---3---+	-+4---
O_CONSER	---1--	---2-----	---3---	+4--
	*	*	*	*

Para hacer los agrupamientos se ha utilizado el método KM (Dixon y otros, 1990, p. 891), donde inicialmente se indica el número de grupos que se desean diferenciar en el análisis, de forma tal que al final del proceso cada caso pertenece al cluster cuyo centro está más cercano a él, utilizando la distancia euclidiana para medir la proximidad entre casos y respecto al centro del grupo (Bisquerra, 1989, p.420).

Para realizar este análisis con el BMDP se ha aplicado el módulo KM y se han incluido en la entrada las instrucciones de la tabla 19.

Se incluye en la orden /CLUSTER la suborden STAND = VAR que es necesario aplicar cuando las variables no están expresadas en las mismas unidades a fin de normalizar las puntuaciones, y NUMBER = 4 porque con este valor se han conseguido las mayores distancias entre ellos respecto de las distancias entre miembros de cada grupo.

Los resultados más importantes están expresados en la tabla 20.

Las variables están ordenadas en orden decreciente de F-ratio, factor que determina la importancia relativa de cada variable en la delimitación de los grupos (Dixon y otros, 1990, p. 895), decreciendo desde 58 de C_BOLA a 11.3 de O_CONSER.

Los grupos formados son los siguientes:

1. [Luk, Man, Gal, Mer, Ter, Dal, Lis, Per, Fan, Rev, Cin, Fin, Gon, Sim]
2. [Nor, Fel, Car, Ton, Rez, Pat, Ner, Ser, Kin]
3. [Cis, Nic, Her, Lid, Lil, Lor, Pek, Bed, Len, Van, Ram]
4. [Zip, Pin, Rom, Gen, Mif, Des]

La tabla 20 refleja principalmente el comportamiento homogéneo de cada grupo frente al conjunto de variables fundamentales,

Tabla 20. AÑADIDO DEL ANÁLISIS KM

```
/CLUSTER      STAND = VAR.
              NUMBER = 4.
```



esto es especialmente riguroso para los grupos 1 y 3, por aquello de que es más fácil catalogar los casos extremos que los de manifestaciones intermedias, pero en general, se pueden apreciar las bajas desviaciones frente a la media de todas las variables y la posición de la media de cada variable en cada grupo donde, a excepción de las variables C_K, O_CONTR1 y O_CONTR2 en el grupo 4 cuyo comportamiento es semejante al que se da en el grupo 2, la distancia de las medias de todas las variables en cada grupo se mantiene constante y diferente a la de otros grupos.

**Tabla 22. PARAMETROS ESPECIFICOS PARA LA ENTRADA AL AC**

/CATEGORY	CUTP (RAC)	= 34, 50, 75, 88.
	NAMES (RAC)	= A, B, C, D, E.
	CODES (SEXO)	= 1, 2.
	NAMES (SEXO)	= ALUMNO, ALUMNA.
	CUTP (EDAD)	= 8, 11, 15, 19.
	NAMES (EDAD)	= ENA, PEQ, CHA, MUC, MAY.
	CUTP (NIVEL)	= 3, 5, 9, 13.
	NAMES (NIVEL)	= EGB_1, EGB_2, EGB_3, MEDIAS, SUPERIOR.
	CODES (V_ANTES)	= 1 TO 6. CODES (V_POSTE) = 1 TO 8.
	NAMES (V_ANTES)	= '1A', '2A', '3A', '4A', '5A', '6A'.
	NAMES (V_POSTE)	= '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8'.
	CODES (V_ZAPATO)	= 1 TO 7. CODES ('V+-') = 1 TO 8.
	NAMES (V_ZAPATO)	= '1Z', '2Z', '3Z', '4Z', '5Z', '6Z', '7Z'.
	NAMES ('V+-')	= '1+', '2+', '3+', '4+', '5+', '6+', '7+', '8+'.
	CODES (F_CODO)	= 1 TO 5. CODES (F_DIRE) = 1 TO 5.
	NAMES (F_CODO)	= '1', '2', '3', '4', '5'.
	NAMES (F_DIRE)	= '1D', '2D', '3D', '4D', '5D'.
	CODES (F_INTE)	= 1 TO 5. CODES (V_MICRO) = 1 TO 7.
	NAMES (F_INTE)	= '1I', '2I', '3I', '4I', '5I'.
	NAMES (V_MICRO)	= '1M', '2M', '3M', '4M', '5M', '6M', '7M'.
	CODES (C_BOLA)	= 1 TO 4. CODES (C_LARGO) = 1 TO 7.
	NAMES (C_BOLA)	= '1', '2', '3', '4'.
	NAMES (C_LARGO)	= '1L', '2L', '3L', '4L', '5L', '6L', '7L'.
	CODES (C_BIPESO)	= 1 TO 7. CODES (C_BLOQUE) = 1 TO 6.
	NAMES (C_BIPESO)	= '1B', '2B', '3B', '4B', '5B', '6B', '7B'.
	NAMES (C_BLOQUE)	= '1', '2', '3', '4', '5', '6'.
	CODES (C_DF)	= 1 TO 5. CODES (C_K) = 1 TO 5.
	NAMES (C_DF)	= '1', '2', '3', '4', '5'.
	NAMES (C_K)	= '1', '2', '3', '4', '5'.
	CODES (MANUAL)	= 1 TO 5. CODES (O_CONSER) = 1 TO 5.
	NAMES (MANUAL)	= '1', '2', '3', '4', '5'.
	CODES (O_CONTR1)	= 1 TO 4. CODES (O_CONTR2) = 1 TO 4.
	NAMES (O_CONSER)	= '1B', '2A', '2B', '3A', '3B'.
	NAMES (O_CONTR1)	= '2A1', '2B1', '3A1', '3B1'.
	NAMES (O_CONTR2)	= '2A2', '2B2', '3A2', '3B2'.
	CODES (HILO_INC)	= 1 TO 2. CODES (GRAF_MAN) = 1 TO 2.
	CODES (INCLINAR)	= 1 TO 6. CODES (P_MICRO) = 1 TO 3.
	CODES ('FxD')	= 1 TO 9. CODES (P_BIPESO) = 1 TO 6.
	NAMES (HILO_INC)	= '1H', '2H'.
	NAMES (GRAF_MAN)	= '1G', '2G'.
	NAMES (INCLINAR)	= '1I', '2I', '3I', '4I', '5I', '6I'.
	NAMES (P_MICRO)	= '1M', '2M', '3M'.
	NAMES ('FxD')	= '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9'.
	NAMES (P_BIPESO)	= '1B', '2B', '3B', '4B', '5B', '6B'.
/END		
CORRES	VAR = C_DF, C_BOLA, V_POSTE, C_BLOQUE, F_CODO, C_K, V_ZAPATO,	
	C_LARGO, MANUAL. /	
SUPP	VAR = V_ANTES, 'V+-', V_MICRO. /	
PLOT	NO CASES. /	
SUPP	VAR = C_BIPESO, F_DIRE, F_INTE. /	
PLOT	NO CASES. /	
SUPP	VAR = O_CONTR1, O_CONTR2, O_CONSER. /	
PLOT	NO CASES. /	
SUPP	VAR = HILO_INC, GRAF_MAN, INCLINAR, P_MICRO, 'FxD', P_BIPESO. /	
PLOT	NO CASES. /	
SUPP	VAR = RAC, SEXO, EDAD, NIVEL. /	
PLOT	NO CASES. /	
PRINT	BURT. /	
END	/	

Tabla 23. PROPORCIÓN DE INERCIA EXPLICADA POR CADA FACTOR

Ejes	VP	% de inercia	% Acum.	
1	0.824	17.2	17.2	****
2	0.443	9.3	26.5	**
3	0.325	6.8	33.3	*
4	0.302	6.3	39.6	*
5	0.239	5.0	44.6	*
6	0.232	4.9	49.5	*
7	0.222	4.7	54.2	*
8	0.216	4.5	58.7	*
9	0.192	4.0	62.7	*

Queda evidente que el grupo 1 es el formado por sujetos de mayor rendimiento, el grupo 3 es el de bajo rendimiento, y los grupos 2 y 4 están integrados por sujetos de rendimiento medio bajo y medio alto respectivamente.

6

Aproximación a una distancia métrica entre datos categoriales. Análisis de correspondencia.

Dado el carácter categórico de las variables que se ponen en juego, y puesto que el análisis de correspondencia (AC) es una técnica para interpretar visualmente datos categóricos (Dixon y otros, 1990, p. 679), se aplica finalmente esta técnica sobre la matriz de datos.

El AC es especialmente adecuado como análisis exploratorio de la estructura latente de los datos, realizando una formalización geométrica sobre éstos que permite el paso de lo cualitativo a lo cuantitativo, de lo heterogéneo a una construcción de orden estructural (Cornejo, 1988, p. 99).

El AC parte de la matriz de Burt, para determinar los valores propios asociados a cada uno de los factores (Sánchez Carrión, 1984), por tanto se puede considerar como un caso particular de búsqueda de ejes principales de inercia de una nube de puntos en un espacio euclídeo, que utiliza como distancia CHI-2 o distancia ponderada de Benzecri (Cornejo, 1988, p. 98).

En este sentido, el AC se asemeja al análisis de componentes principales para variables categóricas (Dixon y otros, 1990, p. 679), pero va más allá profundizando en las relaciones de dependencia entre variables categoriales, analizando en términos de distancias la proximidad o alejamiento de las categorías que componen dichas variables, que se ponen de manifiesto al representar gráficamente dichas categorías en un espacio definido por unos ejes de máxima inercia (Cornejo, 1988, p. 97). Esto permite analizar cómo está estructurada esta relación, describiendo proximidades entre categorías que permiten identificar la causa de la relación (Bisquerra, 1989, p. 435). Además, el AC puede revelar relaciones no lineales que el ACP no podría detectar debido a que en el AC, más que el efecto de la magnitud, interesan los efectos de perfil y forma (Cornejo, 1988, p. 105)

6.1 Comandos de entrada al módulo AC

A fin de poder llevar a cabo el AC, se añaden en la entrada de órdenes iniciales otras nuevas presentadas en la tabla 21.

El comando /CATEGORY realiza dos importantes funciones, por un lado, permite intervalizar las variables no categóricas, nombrando a cada intervalo y, por otro, da un nombre diferenciador a las categorías de cada variable a fin de poder distinguirla y así poder analizar su evolución cuando se represente gráficamente.

El comando CORRESPondence permite indicar al módulo AC qué variables debe utilizar para calcular los ejes sobre los que se proyectarán las distintas categorías. En este análisis, se han



elegido las variables que mejor definen y discriminan el comportamiento de los sujetos y que se han manifestado como tales en anteriores análisis; estas son: C_DF, C_BOLA, V_POSTE, C_BLOQUE, F_CODO, C_K, V_ZAPATO, C_LARGO, MANUAL.

Con SUPPLEMENTARY se han listado, por grupos, el resto de las variables, que son proyectadas sobre los ejes determinados en el AC por las nueve variables más importantes, aunque éstas no hayan contribuido a la determinación de dichos ejes, pero que sin duda permitirán enriquecer mucho el marco interpretativo (Cornejo, 1988, p. 106).

Finalmente, a fin de graficar los datos se ha incluido la orden PLOT.

Con PRINT BURT se fuerza al módulo AC a presentar en la salida la matriz de Burt ya que por defecto ésta no se ofrece. Dado su tamaño (103x103), es imposible presentar esta matriz completa en un área de datos, en su lugar, a lo largo del capítulo 6 se presentarán las distribuciones de sujetos más significativas para cada par de variables.

6.2 El problema de los valores propios de la matriz de BURT



Tabla 24. CÁLCULO DE LOS VALORES PROPIOS TRANSFORMADOS (VPT) Y DEL PORCENTAJE ACUMULADO DE VARIANZA EXPLICADA (PAVE)

Ejes	VP	VPT	PVE	PAVE
1	0.824	0.713	31.661	31.661
2	0.443	0.332	14.743	46.404
3	0.325	0.214	9.503	55.907
4	0.302	0.191	8.481	64.388
5	0.239	0.128	5.684	70.072
6	0.232	0.121	5.373	75.445
7	0.222	0.111	4.929	80.374
8	0.216	0.105	4.663	85.037
9	0.192	0.081	3.597	88.634
10	0.182	0.071	3.153	91.787
11	0.166	0.055	2.442	94.229
12	0.156	0.045	1.998	96.227
13	0.145	0.034	1.510	97.737
14	0.136	0.025	1.110	98.847
15	0.127	0.016	0.711	99.558
16	0.121	0.010	0.444	100.000
17	0.111	0.000	0.000	
	4.139	2.252		

Un problema sistemático que presenta el AC, y que no es propio de este análisis cuando se ejecuta sobre dos variables, es la poca proporción de inercia total que explican los valores propios asociados a los factores (Dixon y otros, 1990, p. 684).

Se llama inercia total de la nube de puntos a la media de los cuadrados de las distancias de los N puntos al centro de gravedad, es decir, al origen representado por el perfil medio de filas y columnas. La inercia mide, en cierta forma, la dispersión de los puntos respecto a su centro de gravedad (Cornejo, 1988, p. 112).

En la tabla 22 se exponen los valores propios obtenidos para el AC de las nueve variables mencionadas.

La proporción de inercia explicada por los dos primeros ejes es de 26.5, siendo necesario un total de 34 ejes para explicar el 100%.

El hecho de que los valores propios sean tan bajos, llevó a Benzecri a proponer el cálculo de la tasa de inercia a partir de los valores propios transformados (Bisquerra, 1989, p. 460).

Los pasos a seguir para calcular los VPT son:

Calcular $B = 1/Q$, siendo Q el número de variables que intervienen en el análisis.

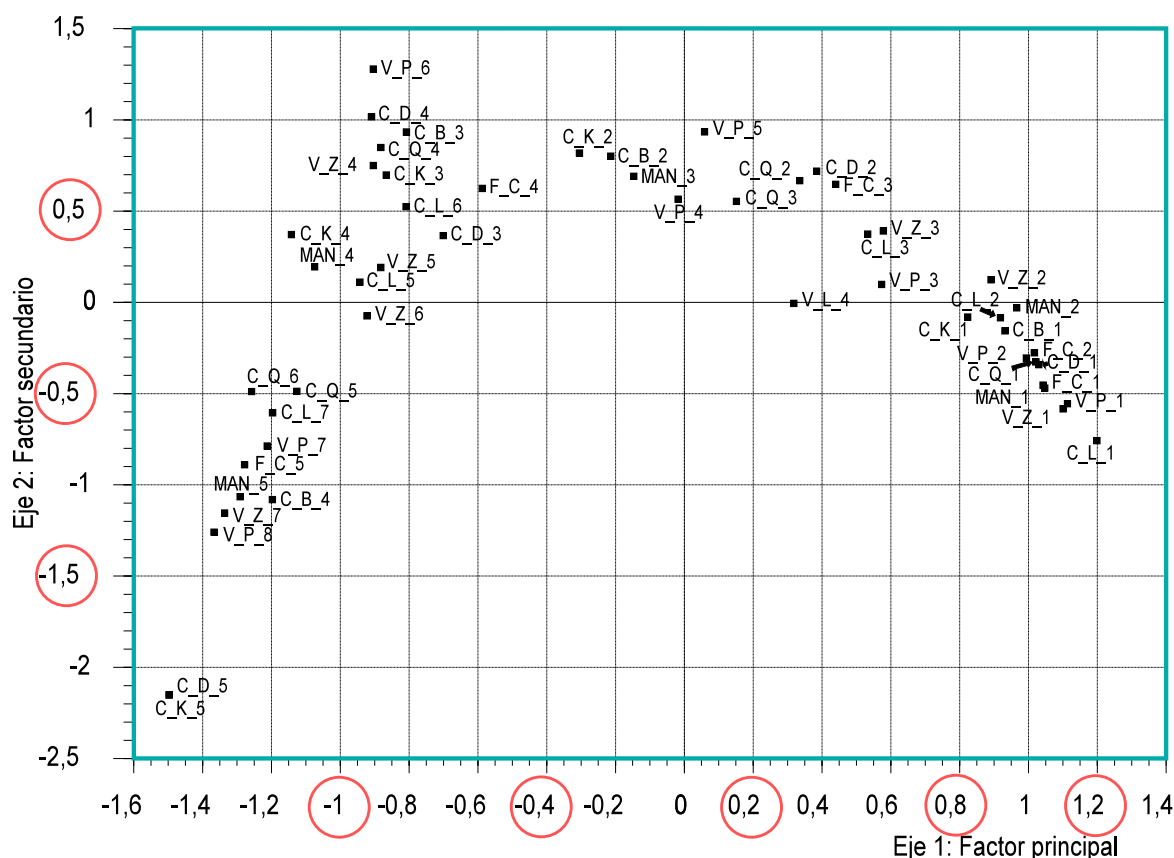
Se seleccionan los VP iguales o superiores a B.

Se calcula $VPT = VP - B$

d) Calcular el porcentaje de varianza explicada (PVE) a partir de VPT, mediante la fórmula $(VPT \cdot 100) / \text{Suma de VPT}$.

Calcular el porcentaje acumulado de varianza explicada (PAVE).

Estos cálculos se han realizado manualmente ya que, desgraciadamente, el BMDP no posee esta opción. Los resultados se expresan en la tabla 23. En ellos se aprecia un aumento significativo de la proporción de varianza explicada por los dos primeros ejes (46.4%). De todos modos es necesario significar el hecho de que las proporciones de inercia explicadas son generalmente bajas, como se puede comprobar en los ejemplos seleccionados de la bibliografía referida y que, dicho sea de paso, presentan proporciones aún más bajas que las calculadas en este AC.



Gráfica . AC con C_DF, C_BOLA, V_POSTE, C_BLOQUE, F_CODO, C_K, V_ZAPATO, C_LARGO, MANUAL

6.3 Exposición y descripción de la representación gráfica de las categorías en el AC

En la gráfica 12 se puede apreciar la disposición de las variables que mejor definen y discriminan el comportamiento de los distintos grupos de la muestra.

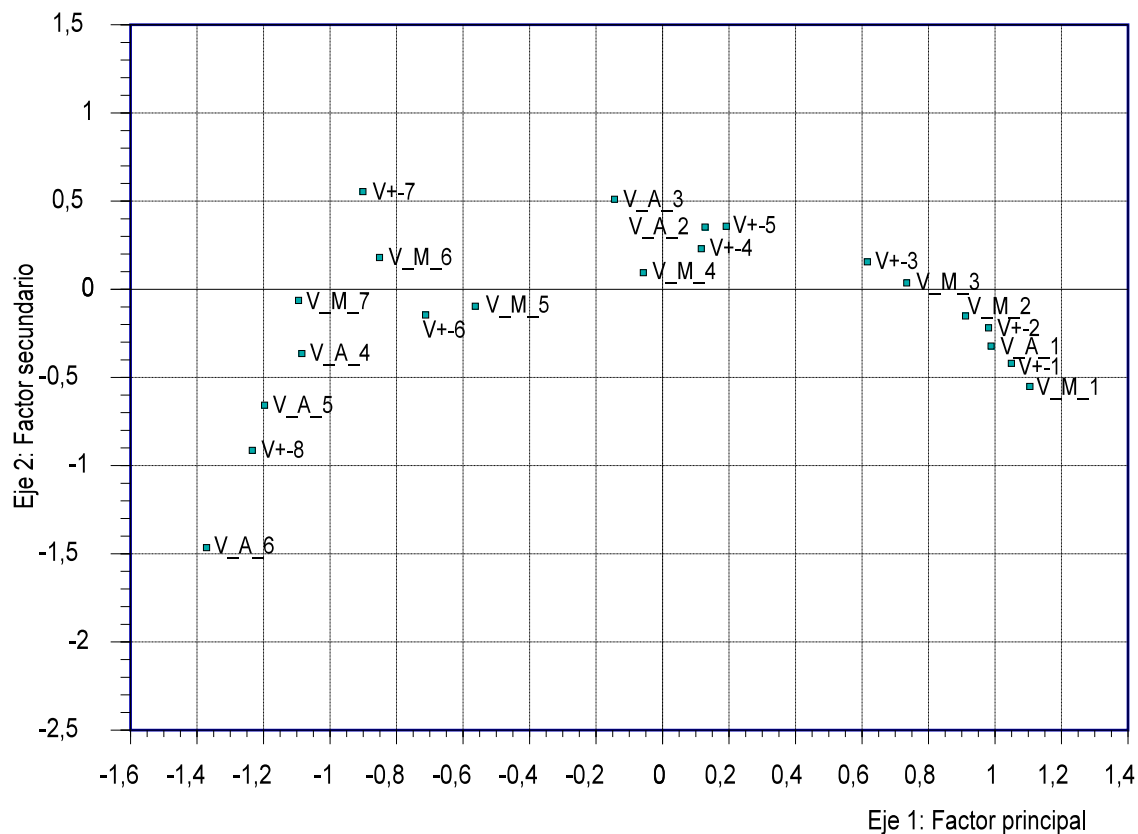
Las categorías utilizan una nomenclatura para ser representadas, cuya relación con las variables correspondientes se lleva a cabo del siguiente modo: C_DF (C_D_1-5), C_BOLA (C_B_1-4), V_POSTE (V_P_1-8), C_BLOQUE (C_Q_1-6), F_CODO (F_C_1-5), C_K (C_K_1-5), V_ZAPATO (V_Z_1-7), C_LARGO (C_L_1-7), MANUAL (MAN_1-5).

Se puede apreciar, en un primer momento, la forma de U invertida (UI) con ramas asimétricas que repetidamente aparecerá una y otra vez cuando se proyecten las distintas variables. Otra forma que ofrecen los datos es simétrica a la anterior respecto al eje horizontal que pasa

por el valor 0 del eje secundario, que al tener forma de U (sin inversión) será denominada **UA**.

Se podrían distinguir mediante rectángulos tres grandes agrupaciones de categorías, en un **primer rectángulo** se encuentran ubicadas las categorías inferiores y estaría definido por las esquinas $(x_1, y_1) = (1.2, 0)$ y $(x_2, y_2) = ((-0.8), (-0.5))$. En dicho rectángulo llama la atención que la densidad de representación de las categorías sea destacadamente mayor que en las categorías superiores. Las categorías intermedias se alargan paralelas al eje principal definiendo un **segundo rectángulo** más alargado que el anterior $[(0.8, 0) \text{ y } ((-1), 1)]$. Finalmente las categorías superiores descienden por la parte izquierda de la gráfica ocupando casi todo el rango del eje secundario definiendo un **tercer rectángulo** alargado dispuesto verticalmente $[(-1), (-0.5) \text{ y } (-1.6), (-2.5)]$.

Aunque el contenido que supuestamente representa el eje secundario no parece quedar claro, el eje principal parece orientarse claramente en la dirección opuesta del orden creciente de las categorías, de forma que las categorías superiores siempre toman valores



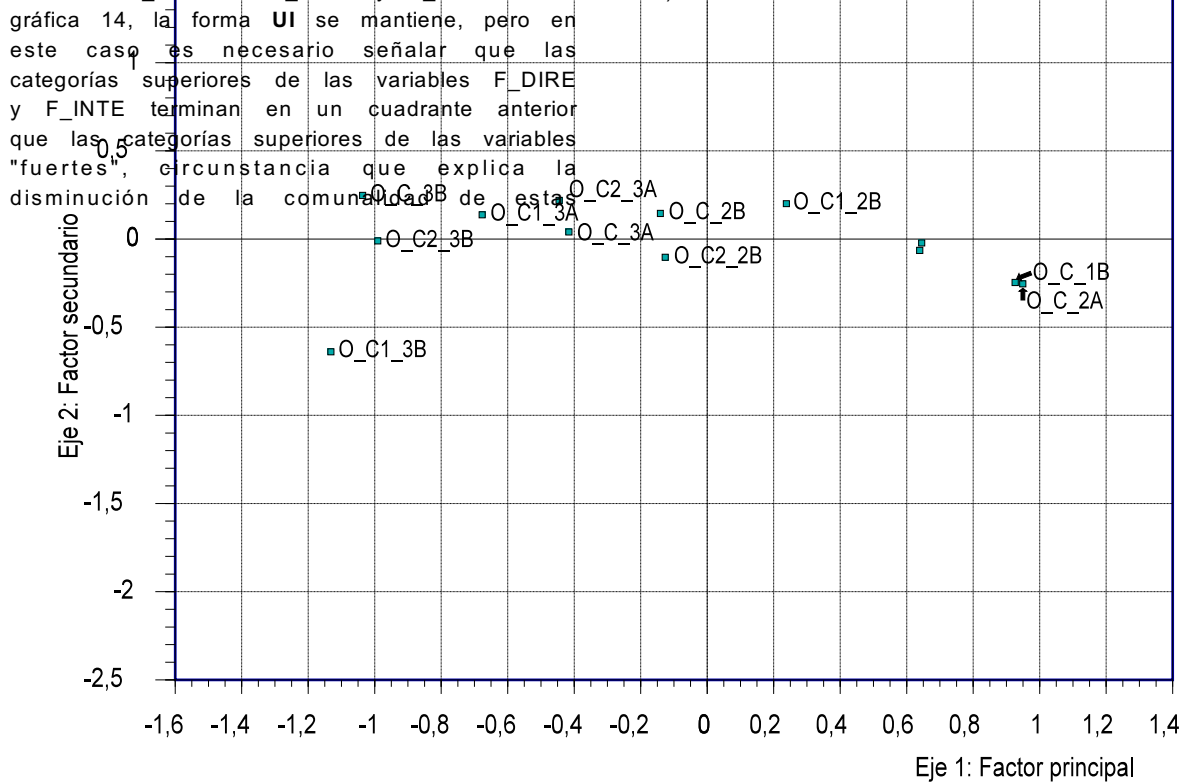
Gráfica . Proyección de las variables V_ANTES, V+ Y V_MICRO como complementarias

inferiores a las que se encuentran por debajo de ellas.

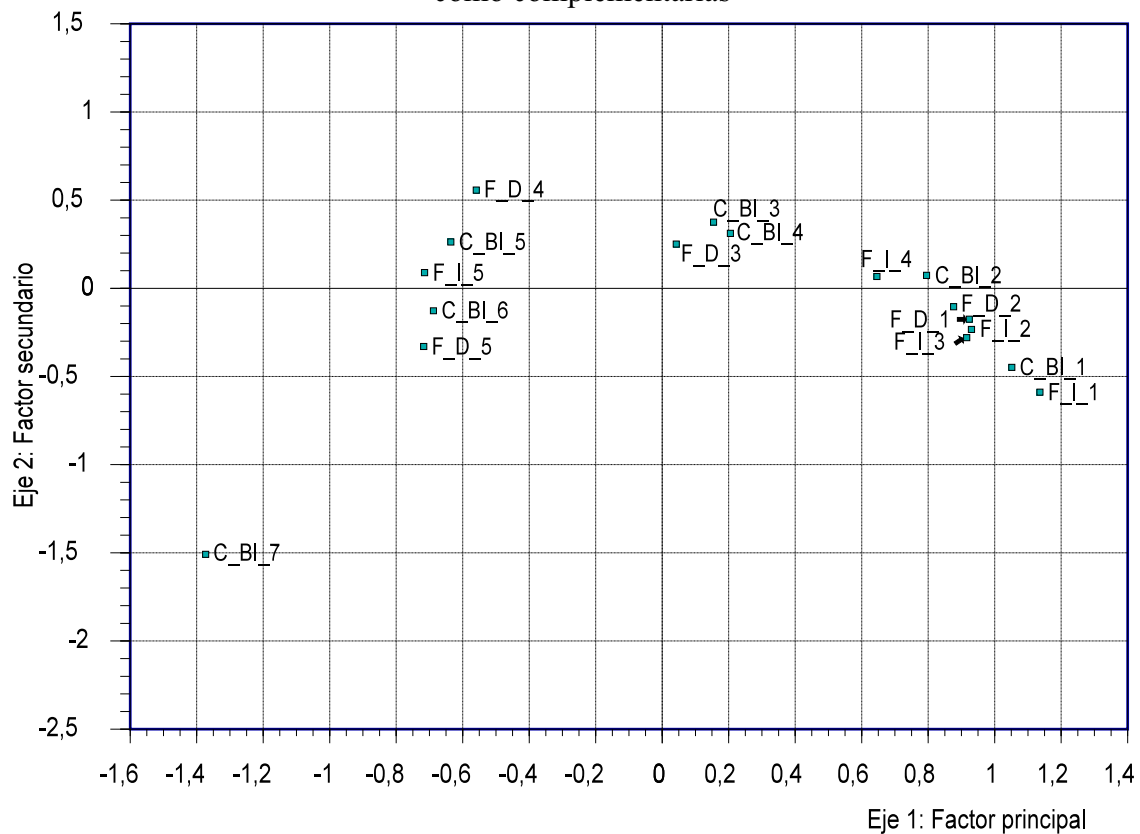
En la gráfica 13 se han proyectado, sobre los ejes definidos anteriormente, las variables V_ANTES, V+- Y V_MICRO y como se puede apreciar, respetan la forma **UI** con bastante precisión, lo que sirve para explicar la buena correlación que presentan estas variables con las anteriores.



Algo parecido ocurre cuando se proyectan las variables frente al ACP para tres factores (tabla 7).



Gráfica . Proyección de las variables operacionales O_CONTR1, O_CONTR y O_CONSER como complementarias



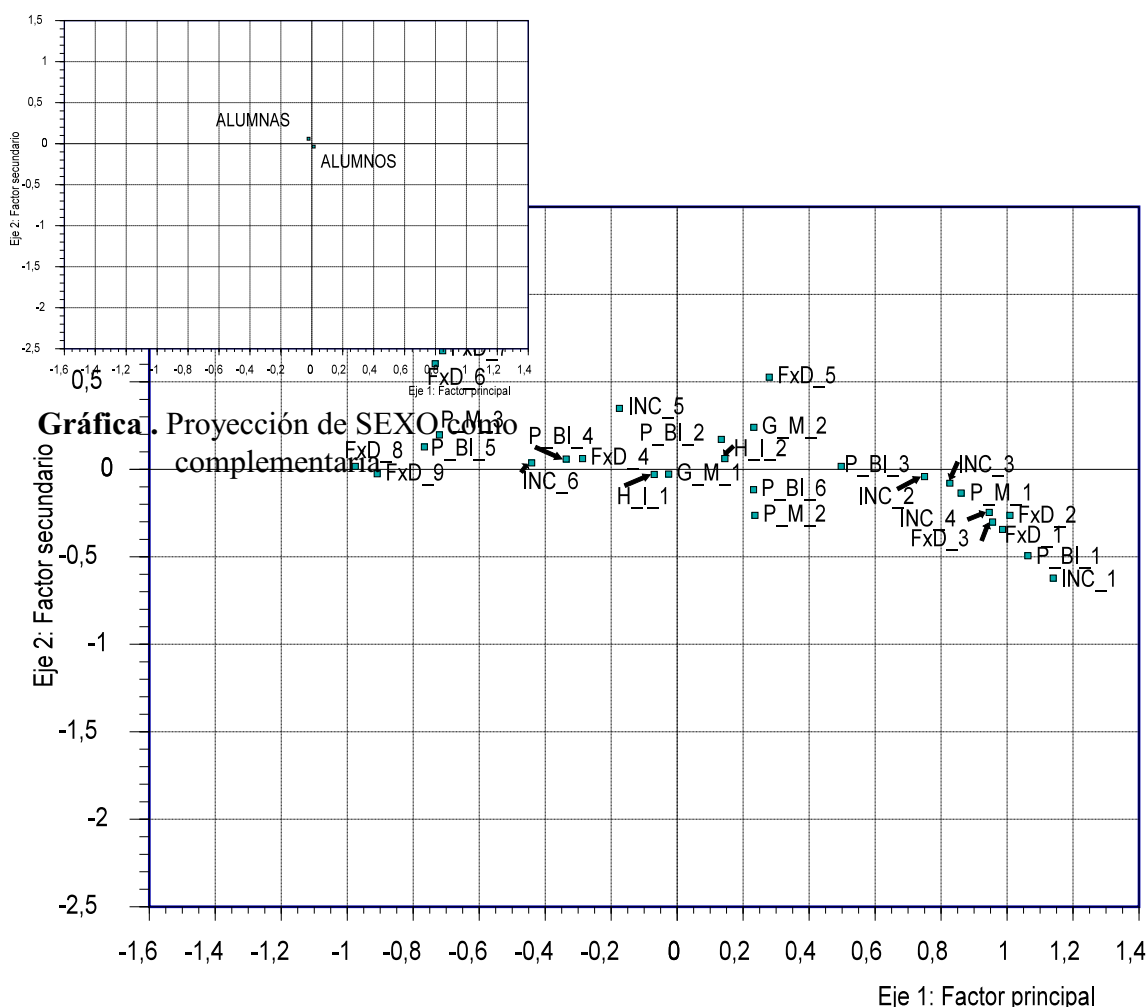
Gráfica . Proyección de las variables C_BIPESO, F_DIRE y F_INTE como complementarias



En la gráfica 15 se puede ver en la evolución de las variables "operacionales" que las categorías se desplazan prácticamente alrededor de una línea paralela al eje principal trazada desde el valor 0 del eje secundario.

Esta divergencia es particularmente más acentuada en la variable O_CONSER, que presenta sus dos primeras categorías muy próximas, en el primer rectángulo, lo que explicaría la componente ortogonal que presenta esta variable en el tercer factor del APC.

En el análisis de la matriz de correlaciones y posteriormente en el ACP, se pone de manifiesto que en general, las variables complementarias del sistema jerarquizado de categorías presentaban correlaciones por debajo de las que mantenían las variables fuertes, por lo que es de esperar que su representación gráfica se salga claramente del patrón gráfico común. En efecto, como puede apreciarse en la gráfica 16, la forma de las categorías difiere de la **UI**, aunque no de un modo ostensible, ocupando



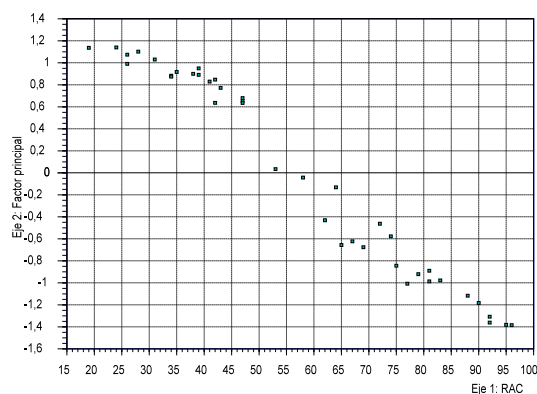
Gráfica . Proyección de las variables complementarias HILO_INC, GRAF_MAN, INCLINAR, P MICRO, FxD y P BIPESO





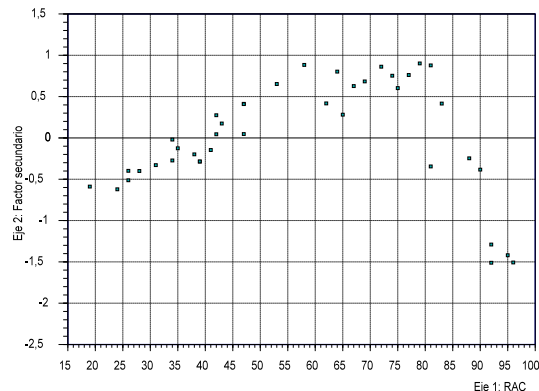
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS CUANTITATIVO Y ESTRUCTURA DE LOS DATOS

las categorías el primer y segundo rectángulo solamente.



Gráfica . Proyección de RAC sobre el eje principal

Dos variables dicotómicas HILO_INC y GRAF_MAN disponen su par de categorías en el segundo rectángulo, por lo que no discriminan para nada el comportamiento cognoscitivo de la muestra y será necesario tener en cuenta esto en el análisis cualitativo. Por otro lado, INCLINAR aunque contiene 6 categorías se agrupan en sólo dos áreas, la primera y la segunda, por lo que se puede denominar de intención dicotómica.

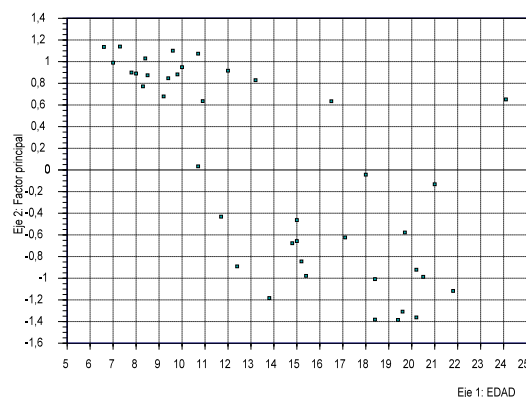


Gráfica . Proyección de RAC sobre el eje secundario

Las variables construidas sobre previsiones de los sujetos P_MICRO, P_BIPESO y FxD no poseen ninguna categoría en el tercer rectángulo, por lo que no poseen la fuerza discriminadora de las variables fundamentales. Se volverá sobre ellas cuando se intenten interpretar estos datos.

La correlación tendente a 0 de la variable SEXO, tiene en la gráfica 17 su expresión gráfica, es decir, las dos categorías (alumnos, alumnas) están muy próximas al punto (0, 0) lo

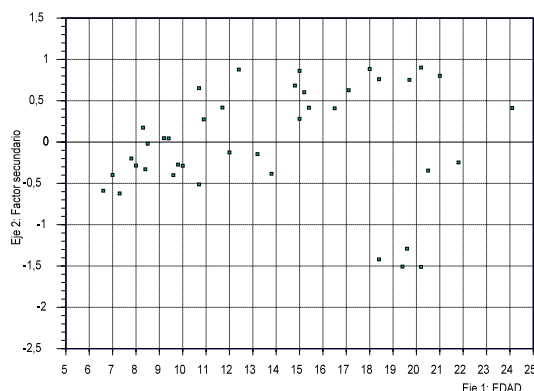
que deja claramente de manifiesto que el sexo de los encuestados no es un factor discriminatorio en su comportamiento cognoscitivo frente al cuestionario.



Gráfica . Proyección de EDAD sobre el eje principal

Tampoco se debe pasar por alto otra lectura de la gráfica 17, y es la posible fiabilidad y coherencia de los ejes principal y secundario para representar adecuadamente los datos, algo que posteriormente habrá que demostrar con otras evidencias.

Precisamente, buscando un significado para los dos ejes, se aprecian en las gráficas 18 y 19, por un lado, la alta correlación de RAC frente al eje principal en la proyección de casos y, por otro, la poca linealidad que existe entre RAC y el eje secundario.



Gráfica . Proyección de EDAD sobre el eje secundario

Las gráficas 20 y 21, donde se han proyectado los casos sobre el eje EDAD y los ejes principal y secundario respectivamente, no son tan reveladoras como las anteriores y lo único que parecen poner de manifiesto es el similar comportamiento de los sujetos para edades



entre 6 y 10 años, después existe una clara divergencia en la evolución cognoscitiva.

6.4 Intervalización de los ejes del AC





Tabla 25. PROYECCIÓN DE LAS CATEGORÍAS SOBRE LOS EJES INTERVALIZADOS DEL AC

	1	2	3	4	5
1		C_Q_2, C_D_2 F_C_3, FxD_5	C_K_2, C_B_2 MAN_3, C_Q_3 V_P_5, V_P_4	V_P_6, F_D_4 C_D_4, C_B_3 C_Q_4, V_Z_4 C_K_3, F_C_4 C_L_6, V+-7 FxD_7, FxD_6	
2		V_Z_3, C_L_3 V_P_3, C_L_4 V_M_3, V+-3 F_I_4, G_M_2 P_BI_3, C_BI_2	V_A_3, V_A_2 V+-5, V+-4 V_M_4, F_D_3 C_BI_4, C_BI_3 O_C1_2B, O_C_2B O_C2_2B P_BI_4, P_BI_2 INC_6, INC_5 H_I_2, H_I_1 FxD_4, G_M_1	C_D_3, V_Z_5 C_L_5, F_I_5 V_M_6, C_BI_5 O_C_3A O_C1_3A O_C2_3A P_M_3, P_BI_5 FxD_9, FxD_8	C_K_4, MAN_4 O_C_3B O_C2_3B
3	V_Z_2, MAN_2 C_L_2, C_K_1 F_C_2, V_P_2 C_B_1, C_Q_1 V_M_2, V+-2 V_A_1, C_D_1 F_D_2, F_D_1 F_I_2, F_I_3 O_C_1B, O_C_2A INC_4, INC_3 INC_2, FxD_1 FxD_3, FxD_2 P_M_1	O_C1_2B O_C2_2B P_BI_6, P_M_2		V_M_5, V+-6 C_BI_6, F_D_5 V_Z_6	V_M_7, V_A_4
4	V_P_1, V_Z_1 C_L_1, MAN_1 F_C_1, V_M_1 V+-1, C_BI_1 INC_1, F_I_1 P_BI_1				C_Q_6, C_Q_5 V_P_7, V_P_8 F_C_5, MAN_5 C_B_4, V_Z_7 V_A_5, C_L_7 O_C1_3B, V+-8
5					C_D_5 C_K_5 C_BI_7 V_A_6

Intervalización del eje principal (X)

1	2	3	4	5
1.2-0.8	0.8-0.2	0.2-(-0.4)	(-0.4)-(-1)	(-1)-(-1.5)

Intervalización del eje secundario (Y)

12	3	4	5	
1-0.5	0.5-0	0-(-0.5)	(-0.5) (-1.5)	(-1.5) (-2.5)







A fin de hacer operativos los datos gráficos del AC, tanto para el análisis de las características de cada categoría, como para el análisis de la fiabilidad del sistema jerárquico de categorías y su posterior aplicación en el análisis cualitativo, las categorías se han agrupado por criterios de proximidad mediante intervalos. Para lo cual se ha aplicado el siguiente criterio:

Tabla 26. POSICIÓN RELATIVA DE LAS CATEGORÍAS RESPECTO A LOS INTERVALOS REALIZADOS

y su posterior aplicación en el análisis cualitativo, las categorías se han agrupado por criterios de proximidad mediante intervalos. Para lo cual se ha aplicado el siguiente criterio:															
Realizar un mínimo de intervalos (de lo contrario no se conseguiría la eficacia de un agrupamiento).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Obtener el máximo número de rectángulos vacíos (sin datos), con el fin de conseguir que los datos se ajusten lo mejor posible a la forma geométrica de éstos, y por consiguiente, que la representatividad de los datos puntuales por rectángulos sea óptima.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Por otro lado, se ha complementado este criterio con el siguiente: cuando una categoría pertenece a más de una vez a un intervalo por su posición geométrica y a un grupo de categorías por su adyacentía, estando éstas en el intervalo contiguo se ha adoptado el criterio de incluirla en este último, ya que con esto se consigue un menor número de rectángulo con datos y el error cometido es mínimo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
En la tabla 24 se presenta el resultado de esta intervalización, donde los valores 1, 2, 3, 4 y 5 representan los intervalos expresados en la parte inferior del área.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Aquí es posible apreciar mejor la alta densidad de categorías que posee el rectángulo [1,3], además, las categorías del [1,4] se encuentran muy cercanas a las del anterior, no se aprecia otra región que contenga tan alto grado de	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

NOTA: NCV = Número de categorías por variable

Aquí es posible apreciar mejor la alta densidad de categorías que posee el rectángulo [1,3], además, las categorías del [1,4] se encuentran muy cercanas a las del anterior, no se aprecia otra región que contenga tan alto grado de densidad. Hay rectángulos con 10 categorías o más, como por ejemplo [2, 2], [3, 2], [4, 1], [4, 2] y [5, 4], por contra [2, 1], [2, 2], [5, 2], [5, 3] y [5, 5] poseen un número menor de 4. En cualquier caso, las categorías representadas por intervalos siguen manteniendo la forma UI, todo lo cual será analizado e interpretado posteriormente.

Reordenando los datos de la tabla 24 se obtiene la 25 más relevante y significativa que la anterior, ya que las categorías diferenciadas en base a los diferentes tipos de respuestas de los sujetos son presentadas ahora diferenciadas o agrupadas, según su posición relativa entre ellas. Esto posee un alto valor en el curso de esta investigación, ya que permite objetivizar el "peso" de cada categoría, no ya en función de su posición subjetiva a la variable, determinada severamente por el contenido de ésta, sino en función del comportamiento global de aquellas variables que han mostrado definir y discriminar mejor al conjunto de la muestra.

Ahora es posible analizar cada variables con cierto detalle (el máximo detalle se consigue considerando también el contenido de cada categoría, como se verá en el siguiente capítulo) ya que se puede:



Precisar qué categorías asociadas a una variable hacen que ésta sea más o

Tabla 27. POSICIONES DE LAS CATEGORÍAS POR SU PROYECCIÓN SOBRE EL

Observar si existe alguna variable que no "obedezca" a la evolución típica de la

	F_ANTES	V_ZAPATO	F_CODO	F_INTE	C_BOLA	C_BIPESO	C_DF	C_K	O_CONSER	O_CONTR1	O_CONTR2
Distinguir 1 variables 3 construidas 6 en base 8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
a 1 respuestas 5 de los 5 entrevistados a	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	4
preguntas 5 sencillas de aquellas 4 otras	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	
que 5 exigen un nivel 5 cognoscitivo	5	4	5	5	5	5	5	4	4	3	
elevado. 5	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5
Señalar 5 las 5 variables 3 que realmente	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	
tienen cierta 5 tendencia dicotómica, a	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	
pesar de que 5 tengan un número de	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	
categorías superior a dos. 5	4	4	4	4	4	5	3	5	4	5	
Precisar 5 aquellas 4 variables 4 que poseen	5	2	4	5	4	4	5	3	4	3	
representación 4 categorial en los distintos	3	4	4	5	4	4	5	4	4	4	
niveles 4 definidos tras la intervalización. 5	4	4	4	5	4	4	5	3	4	5	
Encontrar 3 razones 4 precisas 4 que	4	4	4	5	4	4	3	4	3	2	
expliquen la mayor o menor correlación	4	2	4	3	4	4	5	4	5	5	
entre variables. 5	4	2	4	2	4	4	3	3	4	4	5
Cin 3	3	4	4	4	4	3	4	2	3	4	4
Mif 3	5	4	3	4	4	3	3	4	3	3	3
Pin 3	2	4	3	4	3	4	4	3	3	2	3
Des 3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3
Rom 3	3	4	3	4	4	2	3	5	4	4	3
Gen 3	3	2	2	4	4	4	3	4	4	3	2
Nor 3	2	4	3	4	3	2	2	1	2	3	2
Kin 3	2	2	4	1	4	1	2	1	1	3	2
Fel 3	3	2	2	1	1	4	1	1	2	3	1
Car 3	3	1	3	2	1	2	2	1	1	2	1
Ser 3	3	2	3	2	1	1	3	1	2	2	1
Ton 3	2	1	3	2	1	2	2	1	2	3	2
Rez 3	2	1	1	1	3	2	2	1	2	3	3
Pat 1	3	2	3	1	3	2	2	1	2	3	1
Ner 3	1	1	3	4	4	4	3	1	1	1	1
Cis 3	1	1	3	1	1	1	2	1	2	3	3
Nic 1	1	1	3	1	1	1	4	3	2	4	1
Ram 1	1	2	1	1	1	2	1	1	4	3	1
Van 1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	3	1
Her 1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	3
Bed 1	2	1	1	1	3	2	3	1	1	1	1
Lid 1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Lil 3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1
Len 1	2	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1
Lor 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Pek 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Poner de manifiesto el grado de ortogonalidad entre las variables que miden la capacidad operatoria y el resto.

En definitiva, se ha pasado de una valoración de orden de cada categoría en función de su posición relativa a la variable que la contiene a



otra "cuasimétrica", respecto a su posición relativa a unos ejes intervalizados definidos por el conjunto de las variables más "fuertes", lo cual aporta una información valiosa que se analizará posteriormente.

Especialmente útil ha sido **transformar** las posiciones originales de las categorías sujetas a la subjetividad del contenido de la variable, hacia posiciones más precisas que ocupan en el espacio generado por el AC, con lo que la matriz de datos queda según se presenta en la tabla 26

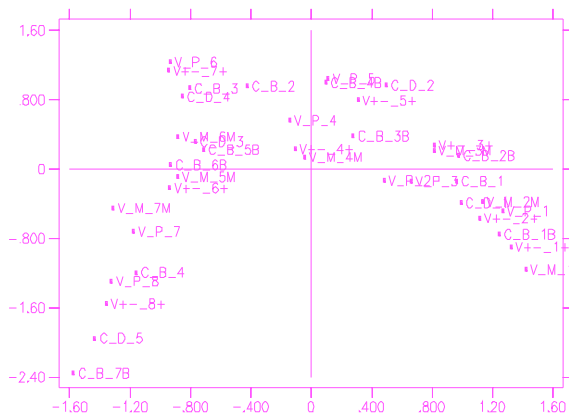
6.5 La validación del AC

Ante un AC cabe preguntarse si la simple fluctuación del muestreo influye en la disposición de los puntos o se trata de la verdadera estructura de los datos.

Un parámetro que da cierta idea del grado de representatividad de los ejes para reflejar la verdadera estructura de los datos es el cálculo de valores propios, pero ya se ha analizado en § 5.6.2 que en el AC multivariante, no así en el de dos variables, existe una tendencia a dar VP pesimistas, por esto, si bien en este trabajo los dos primeros ejes explican un 46% de la inercia total, el mejor criterio de validez lo constituye el análisis detallado de la estabilidad de las formas obtenidas (Cornejo, 1988, p. 117).

Con este fin se han llevado a cabo multitud de variaciones para realizar el AC que permiten analizar el grado de estabilidad de la forma **UI**.

En los distintos AC, el término "**variables fuertes**" se utiliza para designar a aquellas que han mostrado ser fuertemente discriminantes y "**variables menos fuertes**", para hacer referencia a las menos discriminatorias. El término "**variables operatorias**" se dedica a aquellas destinadas a evaluar la capacidad operatoria del sujeto.

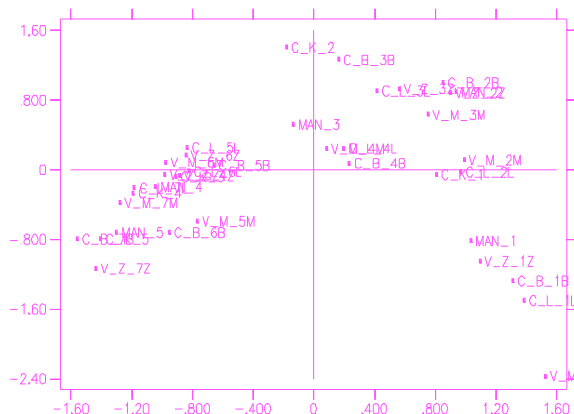


Gráfica . Variables fuertes y menos fuertes

Son variables fuertes C_DF, C_BOLA, V_POSTE, C_BLOQUE y F_CODO.

Son variables menos fuertes C_K, V_ZAPATO, C_LARGO, MANUAL, V_ANTE, V+-, V_MICRO, C_BIPESO, F_DIRE, F_INTE.

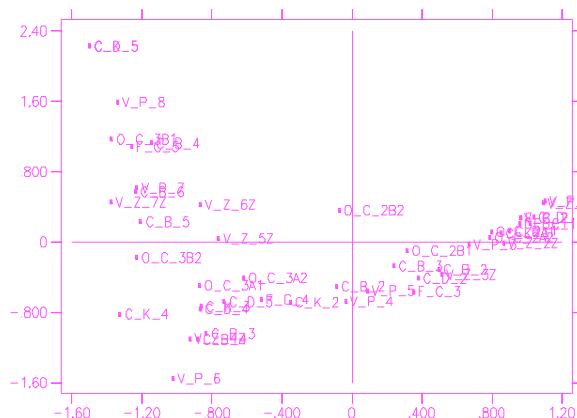
Son variables operatorias O_CONTR1, O_CONTR2 y O_CONSER.



Gráfica . Sólo variables menos fuertes

En el AC de variables fuertes con menos fuertes (gráfica 22) y sólo con éstas últimas (gráfica 23) la forma **UI** se mantiene.

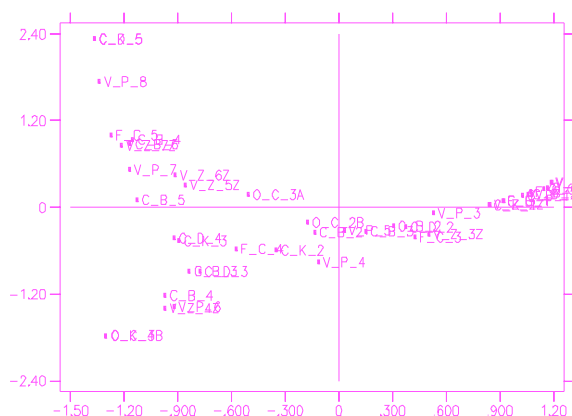
En la combinación de variables fuertes con operatorias encontramos que la forma **UI** se invierte respecto a la horizontal y pasa a **UA**.



Gráfica . V. fuertes con O_CONTR1 y O_CONTR2

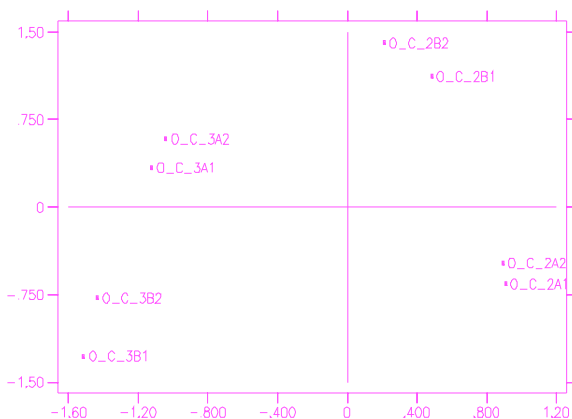
En la gráfica 24, se aprecia una **UA** que presenta una simetría casi perfecta respecto al eje horizontal y pasa por el valor 0 del eje secundario.

Esta simetría se pierde levemente en la gráfica 25, donde la presencia de O_CONSER perturba ligeramente los valores simétricos de las categorías sobre el eje secundario, no así en el eje principal.



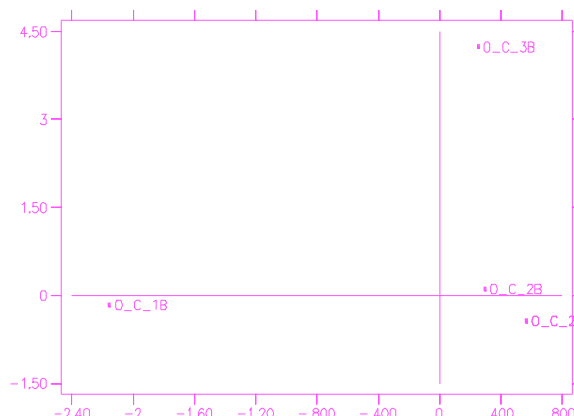
Gráfica . Variables fuertes con O CONSER

Tanto en un caso como en el otro, se aprecia que las proyecciones de las categorías de las variables fuertes sobre el eje principal apenas sufren alteraciones sino que se mantienen constantes.



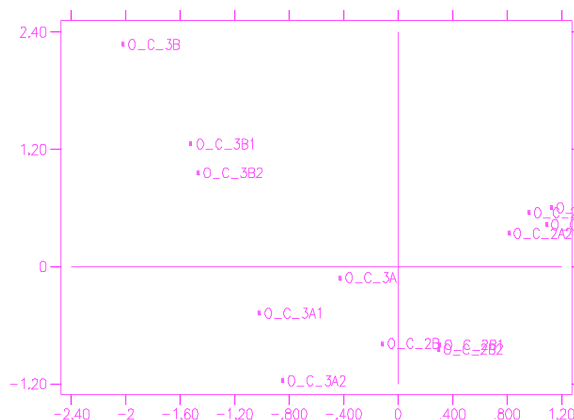
Gráfica . Sólo 0 CONTR1 y 0 CONTR2

Nuevamente sorprenden las formas obtenidas en el AC por O_CONTR1 y O_CONTR2 en la gráfica 26 y de O_CONSER en la gráfica 27, en el primer caso, por la forma en **UI** que sigue fielmente el patrón de las variables fuertes, cuando era de esperar lo contrario ya que la presencia de las variables operatorias sobre control de variables en las variables fuertes creaba **UA**, y en el segundo caso porque la forma que adoptan las categorías se distancia tanto de **UI** como de **UA**.



Gráfica . Sólo O CONSER

La gráfica 28 pone otra vez de manifiesto que la combinación de O_CONTR1 y O_CONTR2 con O_CONSER da una inversión de la forma original **UI**, pero combinando O_CONTR1 y O_CONTR2 sólo con las tres variables más fuertes (C_DF, C_BOLA y V_POSTE) no se produce inversión, como se puede apreciar en la gráfica 24, hecho que impide obtener la conclusión sencilla de que la combinación de las variables operatorias con las demás da como consecuencia la inversión de la forma. Aunque se mantiene **UI**, se aprecia una dispersión respecto a la banda delgada de la forma original.



Gráfica . Sólo variables operatorias

Como se puede apreciar, la forma **UI** presenta una gran estabilidad y, cuando una combinación de variables produce una alteración, ésta consiste en la inversión de la forma (**UA**) que es básicamente simétrica a la anterior, es decir, las proyecciones sobre el eje principal no se alteran o lo hacen levemente. Con respecto al eje secundario se produce una inversión tal que las categorías con valores mínimos los toman máximos y viceversa.

Con esto, es posible concluir que el eje principal representa bien la evolución de las variables, mientras que el eje secundario, provoca en determinadas combinaciones de variables una inversión de las proyecciones de las categorías,



pero que en ningún caso ésta tiende a la aleatoriedad. Por ello, al seguir respetando las distancias entre categorías, también refleja su evolución, pero con un grado de estabilidad inferior al que presenta el eje principal.

6.6 La interpretación de los ejes del AC

Al ser la dirección del eje principal paralela al orden inverso de las categorías y al presentar éste una correlación bastante alta con la variable RAC, que se ha mostrado muy significativa en el comportamiento convergente de los distintos grupos diferenciados en la muestra, la interpretación de este eje es clara y viene a recoger fielmente la evolución cognoscitiva de las respuestas para las variables más relevantes.

Sin embargo, esta sencillez de interpretación del eje principal, no se da en el secundario, a quien los datos no permiten dar un significado concluyente sobre lo que realmente refleja y sólo cabe barajar algunas hipótesis:

1. Al analizar las variables en sus componentes principales para tres factores, las variables más fuertes presentaban componentes muy altas [0.84, 0.91] en el primer factor y muy bajas o nulas en los factores 2 y 3, mientras que O_CONTR1 y O_CONTR2 presentaban una componente alta en el primer factor (0.74 y 0.71 respectivamente), otra en el factor 2 (0.58 y 0.62 respectivamente) y despreciable en el 3, finalmente O_CONSER tenía componente en el factor 1 (0.66) y en el factor 3 (0.53), mientras que ésta era despreciable en el factor 2. En definitiva, las variables operatorias presentan componentes ortogonales con las demás variables y O_CONTR1 y O_CONTR2 frente a O_CONSER. Todo aparece apuntar a que la combinación de variables que poseen cierto grado de ortogonalidad entre sí da como resultado la inversión de la forma **UI**, y por tanto, es posible afirmar que el eje secundario es sensible a estas combinaciones y puesto que la ortogonalidad depende del carácter operatorio de la variable, dicho eje refleja (las componentes de las variables operatorias sobre los factores 2 y 3 no son muy altas) cierto carácter operatorio.
2. Una segunda hipótesis afirmaría justo lo contrario: la proyección de las categorías de las variables operatorias como complementarias, pone de manifiesto que presentan muy poca variabilidad con respecto al eje secundario, o dicho de

otro modo, el eje secundario no refleja la variabilidad de estas categorías, no así respecto al eje principal. Hay que considerar que el único caso en que la proximidad de un punto-línea y un punto-columna puede interpretarse directamente es cuando ambos puntos se sitúan en la periferia del plano de proyección (poseen una alta contribución absoluta en la determinación del eje) y que, en general, cada eje debe interpretarse separadamente en función del conjunto de puntos-línea y del de puntos-columna; sólo después cabe poner en relación ambas interpretaciones para la obtención de resultados consistentes (Cornejo, 1988, p. 102). Además, para interpretar correctamente los ejes hay que tener en cuenta el peso con que contribuye cada categoría, así como su proximidad a los ejes (Cornejo, 1988, p. 115). Las categorías más extremas respecto al eje secundarios son, por la parte superior V_P_6 y C_D_4 y por la parte inferior C_K_5 y C_D_5, y corresponden a tres variables muy discriminatorias como son C_DF, V_POSTE y C_K que dan las componentes más altas en el primer factor del ACP de tres factores, justo lo contrario de lo que sucede con las variables operatorias que reparten su peso entre dos factores.

3. Las variables fuertes son las que configuran con más perfección la forma **UI**. Aquellas que no son muy discriminatorias, presentan cierta tendencia dicotómica o son ortogonales a las fuertes, dan una forma **UI** tendente a aplanarse, de modo que presentan muy poca variabilidad respecto al eje secundario. Esto podría servir para interpretar el eje secundario como un matizador que ayuda al eje principal a distinguir las variables que mejor discriminan de las demás. Además, prácticamente no discrimina valores bajos, tan solo medios a los que lleva a la parte alta, y altos llevándolos a la parte más baja de la gráfica, siempre que la variable sea bastante discriminante.

7

Conclusiones relativas a la estructura de los datos.

El proceso para la interpretación de los resultados estadísticos se apoya básicamente en el contenido que sirvió para estructurar cada variable, los esquemas de búsqueda que llevaron a configurar el cuestionario y las estrategias y



procedimientos seguidos para crear el sistema de categorías jerarquizado y, por tanto, el modo con que se han generado cada una de las variables. Más adelante se analizarán tanto el grado de fiabilidad y validez del sistema de categorías jerarquizado como el alcance de las conclusiones obtenidas.

7.1 El alto grado de correlación es el reflejo de una evolución dominante de las ideas sobre equilibrio mecánico

El primer resultado estadístico significativo se debe a las altas correlaciones entre la mayoría de las variables, confirmado posteriormente por los CCM altos y una comunalidad elevada para pocos factores (un solo factor, si consideramos sólo variables fundamentales) ¿qué refleja la alta correlación que presentan la mayoría de las variables entre sí? o, siendo más arriesgados ¿qué contenido o entidades cognitivas reflejan las variables que poseen un alto grado de CCM y de comunalidad?.

Para responder a estas preguntas se debe recordar tanto el tipo de contenido cognoscitivo que se intenta evidenciar a través del cuestionario, expresado por el conjunto de MC, como la mecánica seguida en el proceso de categorización y ordenación de los datos obtenidos de la entrevista. Así, la intención global en la toma de datos es recoger información sobre el bagaje cognoscitivo de la muestra sobre situaciones de equilibrio mecánico, que se ha intentado ir cubriendo por las aportaciones parciales de cada MC. Además, cada una de las variables se ha construido por la posición que ocupa la respuesta categorizada de cada sujeto en cada MC, siguiendo un orden que más que lógico, pretende ser fiel reflejo de una evolución cognoscitiva, tomando para ello criterios ontogenéticos puestos de relieve por los trabajos piagetianos, como son la dependencia del aspecto figurativo de la situación, la capacidad transformadora del sujeto, las estrategias cognoscitivas para evitar contradicciones, etc.

Por tanto, cada variable contiene la evolución de algún aspecto específico relativo a ideas sobre equilibrio mecánico, así V_ANTES recoge las previsiones de los sujetos sobre la posición que debe adoptar un objeto al colgarlo, V_POSTE registra el modo con que los sujetos asimilan los datos observables una vez que se cuelgan y la capacidad para acomodar sus previsiones a éstos, V+-contempla las transformaciones del sujeto cuando se añade o se quita plastilina del objeto colgado, etc.

Cada variable está construida en base a categorías, cuya delimitación y orden jerárquico se construye inductivamente a partir de las respuestas del sujeto y, deductivamente, siguiendo las sugerencias aportadas por otros trabajos que han intentado trazar la ontogénesis de ideas que se pueden poner en juego en situaciones de equilibrio y tomando las orientaciones que se desprenden de algunos esquemas de búsqueda y, en ningún caso, se han utilizado criterios establecidos por una lógica ajena al plano ontogenético. Esto explica que, al menos inicialmente, no se pueda establecer ningún criterio cualitativo de correspondencia entre las categorías pertenecientes a dos MC diferentes.

Así pues, no es tan evidente la existencia de una buena correlación entre variables, considerando que cada una de ellas se ha construido siguiendo reglas propias dependientes del contenido específico de su correspondiente MC, y por tanto, habría que buscar esta convergencia entre variables en algún aspecto que subyace en todas ellas, algo que haya permanecido constante a lo largo de la administración del cuestionario, es decir, en la propia estructura cognoscitiva del sujeto y, más concretamente, en los esquemas cognoscitivos que activó para responder a las distintas situaciones de equilibrio mecánico y todas las variaciones que sobre éstas se han puesto en juego.

La existencia de algún factor común a todas las variables, puesto de manifiesto en el ACP y en el AC representa la evolución dominante que sufren los esquemas cognoscitivos que activa el sujeto para responder a situaciones de equilibrio (EEE). La alta comunalidad entre variables expresa el paralelismo de esta EEE, por lo que habrá que ver la baja correlación de ciertas variables como una prueba de que sus categorías no evolucionan según la dirección EEE.

Por ejemplo, la presencia de la variable SEXO en los análisis estadísticos permite contrastar esta hipótesis, en efecto, considerando que la EEE es generada por la interacción individual del sujeto con su medio, por lo que la influencia social se reduce drásticamente, cabe prever que dicha variable no será en absoluto discriminadora, y así lo ponen de manifiesto la matriz de correlaciones y el análisis de correspondencia; su baja correlación con las demás variables debe verse como una evidencia de que no sigue la evolución característica de las otras variables (EEE).

Es posible concluir que las variables que tienen una alta correlación o alta comunalidad representan bien la EEE, mientras que las que la tienen baja no lo hacen.

El ACP busca, dicho gráficamente, unos ejes ortogonales donde todas las variables se



encuentren lo mejor representadas posible, a juzgar por el alto coeficiente de theta de Carmine, y de la alta comunalidad de las variables (correlación de cada variable con los factores que la representan), en nuestro caso todas las variables parecen quedar muy bien representadas con un mínimo de cinco factores, siendo "la norma" de las variables que siguen la EEE tener dos componentes más o menos equivalentes en los dos primeros factores, pero ¿cómo habría que interpretar el comportamiento de las variables que dan sólo una componente saturada en alguno de los factores restantes, dándose el caso de que las demás variables presentan una componente prácticamente despreciable respecto a dichos factores, como es el caso de GRAF_MAN en el factor 3, de SEXO en el factor 4 y de HILO_INC en el factor 5?

Si las variables que siguen la EEE dan por norma dos componentes significativas en los factores 1 y 2, las variables GRAF_MAN, SEXO e HILO_INC deben de evaluar algún aspecto del sujeto ajeno a la dirección EEC. Esto queda claro para la variable SEXO dada su naturaleza ya comentada, pero ¿y en GRAF_MAN e HILO_INC?, es muy posible, dado el contenido de estas variables, que evalúen una impresión perceptiva del sujeto no relacionada con sus esquemas cognoscitivos transformadores (operatorios y de contenido), lo que habrá que confirmar analizando el contenido de estas variables.

El hecho de que el ACP de todas las variables diera como norma componentes en sólo dos factores, hizo sospechar que un ACP sólo para variables fundamentales daría uno o a lo sumo dos factores, lo que permitiría una mejor interpretación de su comportamiento (el ACP da sólo uno), pero la sospecha de que las variables operacionales presentan cierta ortogonalidad respecto a las demás, como se puede ver por las importantes componentes que dan O_CONTR1 y O_CONTR2 en el factor 3 y O_CONSER en el factor 4, llevó también a realizar un ACP para tres factores (ACP tipo C). Posteriormente se comprobó que éste último ACP es el que mejor representa la estructura subyacente de los datos, ya que explica una varianza mayor que el tipo B (véase valores de comunalidad B y C en la tabla 7). Habría que interpretar que las variables operacionales presentan un porcentaje importante (alrededor del 70%) que sigue la EEE, mientras existe otro (alrededor del 60%) que sigue una evolución claramente independiente de la anterior.

7.2 Clasificación y caracterización de las variables

El AC permite precisar de un modo pormenorizado cómo ha establecido su evolución cada variable. En la tabla 25, se aprecia la evolución de éstas a través de la ocupación de sus categorías en los intervalos realizados sobre el eje principal, que es el que refleja fielmente la evolución global de las variables más fuertes, esto permite distinguir las **variables completas** que son aquellas que poseen categorías en todas los intervalos, de las **incompletas** que presentan alguna ausencia en uno o más intervalos.

Las variables completas mantienen cierta semejanza con aquellas que mejor discriminan los distintos grupos de casos, sin embargo, algunas variables completas no son las más discriminantes. Las **variables discriminatorias** son aquellas que presentan un comportamiento intragrupal similar y otro intergrupalo bien diferenciado.

Las variables que mayor ponderación presentan frente a la primera componente principal del ACP (tabla 10) son aquellas cuyas categorías mejor reflejan la EEE y se llamarán **variables paralelas**, mientras que aquellas que presentan cierto grado de independencia frente a éstas son las **variables ortogonales** y, puesto que éstas son las únicas que miden la capacidad operatoria, se denominarán también **variables operatorias**.

Los resultados del AC, junto a la matriz de datos transformada (tabla 26) permiten diferenciar las **variables fáciles** a cuyas categorías superiores han tenido acceso sujetos clasificados en grupos de rendimiento medio o bajo, de las **variables difíciles** a cuyas categorías más altas sólo acceden sujetos del grupo superior y son muchos sujetos del grupo de rendimiento medio y bajo, los que no pasan de la categoría inferior.

No quedarían bien definidas las variables si no se utilizara un criterio clasificador más fundamentado en el contenido de sus categorías. De esta forma, se denominan **variables de alto contenido ontogenético** (VACO) aquellas cuya tendencia ha sido definir cada subcategoría por no más de uno o dos sujetos: la riqueza de matices en las respuestas de los entrevistados ha impedido poder agruparlas bajo una misma subcategoría. Esta misma riqueza corre paralela al carácter novedoso y cuantioso de los datos.

**Tabla 28. CARACTERÍSTICA DE LAS VARIABLES**

	Completa	Discrimina	Paralela	Dificultad	VACO
C_DF	15-6-0-15-4	++	+++	+++	++
C_BOLA	19-0-4-9-8	+++	+++	++++	++
V_POSTE	10-7-10-4-9	+++	+++	++	+++
C_BLOQUE	14-4-7-4-11	++	+++	++++	+++
F_CODO	15-4-0-14-7	+++	++	+++	+++
C_K	21-0-4-9-6	+++	++	++++	++
V_ZAPATO	13-8-1-16-2	++	++	++	++
C_LARGO	10-13-0-12-5	++	++	++	+++
MANUAL	15-0-14-0-11	++	++	+++	++
V_ANTES	10-0-22-0-8	++	++	++	+++
V+-	4-14-10-4	++	++	+	+++
V_MICRO	7-9-8-13-3	++	++	+	+++
C_BIPESO	7-4-12-15-2	++	++	+	++
F_DIRE	13-0-9-18-0	+	+	++	+
F_INTE	9-10-0-21-0	+	+	+	+
O_CONTR1	9-6-10-11-4	++		++	+++
O_CONTR2	9-9-8-6-8	++		++	+++
O_CONSER	7-4-11-16-2	+		++	+++
HILO_INC	00X00	-	-	?	+
GRAF_MAN	0XX00	-	-	?	+
INCLINAR	X0X00	+	+	?	+
P_MICRO	XX0X0	+	+	?	+
P_BIPESO	XXXX0	-	-	?	+
FxD	XXXX0	+	+	++	++

Según estos criterios tomados de los distintos análisis estadísticos realizados y del contenido de las categorías, se establecen en la tabla 27 las características de cada una de las variables, tanto fundamentales como complementarias, que permiten las siguientes conclusiones:

1. Las variables construidas sobre respuestas a una demanda de previsión como son V_ANTE, F_DIRE, F_INTE, HILO_INC, INCLINAR, P_MICRO y P_BIPESO poseen una estructura de interacción con el sujeto que se puede expresar así: *sin realizar ningún experimento, "qué crees que pasará..."*, además presentan unas características muy irregulares que habría que analizar según su contenido.

En primer lugar se observan unas características comunes a todas ellas: su baja, nula e incluso anómala capacidad de discriminación, un paralelismo

bajo, nulo o invertido con respecto a las variables fuertes que se ponen de manifiesto, al ser variables incompletas en dos o más intervalos y una pobre manifestación ontogenética, a excepción de V_ANTE que, por plantear una previsión de alto contenido ontogenético, probado en el primer cuestionario y por la diversidad de objetos utilizados para realizar dichas previsiones, se salva de estar junto a estas variables "pobres".

Este resultado tiene una lectura valiosa relativa a la metodología de búsqueda de concepciones que apoya la postura defendida en este trabajo: al quedarse en la primera respuesta que da el sujeto a una cuestión planteada, se obtiene una información ontogenética muy pobre y tergiversada, pues dicha información no discrimina bien a los sujetos con rendimiento alto, lo que



puede llevar, por ejemplo, a conclusiones erróneas sobre la constancia y dificultad de erradicación de las concepciones. Los cuestionarios de papel y lápiz, que ofrecen información sobre la primera respuesta del sujeto, son evidentemente una mala técnica exploratoria, desgraciadamente muchos trabajos constructivistas la han utilizado, con resultados evidentemente pobres (Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994).

2. Por el contrario, las variables que han sido construidas en base a respuestas del sujeto en las que se le ha requerido comparar sus declaraciones iniciales con los datos empíricos, distinguir los factores más significativos, buscar una explicación coherente con los datos, evitar contradicciones entre ideas y datos..., en definitiva, cuando se le ha exigido poner en juego sus esquemas cognoscitivos en toda su extensión, presentan unas características realmente envidiables, tal es el caso de V_POSTE (posiblemente la variable mejor construida), C_BLOQUE, F_CODO, C_LARGO, V+-, V_MICRO, C_BIPESO y en menor medida, C_DF, C_BOLA, C_K, V_ZAPATO y MANUAL cuya principal característica es que siguen fielmente la evolución de las ideas relativas a situaciones de equilibrio mecánico (EEE) y poseen un contenido ontogenético alto, presentando una discriminación buena o alta, y que viene a coincidir con que son variables completas y de faltarles presencia categorial en algún intervalo, no es en un extremo, hecho que apoya su carácter discriminatorio.
3. No se pueden olvidar las variables ortogonales u operatorias O_CONTR1, O_CONTR2 y O_CONSER cuya principal característica es la de presentar una componente ortogonal a las variables fuertes lo que no quiere decir que contengan anomalías como algunas variables predictoras (HILO_INC, P_BIPESO, P_MICRO, etc), al contrario, son variables completas, tienen buena discriminación y los trabajos piagetianos han mostrado su significatividad en la descripción del comportamiento ontogenético del sujeto.

Las variables operatorias tienen su propia evolución, que no es paralela a la de las demás variables fuertes, por esta razón

es posible distinguir, como se verá más adelante, grupos de sujetos con buen rendimiento operatorio y medio o bajo en las variables fuertes y lo contrario. Puesto que estas variables intentan evaluar la capacidad operativa del sujeto, sin la posibilidad de dejar de evaluar el contenido sobre el que actúan dichas operaciones, la componente del factor 1 del ACP es la que evalúa el contenido y la del factor 2 lo operatorio, si bien se toma con carácter provisional e hipotético dicha conclusión a la espera de ser matizada, confirmada o rechazada en el análisis cualitativo que se llevará a cabo en siguiente capítulo.

7.3 Diferenciación de subgrupos de sujetos por su comportamiento frente al conjunto de variables y grupos de variables

Para realizar una división significativa de la muestra se ha procedido, en primer lugar, a analizar los cuatro agrupamientos que han dado los cuatro análisis relacionados con "cluster" de casos, cada uno de los cuales utiliza una técnica diferente para realizar la clasificación:

El **análisis cluster** de casos (ACC), realiza sus agrupamientos por la similitud de los distintos valores que toman los sujetos en cada una de las variables.

El **análisis discriminante** (AD), divide la muestra en grupos en función de una serie de variables que son las que mejor los discriminan.

El **análisis K-means** (KM) es semejante al discriminante, pero a diferencia de éste, considera todas las variables y distingue los grupos por el comportamiento de las mismas, de manera que la media y la desviación del conjunto de las variables que definen a un grupo sean muy similares y a la vez, diferentes a las de los otros grupos.

El **análisis de agrupamientos en bloques** (3M), reordena la matriz de datos con el fin de realizar el mayor número posible de bloques de sujetos que presentan un comportamiento muy similar ante un determinado grupo de variables.

**Tabla 29.** AGRUPAMIENTOS HECHOS POR LOS DISTINTOS ANÁLISIS

Análisis		AGRUPAMIENTOS											
ACC	Lu Si	Te Da Fa	Ge Ro No	Fe Ca	Pa Re	Be Li Pe							
	k m	r l n	n m r	l r	t z	d d k							
	Ga M	Fi Pe Re	Mi De	Ci To	Ra Se	Le Lo Lil							
	l an	n r v	f s	s n	m r	n r							
M	Go Li Ci	Zi Pi	He Ni	Ne Ki	Va								
er	n s n	p n	r c	r n	n								
AD	Lu Si	Te Da Fa	Ge Ro No	Fe Ca	Pa Re	Be Li Pe							
	k m	r l n	n m r	l r	t z	d d k							
	Ga M	Fi Pe Re	Mi De	Ci To	Se Ra	Le Lo Lil							
	l an	n r v	f s	s n	r m	n r							
M	Go Li Ci	Zi Pi	Ni	Ne Ki	Va								
er	n s n	p n	c	r n	n								
KM	Lu Si	Te Da Fa	Ge Ro No	Fe Ca Pa	Ni	Be Li Pe							
	k m	r l n	n m r	l r t	c	d d k							
	Ga M	Fi Pe Re	Mi De	To Re Ne	Ra	Le Lo Lil							
	l an	n r v	f s	n z r	m	n r							
M	Go Li Ci	Zi Pi	Se Ki	Va	Ci He								
er	n s n	p n	r n	n	s r								
3M	Lu Si	Te Da Fa	Ge Ro No	Fe Ca Pa Re Va	Be Li Pe								
	k m	r l n	n m r	l r t z n	d d k								
	Ga M	Fi Pe Re	Mi De	To Ci Ne Ra	Le Lo Lil								
	l an	n r v	f s	n s r m	n r								
M	Go Li Zi	Ci Pi	Se Ki	Ni	He								
er	n s p	n n	r n	c	r								
Nº sujetos	5	9	7	12	7								

En la tabla 28 se presentan los distintos agrupamientos realizados por las diferentes técnicas. Se observa en primer lugar, la existencia de cierto paralelismo entre los distintos agrupamientos al no producirse cruces drásticos de sujetos de los distintos

agrupamientos. En este sentido cabe destacar a unos pocos sujetos que "saltan" de un grupo a otro como si necesitaran situarse en un grupo límite entre los dos que "visitan".

Tal es el caso de Zip y Cin que permutan sus asentamientos entre los grupos 2 y 3, o los casos



de Van, Cis y Her que "juegan" entre los grupos 4 y 5.

Normalmente la mayoría de los sujetos se mantienen sólidamente encasillados y son fieles a pesar del cambio de técnica de agrupamiento, gracias a esto se pueden distinguir 5 grupos, de entre los cuales, el primero y el último son los mejores definidos, presentando los sujetos que los integran una gran similitud, de forma que entre los tres primeros grupos y los dos últimos parece abrirse una profunda "brecha" que impide trasvases de sujetos, lo que puede apreciarse tanto en la tabla 28, como en los clusters de la 13. El grupo que más fluctuaciones sufre ante el cambio de análisis es el 2 que, como puede apreciarse en el ACC son los que presentan menor similitud.

```

V_ANTES          C_DF
  C_BOLA          V+-
    C_K           V_ZAPATO
      V_POSTE     F_INTE
        MANUAL    C_BIPESO
          O_CONTR1 C_LARGO
            O_CONTR2 O_CONSER
              C_BLOQUE V_MICRO
                F_CODO  F_DIRE

```

95	Man	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	3	4
92	Sim	5	5	5	5	5	4	3	5	5	5	4	4	4	5	4	4	4	4
92	Gal	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	A
90	Mer	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	3	4	4	4	5	4	4
96	Luk	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	3	5	4
81	Gon	5	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5	4	4	4	2	3	4	4
83	Dal	5	4	4	5	3	3	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4
88	Ter	5	4	4	5	5	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4
81	Lis	3	4	5	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4
79	Fin	3	3	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	3	MA
77	Per	3	4	4	4	5	4	5	5	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3
75	Zip	3	4	4	3	3	3	2	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3
74	Fan	3	4	4	3	5	5	5	3	4	4	3	4	4	4	2	4	4	4
72	Rev	3	4	3	4	3	4	5	5	2	4	4	2	4	3	4	4	4	4
69	Cin	3	4	4	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	3	3	4
65	Pin	3	5	3	2	3	2	3	4	4	4	3	4	4	3	5	3	4	3
67	Mif	3	3	3	5	3	3	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4
64	Des	3	3	1	3	3	3	3	2	4	2	3	4	4	3	4	3	4	M
62	Rom	3	5	1	3	3	2	2	3	4	4	3	4	2	4	4	4	3	4
58	Gen	3	4	1	3	3	2	2	3	4	2	2	2	4	4	4	3	3	4
53	Nor	3	1	4	2	3	2	2	2	4	2	3	4	2	3	2	4	2	3
47	Fel	3	1	3	3	1	4	4	1	1	2	2	2	4	3	2	3	1	1
41	Pat	1	1	1	3	1	3	2	1	1	1	3	2	2	3	2	3	2	3
43	Ser	3	1	1	3	1	3	2	1	2	1	3	2	1	2	2	3	3	1
39	Cis	3	1	1	1	1	3	3	1	1	2	3	1	1	3	2	2	2	1
42	Ton	3	1	1	2	3	1	1	2	2	1	3	1	2	3	2	1	2	1
47	Car	3	1	1	3	3	4	4	1	2	2	3	1	2	2	1	4	2	MB
47	Kin	3	1	1	2	1	3	2	2	1	4	4	2	1	3	1	4	2	4
42	Rez	3	1	1	2	1	3	1	3	1	1	1	1	2	3	2	4	2	3
39	Ner	3	1	1	1	1	1	1	1	4	1	3	1	4	1	1	1	3	4
38	Nic	1	3	1	1	1	2	2	1	1	1	3	1	1	4	2	2	4	1
35	Ram	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	2	2	4	1	1	1	1
34	Van	1	1	1	1	1	2	2	3	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
34	Her	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1
31	Bed	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	3
26	Len	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	3
28	Lid	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	B
26	Lil	3	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
24	Lor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1
19	Pek	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1







CAPÍTULO 5: ANÁLISIS CUANTITATIVO Y ESTRUCTURA DE LOS DATOS

Se comprenden mejor estos agrupamientos y las pequeñas fluctuaciones de las que van acompañados si se analiza la matriz de datos transformada de la tabla 29, reordenada mediante el análisis 3M para apreciar mejor las similitudes. Se pueden distinguir cinco grupos:

1. En primer lugar se encuentran los sujetos con el rendimiento más alto (**A**), que son [Man, Sim, Gal, Mer y Luk] y que, como se puede apreciar, es el grupo que mayor similitud presenta en cuanto a sus puntuaciones, existe un predominio del 5 (los 4 de F_DIRE y F_INTE son engañosos ya que nunca toman el valor 5), y en menor medida aparece el valor 4. Sólo [Man, V_MICRO, 3], [Sim, O_CONTR2, 3], [Mer, V_ZAPATO, 3] y [Luk, O_CONSER, 3] son las únicas anomalías de este grupo. El grupo **A** tiene máximo rendimiento en todas las variables excepto en las operatorias, V+-, V_ZAPATO, C_BIPESO, C_LARGO y V_MICRO que toman valores entre 4 y 5.
2. Sigue, inmediatamente, un grupo de rendimiento medio alto, (**MA**) constituido por los sujetos [Gon, Dal, Ter, Lis, Fin, Per, Zip, Fan, Rev], presentando como valor de mayor predominio el 4 y ya con frecuencias bastante inferiores el 5 y el 3, considerándose como anómalos los valores 1 y 2. Concretamente, las anomalías son [Gon, C_LARGO, 2], [Zip, O_CONTR2, 2], [Fan, C_LARGO, 2], [Rev, F_CODO, 2] y [Rev, V_ZAPATO, 2]. Las variables que mejor definen a este grupo son C_BOLA, C_K, O_CONTR1, C_DF, V+-, V_ZAPATO, F_INTE, C_BIPESO y V_MICRO con un predominio del valor 4.
3. El grupo **M** es el que ofrece un rendimiento medio respecto a la muestra y está constituido por los sujetos [Cin, Pin, Mif, Des, Rom, Gen y Nor] en los que predominan los valores 3 y 4 y en bastante menor medida el 2 y donde los valores 1 y 5 son los anómalos, y se encuentran en [Cin, Manual, 5], [Pin, C_BOLA, 5], [Pin, C_LARGO, 5], [Mif, V_POSTE, 5], [Des, C_K, 1], [Rom, C_K, 1], [Gen, C_K, 1], [Rom, C_BOLA, 5] y [Nor, C_BOLA, 5].

Las variables que mejor definen este grupo son V_ANTES, MANUAL, O_CONTR1, O_CONTR2, C_BLOQUE, V+- y C_BIPESO donde hay un predominio del valor 3 y F_CODO, V_ZAPATO, F_DIRE y F_INTE

con predominio del 4. A juzgar por la estabilidad que presenta ante los distintos análisis cluster, este grupo, a pesar de estar posicionado en la zona intermedia de la muestra está bastante bien definido.

4. El grupo con rendimiento medio bajo (**MB**) constituido por los sujetos [Fel, Pat, Ser, Cis, Ton, Car, Kin, Rez, Ner, Nic, Ram y Van] es, además del más numeroso, el que presenta menos similitud entre sujetos (puesto de manifiesto en ACC) y el que tiene menos estabilidad (puesto de manifiesto por el conjunto de análisis), por tanto, el que posiblemente quede peor caracterizado. Contiene como valores predominantes el 1, 2 y 3, con igual índice de presencia, por tanto son valores anómalos 4 y 5, que se encuentran en [Fel, O_CONTR1, 4], [Fel, O_CONTR2, 4], [Fel, F_INTE, 4], [Car, O_CONTR1, 4], [Car, O_CONTR2, 4], [Car, O_CONSER, 4], [Kin, C_DF, 4], [Kin, V+-, 4], [Kin, O_CONSER, 4], [Kin, F_DIRE, 4], [Rez, O_CONSER, 4], [Ner, F_CODO, 4], [Ner, F_INTE, 4], [Ner, F_DIRE, 4], [Nic, C_BIPESO, 4], [Nic, V_MICRO, 4] y [Ram, C_BIPESO, 4]. Las variables que mejor definen a este grupo son C_BOLA, C_K y MANUAL con predominio del valor 1 y después de este bloque casos-variables ya no es posible definir algún otro de dimensiones apreciables, por lo que es el grupo que presenta los bloques con dimensiones menores, algo que era de esperar.
5. En la parte inferior se encuentra el grupo de sujetos con peor rendimiento (**B**) que además son los de menor edad (ya se vio en el AC que el rendimiento presentaba cierta correlación a edades bajas, sin embargo, la evolución cognoscitiva no acompaña a la maduración cronológica del individuo). Pertenecen a este grupo [Her, Bed, Len, Lid, Lil, Lor y Pek], siendo el valor 1 predominante con diferencia seguido de lejos por el valor 2, por lo que los valores 3, 4 y 5 son considerados anomalías. Al estar definido principalmente por un valor y por las similitudes que presenta el ACC se puede considerar a este grupo el mejor definido, después de **A**. Son puntos anómalos [Her, MANUAL, 3], [Her, O_CONTR1, 3], [Her, O_CONTR2, 3], [Bed, V_MICRO, 3], [Bed, F_DIRE, 3], [Len, F_DIRE, 3], [Lid, O_CONSER, 3], [Lil, V_ANTE, 3], [Lil, MANUAL, 3] y [Lor, O_CONSER, 4].

Estos cinco grupos tendrán un valor determinante en el análisis cualitativo de las categorías, que se

[illegible]

177



Conclusiones relativas a la coherencia del sistema de categorías jerarquizado.

Con estos resultados, fruto de los distintos análisis multivariantes aplicados y con las agrupaciones sobre variables y casos realizadas, es posible hacer una aproximación al grado de coherencia y validez de todo el proceso de toma de datos y generación del sistema de categorías jerarquizado.

El análisis anterior se considera fundamental en los trabajos de búsqueda y delimitación de concepciones ya que, las variables que se ponen en juego (relativas a esquemas cognoscitivos del sujeto) son particularmente difíciles de "medir" por su propia naturaleza y lo que es más importante, como se puso en evidencia en el § 3.1.4, son altamente susceptibles a ser sesgadas y tergiversadas por la propia estructura cognoscitiva del investigador. Estas variables son todo lo contrario a magnitudes físicas como la longitud en la que, para determinados objetivos, una buena regla milimetrada permitiría resultados satisfactorios.

Son pocos los trabajos sobre concepciones que dedican un apartado a analizar el grado de validez de los instrumentos utilizados para la toma de datos o el proceso de categorización (Hashweh, 1988; Millar 1989; Abimbola 1988, entre otros).

Sin embargo, si se quiere ser preciso y minucioso en la delimitación de concepciones, es normal que surjan ciertas dudas científicas sobre la validez y fiabilidad de la toma y categorización de datos: ¿habrá sido formulada significativamente tal o cual cuestión? ¿habrán quedado sesgados determinados datos con una previsiones ajenas al contenido ontogénico del sujeto? ¿se habrán valorado y catalogado en su justa medida determinadas respuestas? ¿ha respondido a la realidad ontogénica del sujeto el orden que he establecido en el sistema jerárquico? ¿tienen una explicación plausible las anomalías encontradas?, etc.

8.1 Análisis de las anomalías de la matriz de datos

En la tabla 29 se han señalado como anomalías, valores que toman determinadas variables en grupos caracterizados por valores diferentes.

Una análisis detenido de estas anomalías permite hacer la siguiente clasificación

ateniéndonos al origen que ha podido provocarlas:

Anomalías propias del proceso asimilador de los esquemas cognoscitivos puestos en juego, como pudieran ser fijaciones en factores irrelevantes como forma de conseguir una estabilidad cognoscitiva que el sujeto tiene conciencia de no poseer, rigidez cognoscitiva cuyo origen esté en problemas afectivos o creencias en ideas paradigmáticas, tergiversación de la pregunta del entrevistador sin que éste se percate del hecho, cansancio intelectual y, finalmente, interacción continua de los esquemas cognoscitivos del sujeto con su personalidad afectiva básicamente nerviosa e inestable.

Anomalías debidas a errores del investigador, como son, en la fase de toma de datos, un mal enfoque o explicación de la pregunta, un olvido de la mejor secuencia prevista de dinámica interactiva o simplemente una relajación de la concentración debido al cansancio y, en la fase de categorización, una sobrevaloración o infravaloración de una determinada respuesta en el proceso de categorización o un encasillamiento de una categoría dentro de un grupo categórico inadecuado.

Posiblemente no esté agotada la lista de fuentes de error, que podría ser ampliada cuando se analicen más pormenorizadamente las anomalías en el siguiente capítulo donde, además del estudio estructural aquí realizado, se tenga en cuenta el contenido de las categorías.

Se han sustituido los valores propios de cada grupo por una "N" en la tabla 30 lo que permite apreciar con una mayor claridad las anomalías, que son aquellos números resaltados.

Algunas de estas anomalías tienen fácil explicación si se tiene en cuenta las conclusiones del análisis estructural:

1. A diferencia de la construcción de la mayoría de las categorías y grupos categóricos, las correspondientes a las variables operatorias estaban ya establecidas en los trabajos piagetianos, por lo que lo único que se ha hecho es asimilar el conjunto de respuestas de cada sujeto en cada una de las tareas operacionales a unos de los niveles ya definidos. Esto y el hecho evidenciado en el ACP de que las variables operativas presentan una buena componente ortogonal al resto de variables, debería explicar las anomalías asociadas a estas variables y ver como lejano el que éstas sean debidas a un orden mal establecido, cuando éste ya estaba configurado, todo lo



más, cabe pensar que el sujeto no quedara bien encasillado por una mala valoración de sus respuestas, pero esto también queda como posibilidad remota, ya que el encasillamiento no se hacía por una o dos respuestas del sujeto sino por el conjunto de 7 u 8, de forma que la probabilidad de cometer errores es mínima. El que la variable O_CONSER presente algunos valores de 4 en los grupos B y MB fue fruto de una estrategia determinada por algunas hipótesis de este trabajo que llevó a elegir sujetos de menor edad que dieran puntuaciones altas en problemas de conservación y disociación del peso y volumen (tarea 7), pasando previamente a un grupo numeroso de sujetos de baja edad (6, 7 y 8 años) éstas cuestiones.

2. Determinadas anomalías (por ejemplo, [Des, C_K, 1], [Rom, C_K, 1], [Gen, C_K, 1]), pueden ser explicadas fácilmente si se sigue la evolución de la variable C_K en la tabla 26, que como se puede apreciar es de una gran dificultad, hasta el punto de que a partir de la mitad de la muestra (ordenada por RAC) lo normal es que los sujetos obtengan el valor 1. Por eso la anomalía que habría que explicar se encontraría en [Nor, C_K, 4], sin embargo, al estar dicho sujeto integrado dentro de un grupo donde el valor 4 es normal, dicha anomalía pierde su peso. De todos modos, habría que ir al contenido de la categoría para explicar esta anomalía en concreto.
3. Existen otras anomalías que fueron tan evidentes o explícitas en el transcurso de la entrevista que admiten fácil explicación, al menos, en una primera aproximación, ya que un tratamiento más exhaustivo de dicha anomalía sólo puede hacerse poniendo en juego el contenido de la categoría, algo que se realizará en el siguiente capítulo. Por ejemplo [Man, V_MICRO, 3] fue consecuencia de un planteamiento complejo de las cuestiones por parte de la entrevistada. Se le preguntaba por el límite geométrico a partir del cual el micro se caía y ésta se centró en buscar razones dinámicas de esta caída utilizando la noción de momento (el sujeto era muy inteligente), lo que le perturbaba para solucionar los problemas más sencillos que se le planteaban, a pesar de que se le dieron argumentos para disuadirla de su empeño, fue imposible. Otro ejemplo: [Nic, C_BIPESO, 4] fue debido a la

familiaridad de la cuestión, ya que el sujeto manifestó explícitamente que había experimentado con un bipeso y una persona mayor le había explicado dicho equilibrio, sin embargo [Nic, V_MICRO, 4] es una anomalía difícil de explicar.

4. Otras anomalías, por la evolución homogénea y promediada del sujeto y la buena construcción de ésta, encuentran su explicación más plausible en errores cometidos en el proceso de categorización realizado por el propio investigador, tal es el caso de [Mif, V_POSTE, 5], donde siendo V_POSTE la variable mejor construida y siendo Mif un sujeto que presenta una evolución homogénea, no cabe otra opción que la de ser una anomalía propia del proceso de categorización. También ocurre lo contrario, sujetos con una evolución llena de saltos o variables cuyas cuestiones llevan a respuestas difíciles de categorizar, tal es el caso de Ner, un sujeto bastante inestable o de la variable F_CODO cuya posición de la ELE propuesta por el sujeto era difícil de categorizar o F_DIRE cuyas propuestas de dirección planteadas por el sujeto eran principalmente respuestas de compromiso ya que no presentaban estabilidad de un momento a otro, de una situación a otra.

Es necesario puntualizar que el número de anomalías es relativamente pequeño frente al de datos normales, de forma que su incidencia o posible perturbación en la coherencia del sistema de categorías jerarquizado es prácticamente nulo, como se verá de inmediato.

8.2 Análisis de la coherencia del sistema jerárquico

Se pueden establecer tres criterios operativos que permiten evaluar la coherencia del sistema jerárquico a partir de los resultados obtenidos en los distintos análisis:

8.2.1 LAS PREVISIONES BÁSICAS ESTÁN REFLEJADAS EN LA ESTRUCTURA DE LOS DATOS

Desde la tarea 1 a la 6 las situaciones físicas planteadas se refieren a equilibrios mecánicos, esto hace prever que serán pocos los esquemas cognoscitivos puestos en juego y además, tendrán una génesis común ligada a las interacciones del sujeto con multitud de situaciones y problemas de equilibrio que continuamente se le han ido presentando en su medio cotidiano. Esta convergencia se ha visto reflejada en el paralelismo que presentan las distintas variables fundamentales, puesto de



manifiesto en los altos coeficientes de la matriz de correlaciones y en el hecho de que un solo factor en el ACP explica un porcentaje muy significativo de sus varianzas. Después se confirmó este paralelismo de un modo más detallado en la estabilidad de la forma **UI** del AC y en el hecho de que todas las categorías siguieran de forma paralela el orden establecido por el eje principal.

Pero hay también otro dato importante que refleja bien las previsiones teóricas: la capacidad operatoria del sujeto no tiene que ser paralela a su capacidad para explicar situaciones físicas con contenidos diferentes, es decir, en las explicaciones causales no es un factor determinante la capacidad operatoria del sujeto, sino que entre unas y otra existe cierto grado de independencia. Y es así como lo ha reflejado el ACP para tres factores, donde las variables operatorias presentan una componente ortogonal muy significativa, contrariamente a la que dan en el factor principal, donde las variables fuertes presentan una componente saturada, lo que indica claramente este grado de independencia.

Cabría pensar que esta independencia o falta de paralelismo con las variables fuertes se debe a una deficiente construcción categorial de las variables operatorias, pero esto debe descartarse, ya que los distintos resultados de los análisis multivariantes presentan a O_CONTR1, O_CONTR2 y en menor medida a O_CONSER con un comportamiento discriminatorio y coherente frente a los distintos grupos. Además, las categorías de estas variables están ya establecidas en los trabajos piagetianos, y en ellas el encasillamiento de cada sujeto se ha llevado a cabo sobre un conjunto de respuestas (alrededor de 7) que hace que la probabilidad de un encasillamiento sesgado sea remota.

8.2.2 LAS POSICIONES DE LOS INDIVIDUOS EN EL SISTEMA DE CATEGORÍAS JERARQUIZADO SON COHERENTES

Otro criterio que permite ver la coherencia del sistema de categorías se fundamenta en el modo en que evolucionan los individuos a lo largo de los distintos MC:

1. La variable RAC es el rendimiento absoluto que presenta cada individuo en el cuestionario, calculado directamente acumulando las posiciones absolutas que toma cada sujeto en cada MC. Si dos sujetos toman dicho valor por posiciones constantes en todos los MC, y su RAC coincide, es posible afirmar con rotundidad que ambos tienen un comportamiento idéntico en cada MC, del mismo modo, si RAC se obtiene en

base a datos heterogéneos de los sujetos, la probabilidad de afirmar que éstos tienen un comportamiento similar es remota y tanto más a medida que dicha heterogeneidad es más acusada. El ACC agrupa en clusters a sujetos con un comportamiento similar en los distintos MC, si estos clusters coincidieran con los intervalos bien definidos de RAC, sin existir solapamientos, se tendría que concluir que el comportamiento de los sujetos en los diferentes módulos es homogéneo y, por tanto, coherente.

En efecto, se puede comprobar en una primera aproximación, que los agrupamientos realizados coinciden con ciertos intervalos de la variable RAC, sin que exista solapamiento entre ellos, con la excepción de Zip que está en el intervalo 53-67 y su RAC es de 75 (área de datos 13).

Existe un cluster definido por el intervalo [19-34] y que contiene a los sujetos [Lid, Lor, Pek, Lil, Bed, Len, Van] cuyo comportamiento a lo largo de las tareas del cuestionario presenta bastante similitud y que se caracterizan por dar el más bajo rendimiento. Tras éste aparece otro definido por el intervalo [34-47] y que se encuentra dividido en dos grupos, por un lado [Fel, Car, Nic, Ton, Her, Cis] y por otro [Pat, Rez, Ram, Ser, Ner, Kin], algo lógico considerando que los individuos de los extremos permiten ser clasificados con mayor facilidad que los centrales, máxime cuando las respuestas a categorizar están lejos de las correctas y, por tanto, lejos de los esquemas conceptuales habitualmente usados por el investigador, con la dificultad añadida de tener que categorizar mediante connotaciones positivas y presentes en las respuestas de los sujetos, más que por lo que éste no es capaz de responder. El resto de clusters definidos por los intervalos [53-67], [69-88] y [88-96] integrados por los sujetos [Nor, Mif, Des, Gen, Rom, Pin, Zip], [Gon, Lis, Rev, Per, Fin, Dal, Ter, Cin, Fan] y [Luk, Sim, Gal, Man, Mer] están mejor definidos, es decir, contienen sujetos con alta similitud en sus respuestas, si bien, como ya se ha comentado, se produce un solapamiento claro de Zip y, en menor medida de Cin y Fan.



Este paralelismo entre intervalos de RAC y similitud de comportamiento, se puede interpretar como una validación del encasillamiento de los sujetos dentro del sistema clasificatorio jerárquico. Se concluye que la "intensidad" de respuesta de un determinado individuo se debe mantener a lo largo de las distintas variables, ya que si hubieran predominado "saltos" anormales en sus posicionamientos, los clusters no coincidirían con los intervalos disjuntos de RAC, a no ser que un grupo de sujetos con la misma intensidad de respuesta presentaran saltos en las mismas variables, algo bastante improbable.

2. Algo semejante ocurre con los resultados del AD que se ha llevado a cabo utilizando la variable RAC como criterio clasificador. El resultado es la discriminación de cinco agrupaciones que corresponden con intervalos de RAC, a excepción nuevamente de Zip que según su RAC debería estar en el grupo D y sin embargo, dado su comportamiento respecto a las variables más discriminantes se encuentra encasillado en el grupo C (tabla 16), posiblemente porque coincide que el rendimiento de este sujeto respecto a esas variables es inferior a su rendimiento medio.

Esta importancia de la variable RAC se confirma por su alta correlación con el eje principal del AC (gráfica 18), considerando que dicho eje se manifiesta como buen reflejo del orden establecido en las categorías.

8.2.3 EL ORDEN ESTABLECIDO CUALITATIVAMENTE SE CONFIRMA EN EL ANÁLISIS MULTIVARIABLE

Otro criterio significativo útil para analizar si el sistema de categorías jerarquizado es coherente, consiste en analizar si la estructura de los datos mantiene el orden establecido previamente en dicho sistema jerarquizado. La estructura de los datos refleja, en este sentido, lo siguiente:

1. En la tabla 14 se puede apreciar que las puntuaciones factoriales para el ACP (tipo B) están tan correlacionadas con la variable RAC que no sufre ninguna permuta (los sujetos están ordenados respecto a su puntuación factorial y en éste análisis no ha intervenido RAC sino a título de etiqueta).

Si el factor del ACP refleja la estructura subyacente común a todas las variables fundamentales, las puntuaciones factoriales serán las posiciones que toman los sujetos en el nuevo espacio de datos que explica una variabilidad significativa (69%). Si estas puntuaciones coinciden con las calculadas con los datos iniciales, es porque existe una coherencia entre la tendencia común de las variables y cada una de ellas. Considerando que las manifestaciones de éstas dependen básicamente del orden dado a los grupos taxonómicos y, por tanto, a las posiciones de los sujetos en cada objetivo concreto, a partir del cual se ha formado la variable, habría que concluir que dicho orden es coherente.

2. La prueba más evidente de la coherencia de los distintos órdenes establecidos en el sistema de categorías jerarquizado se ofrecen en la tabla 25. Salvo P_BIPESO y FxD



que presentan el orden que se estableció en el sistema jerárquico con algunas inversiones, las demás variables presentan sus categorías manteniendo su orden original.

La distancia entre categorías presentadas por el AC "respeta" el orden que se estableció inicialmente de modo cualitativo, prueba de que está bien establecido.



CAPÍTULO 6

ANÁLISIS CUALITATIVO DE DATOS Y CONCLUSIONES

1 **Introducción** El análisis estructural de los datos ha permitido, entre otros estudios, establecer relaciones generales entre variables, agrupar los sujetos por su comportamiento frente a éstas variables y evaluar las categorías establecidas empíricamente en el espacio establecido a través del análisis de correspondencia.

En este capítulo se pretende realizar un análisis pormenorizado de los datos en base a un estudio cualitativo de las categorías, teniendo en cuenta su significado, y sin perder de vista los resultados obtenidos en el tratamiento estadístico del capítulo anterior.

El análisis cualitativo se va a paralizar en tres apartados referidos a:

El estudio evolutivo de las explicaciones de los sujetos en situaciones de equilibrio mecánico, lo que permitirá precisar sus concepciones relativas a esta fenomenología, junto a los procedimientos y reglas de asimilación que se ponen en juego.

Aspectos relacionados con los esquemas de búsqueda como orientadores de la investigación, los procedimientos empleados en la toma de datos, estrategias para su tratamiento y categorización. Todo ello llevará a establecer conclusiones de índole metodológico.

El modelo cognoscitivo propuesto para la interpretación de las concepciones y el análisis del grado de validez de las hipótesis deducidas de dicho modelo, lo que va a permitir la delimitación de los esquemas cognoscitivos dependientes del contenido y su relación con las operaciones mentales.

2 **Evolución de los esquemas explicativos** El modo en que se han estructurado los datos de las entrevistas individuales (anexo 4) permite establecer la evolución de los esquemas explicativos asociados a las distintas situaciones físicas (**trazo ontogenético**) contenidas en el cuestionario de este trabajo (anexo 2), desde las "**formas explicativas**" más elementales y dependientes de lo figurativo hasta aquellas otras que se aproximan a la resolución correcta del problema.

Con **forma explicativa** se hace referencia a una de las distintas explicaciones que pueden darse sobre una determinada situación física. El conjunto de todas las formas, previamente secuenciadas, configura la **evolución de los esquemas explicativos sobre esa fenomenología**.

De este modo, cualquier concepción contenida en una forma explicativa se puede entender y ponderar en función de la posición relativa que ocupa dentro del trazo evolutivo y no, como se hace frecuentemente, de su "distancia lógica" al



contenido académico del que procede (Marín y Jiménez Gómez, 1992).

El trazo evolutivo (o trazo ontogenético) no debe confundirse con un módulo categorial, ya que se obtiene a partir de uno o varios los módulos categoriales (§ 4.6) teniendo en cuenta las reacciones del sujeto ya tengan características de esquema explicativo o no. Además, si es necesario, un determinado esquema explicativo puede ser completado, precisado o contrastado con la información contenida en otros módulos categoriales afines o complementarios. Por ejemplo, V_ANTES y V_POSTE son dos variables complementarias que giran sobre una misma fenomenología y, por tanto, la segunda matiza a la primera, así es lógico que ambas definan un solo trazo ontogenético.

Dicho esto se presentan los trazos evolutivos encontrados en las situaciones físicas relativas a:

Relaciones de verticalidad

Compensación de pesos, sin previa partición

El centro de masas

2.1 Situaciones físicas relativas a la verticalidad

Se consideran en este apartado las situaciones diseñadas específicamente para ser resueltas sólo con la noción de verticalidad.

2.1.1 VERTICALIDAD EN CASOS SENCILLOS DE SUSPENSION

Este primer trazo evolutivo se obtiene de la información contenida en los módulos categoriales correspondientes a la variables V_ANTES y V_POSTE (anexo 4).

		V_ANTES				
		1	2	3	4	5
V P O S T E	1	Pek Lor Lid Her Van Ram Nic		Lil Cis Ner		
	2	Len Bed		Rez Ton Kin Nor Pin		
	3	Pat		Ser Car Fel Gen Rom Des Cin Fan Zip		
	4			Rev Per Fin Lis		
	5			Mif		Gon Dal Ter Mer Gal Sim Man Luk

Se observa en la tabla [V_ANTES, V_POSTE] cierta tendencia de los sujetos a situarse cerca

de la diagonal principal, así la mayoría de los que están situados en las categorías menor y mayor (1 y 5) de V_ANTES mantienen dicha situación en V_POSTE, sin embargo, los sujetos de la categoría 3 de V_ANTES se distribuyen en todas las categorías de V_POSTE, principalmente la 2, 3 y 4. El número situado en la celdilla superior izquierda de la tabla refleja la correlación entre las dos variables puestas en juego.

Considerando el contenido de las categorías de las variables V_ANTES y V_POSTE y la distribución de sujetos ya comentada, se obtiene el siguiente trazo evolutivo:

- La posición original de los objetos a colgar se deja sin transformar. Antes del experimento, no se hace referencia al peso o no se aprecia en su comportamiento cierta capacidad transformadora. Después de la experimentación se distinguen mal las notables diferencias entre la posición de los objetos dibujados y la observada. La bola de los objetos se deja en un abajo no precisado.
 - Ni antes ni después de la experimentación hacen referencia al peso: Van, Her, Lid, Lor y Pek.
 - La propia observación lleva a tomar conciencia, por primera vez, de que el objeto se va para abajo debido al peso: Nic y Ram.
- Se realizan leves transformaciones sobre la posición original de los objetos. La acción del peso es tal que puede ser contrarrestada por la forma. Ahora bien, después de la experimentación, las reacciones son semejantes a las dadas en la forma 1: Ner, Lil y Cis.
- La capacidad transformadora del peso es tal que el sujeto tiene delimitada una zona debajo del gancho, no precisada por la vertical, aunque la forma de algunos objetos impide que lleguen a ella. Las reacciones de los sujetos ante la observación de los objetos colgados permiten distinguir dos importantes formas que complementan la 3.
 - Las diferencias entre posiciones dibujadas y observadas son mejor apreciadas que en la forma 1 y, en momentos esporádicos, por sugerencias de la observación se aprecia la relación vertical entre gancho y bola, pero la relación recién descubierta no se aplica sistemáticamente: Fan, Cis, Rom, Ser y Pat.



- 3.b) Las diferencias se aprecian sin dificultad y una vez descubierta la vertical se aplica sistemáticamente, excepto para el caso del aro: Rev, Per, Fin, Lis y Mif.
4. Se tiene la referencia de la vertical, pero la forma de algunos objetos impide que lleguen a ella. Después del experimento se aprecian bien las diferencias, generalmente con precisión, y se toma conciencia de que la forma no influye tanto como se preveía, exceptuando el aro: Luk, Mer, Gal, Ter y Gon.
5. Desde el primer momento la bola toma la vertical con independencia de la forma. Después de la experiencia, el sujeto no ve necesario dibujar los objetos de nuevo, ya que el esquema inicial de la vertical se mantiene: Man y Sim.

En vista de la evolución de los esquemas explicativos relativos a situaciones sencillas de verticalidad, se podrían presentar dos tipos de explicaciones, relacionadas cada una de ellas con estrategias cognoscitivas diferentes:

Explicación 1: Las estimaciones cada vez más precisas de la acción del peso llevan al sujeto a establecer, como relación necesaria, una línea vertical que une el gancho y la bola, pues otra posición no sería de equilibrio y aparecerían fuerzas recuperadoras que llevarían al objeto justo a esa posición.

Explicación 2: La noción de vertical se adquiere por abstracción reflexiva de las coordinaciones espaciales, de modo que esta relación se asimila a una línea imaginaria y racional que se aplica deductivamente sobre las configuraciones e interacciones de los objetos, por encima del aspecto figurativo de la situación.

Ambas explicaciones parecen plausibles en vista a los datos obtenidos. No obstante, como se verá, los datos empíricos parecen inclinarse por la primera explicación, pero la consideración hacia el punto de vista piagetiano, fundamento teórico de este trabajo, obliga a considerar también la segunda.

En efecto, según el Maestro en Epistemología Genética explicar la relación vertical como una consecuencia del aumento en la precisión de la acción del peso, es tanto como tratar de explicar la causalidad sólo por las experiencias físicas particulares del sujeto con su medio, ya que recurrir a coordinaciones generales de la acción sería apelar a las estructuras formadoras de las operaciones mentales. Sin embargo, la mera lectura empírica no lleva a la causalidad sino a simples sucesiones regulares (Piaget y García, 1973, pp.20-23) por tanto, habría que ver la utilización sistemática y

necesaria de la relación vertical con independencia de la forma del objeto, como una aplicación de una estructura espacial y, por tanto operatoria, por encima del aspecto figurativo de los objetos.

Tampoco a la primera explicación le faltan razones, pero a diferencia de la segunda, éstas son de índole empírico:

Existe un sorprendente paralelismo entre las referencias a la acción del peso y la precisión creciente para dejar las bolas de los objetos en la vertical, que invita a pensar que es la precisión en la estimación de la actuación del peso lo que lleva al sujeto a colocar finalmente la bola justo debajo del gancho.

En el análisis de componentes principales, V_POSTE da un valor saturado respecto al primer factor, mientras que O_CONTR1 y O_CONTR2 reparten sus proyecciones casi equitativamente entre el primero y el segundo y O_CONSER entre el primer y tercer factor, es decir, una componente de las variables operatorias es ortogonal a V_POSTE, lo que pone de manifiesto la existencia de cierta independencia entre estas variables; de aquí que se pueda decir que las operaciones mentales no son las únicas determinantes de las manifestaciones del sujeto frente a la vertical.

		V_POSTE				
		1	2	3	4	5
O C N S E R	1	Pek Lil Her Ram Ner	Bed Ton			
	2	Van Nic Cis	Len			
	3	Lid	Pin	Pat Ser Fel Gen Des Cin	Per	Gon Luk
	4	Lor	Rez Kin Nor	Car Rom Fan Zip	Rev Fin	Mif Dal Ter Gal Sim Man
	5				Lis	Mer

Un análisis de la distribución de sujetos en las tablas [V_POSTE, O_CONTR1], [V_POSTE, O_CONTR2] y [V_POSTE, O_CONSER] pone de manifiesto que lo normal es que el sujeto de operaciones formales aprecie la vertical. Así, no hay ningún sujeto que establezca la relación de la vertical si no llega a la conservación del peso. Sin embargo, algunos se salen de la norma, así Per, Gon y Luk conservan la cantidad de materia y el peso (no el volumen) y Mif, Dal, Gon y



Sim no siempre mantienen cierto control de las variables (2B/3A) pero poseen un alto dominio para apreciar la vertical y, justo lo contrario, existen sujetos con una buena capacidad operatoria como Lid, Lor, Rez, Kin y Nor en la conservación de la cantidad de materia, peso y volumen y Her, Cis y Ram con cierta capacidad para controlar variables con soporte figurativo que en ningún momento aprecian la vertical. También están Car, Fel, Cin y Fan con capacidad formal para conservar y controlar variables pero que sólo aprecian por momentos la vertical gracias a los datos empíricos.

.74

		V_POSTE				
		1	2	3	4	5
O - C O N T R 1	1	Pek Lor Lil Lid Ram Ner	Len Bed Ton			
	2	Van Nic	Nor Pin	Gen Rom		
	3	Her Cis	Rez Kin	Pat Ser Des Zip		Mif Dal
	4			Car Fel Cin	Rev Per Fin Lis	Gon Ter Gal Sim
	5			Fan		Mer Man Luk

.67

		V_POSTE				
		1	2	3	4	5
O - C O N T R 2	1	Pek Lor Lil Lid Ner	Len Bed Rez Ton			
	2	Van Nic	Kin Nor	Pat Ser Gen Rom Zip		
	3	Her Ram Cis	Pin	Des		Mif Gon Sim
	4			Car Fel Cin	Fin	Dal Luk
	5			Fan	Rev Per Lis	Ter Mer Gal Man

Todos estos datos plantean una serie de preguntas tales como ¿cómo llegan a la sistemática de la vertical los sujetos que no han estructurado operatoriamente el volumen? cuando se conoce que la conservación del volumen es un indicador fiable de que el sujeto tiene cierto grado de coordinación espacial, ¿cómo es que sujetos en el periodo formal no aprecian, o lo hacen esporádicamente, la vertical?. Ciertamente que un 75% de la muestra sigue las previsiones piagetianas, pero un modelo

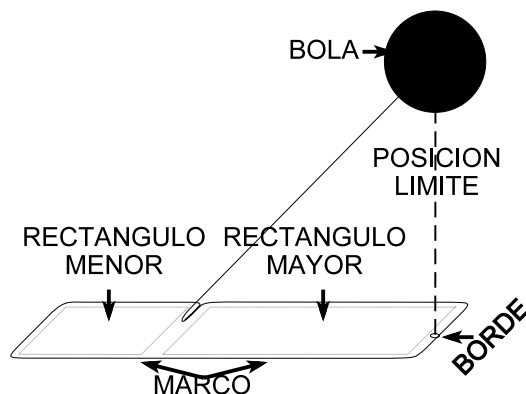
cognoscitivo debe dar cuenta también del 25% restante.

El hecho de que F_INTE, variable que gira alrededor de la conservación de la acción del peso ante un cambio en la configuración de masas, presente una correlación con V_POSTE de 0.79, mientras que con las variables operatorias lo hace con 0.43, 0.61 y 0.68, parece indicar que una buena comprensión de la acción del peso es más determinante en la apreciación de la vertical que la capacidad formal en la conservación y en el control de variables.

En definitiva, los datos empíricos apuntan favorablemente hacia la primera explicación, aunque mientras éstos no sean más concluyentes, nuestra postura será la de tener en cuenta ambas.

Por último señalar que podrían ser consideradas simultáneamente las dos interpretaciones como ciertas, de admitir la existencia de diferentes estrategias cognoscitivas para resolver el problema planteado. Lo que si parece claro es que tanto en la estrategia sugerida en la primera explicación como en la segunda, subyace la necesidad de una buena comprensión de la acción del peso para llegar a la noción de verticalidad.

2.1.2 LA VERTICALIDAD EN CASOS SENCILLOS DE SUSTENTACIÓN



Hasta ahora se ha analizado la existencia de relación vertical en situaciones donde el objeto es suspendido de un gancho, aquí se va a centrar la atención en un objeto que se apoya sobre su base de sustentación.

A la vez, se contrasta la información contenida en V_POSTE con la de V_MICRO, ya que en ambas es necesario encontrar la relación de verticalidad para dar una respuesta satisfactoria, pero en este caso aparece una dificultad añadida: encontrar una referencia a partir de la cual el *micro* en equilibrio cae.



.72

		V_POSTE				
		1	2	3	4	5
V - M I C R O	1	Pek Lor Lil Van Ram	Len	Fel		
	2	Lid Her Cis	Rez Ton Kin Nor	Pat Car		
	3	Ner	Bed	Ser Gen Rom Cin		Mif Man
	4	Nic	Pin	Des Fan Zip	Rev Per Lis	Gon Ter Mer Gal Sim
	5				Fin	Dal Luk

En la tabla [V_POSTE, V_MICRO] se puede apreciar que, en general, los sujetos se encuentran en la diagonal principal, lo que pone de manifiesto un alto paralelismo entre V_POSTE y V_MICRO: todos los sujetos que aprecian la vertical con una buena sistemática en V_POSTE la aprecian también en V_MICRO, excepto Man (sujeto con alto rendimiento) cuyo intento de explicar el comportamiento del micro a través de relaciones dinámicas (fuerzas, distancias, momentos, cdm, etc) le descentra de manera que sólo pone en juego el papel del borde en contadas ocasiones.

Este claro paralelismo entre V_POSTE y V_MICRO lo rompen, por un lado, Ner, Bed, Nic y Pin que llegan a apreciar el papel del borde después de los tanteos e incluso Nic y Pin lo aplican con cierta sistemática, pero en ambos casos no hay precisión ya que no se aplica la vertical y, por otro, Fel, Pat y Car (precisamente los sujetos más atrasados respecto a su edad) que en ningún momento aprecian el papel del borde pero logran en algunos momentos aislados y de forma observacional, apreciar la relación vertical en V_POSTE.

El trazo evolutivo de los esquemas explicativos para situaciones sencillas de apoyo sería el siguiente:

1. No aprecian que la solución del problema pase por definir una referencia y se limitan a señalar elementos figurativos irrelevantes o a describir la acción llevada a cabo: Pek, Lor, Lil, Van y Ram.
2. Después de algunos tanteos en los que se hacen referencias a elementos figurativos, se señala una zona no precisada encima del borde, que es utilizada para hacer previsiones acertadas en los casos en que la proyección de la bola no esté cerca del borde: Rez, Ton, Kin y Nor.

3. Motivado por los resultados, se aprecia el papel del borde en algunos casos aislados, pero en ningún momento se traza la vertical y la zona encima de dicho borde no se precisa: Ser, Gen, Rom y Cin.
4. Aprecian el papel del borde después de algunos tanteos, y la mayor o menor sistemática en su aplicación depende en gran medida de la utilización de la vertical.
 - 4.a) En ningún momento se traza la vertical y la zona encima del borde no se precisa. Apenas hay sistemática: Nic y Pin.
 - 4.b) Se aprecia la vertical por momentos. La sistemática en la utilización del papel del borde aumenta: Des, Fan y Zip.
 - 4.c) La zona que existe encima del borde es precisada mediante la vertical y éste se utiliza sistemáticamente salvo en casos difíciles (p.e. posición vertical del *micro*): Rev, Per, Lis, Gon, Ter, Mer, Gal y Sim.
5. Desde el primer momento se aprecia el papel del borde y se utiliza sistemáticamente: Dal y Luk.

El paralelismo que existe entre V_POSTE y V_MICRO hace pensar que la dificultad añadida en esta última variable no crea diferencias significativas. Todo apunta a considerar que "poner en juego el borde" es un factor más sencillo de descubrir que la relación vertical, quizá porque los desplazamientos del alambre inclinado del *micro*, realizados alrededor de la posición límite, son numerosos. De ahí que sujetos como Ner, Bed y Nic, pertenecientes a los grupos de rendimiento más bajo, descubran el borde después de tanteos sucesivos sin llegar a encontrar la vertical.

Se puede afirmar que todos los sujetos que aprecian la vertical con cierta sistematicidad en V_POSTE, descubren el borde y aplican esta relación precisa junto a la idea de que el peso de la bola es el agente que tira el micro: "*cuando salga un poco el centro de la bola respecto al borde, el micro caerá*". Hay sujetos como Pat, Car, Mif y Man que no encajan en ésta interpretación, por lo que se va a analizar más detenidamente sus respuestas.

Pat y Car aprecian en momentos aislados la vertical por observación, intuyendo una zona imprecisa encima del borde, de forma análoga su apreciación esporádica de la vertical en V_POSTE sólo se puede entender como una constatación empírica.

Mif es un sujeto que llega a entender la relación vertical por observación, como se pone de



manifiesto en que en V_ANTES apenas transforme los objetos, pero esta adquisición no es aplicada en V_MICRO, posiblemente porque el sujeto considera que es una situación diferente y sólo aprecia el borde después de algunos tanteos.

En cuanto a Man, son sus apreciaciones dinámicas las que le hacen descentrarse del borde, aunque lo aprecie en determinadas ocasiones.

2.1.3 LA VERTICALIDAD EN UN CASO COMPLEJO DE SUSTENTACIÓN

		V_POSTE				
		1	2	3	4	5
C - B L O Q U E	1	Pek Lor Lil Lid Her Nic Cis Ner	Len Bed	Pat Ser Car Fel		
	2		Ton Kin Nor	Des		
	3	Van Ram	Rez	Gen Rom Fan		Mif
	4		Pin	Cin	Lis	Dal
	5			Zip	Rev Per Fin	Gon Ter Mer Gal Sim Man Luk

		V_MICRO				
		1	2	3	4	5
C - B L O Q U E	1	Pek Lor Len Lil Fel	Lid Her Cis Pat Car	Bed Ner Ser	Nic	
	2		Ton Kin Nor		Des	
	3	Van Ram	Rez	Gen Rom Mif	Fan	
	4			Cin	Pin Lis	Dal
	5			Man	Rev Zip Per Gon Ter Mer Gal Sim	Fin Luk

Las tablas [V_POSTE, C_BLOQUE] y [V_MICRO, C_BLOQUE] ponen de manifiesto una correlación semejante a la presentada por [V_POSTE, V_MICRO], aunque con un grupo de sujetos que ocupan casillas de contenido significativo fuera de la diagonal principal. Todo ello parece indicar que en C_BLOQUE subyace una relación de verticalidad para solucionar el problema, y además una dificultad compleja respecto a V_POSTE y V_MICRO, pues en éstas, los objetos utilizados son bolas ensartadas en estructuras hechas con alambre de aluminio. En consecuencia, su participación en la determinación del centro de masas es mínima y viene dada prácticamente por el

centro de la bola de plastilina. Sin embargo, los bloques inclinados de C_BLOQUE tienen sus centros de masas en el interior, de forma que sólo una partición formal del bloque, junto con la aplicación sistemática de la vertical más allá de aspectos figurativos, permiten llegar a él.

Es curioso comprobar que el comportamiento combinado de los sujetos para el par V_POSTE, C_BLOQUE corre paralelo al del V_MICRO, C_BLOQUE, así se comprueba que:

En ambos casos existe un grupo de sujetos que poseen ciertas habilidades para delimitar una zona poco precisa en la se que quedan los objetos que cuelgan (V_POSTE) o a partir de la cual el micro cae (V_MICRO) y que, sin embargo, no manifiestan ningún tipo de habilidad en C_BLOQUE (p.e. Ser, Car, Pat, Bed y Fel). Esta tendencia es más acusada en Des que aprecia la vertical por momentos, así como el borde del micro; por contra sólo hace referencia al peso sin particiones y, más aún, en Dal que aplica sistemáticamente la vertical tanto en situaciones de apoyo como de sujeción pero que sorprendentemente, no la aplica en C_BLOQUE.

Existen sujetos que presentan mayor habilidad en la partición de los bloques que en previsiones relativas a la vertical. Así, Van, Ram y Rez que no hacen transformaciones en V_ANTE aprecian mal las diferencias en V_POSTE; no aprecian la necesidad de referentes en el *micro* y por momentos hacen particiones formales en el peso, aunque después vuelvan a utilizarlo de forma global e, incluso, Pin y Cin llegan a utilizar con cierta sistemática el esquema "peso que tira, peso que sujeta", pero este último sujeto aprecia la vertical en alguna ocasión.

Por tanto, la *partición formal del bloque en porción que tira y porción que sujeta* se pone de manifiesto como un elemento ontogenético que habría que diferenciar respecto a la vertical. Si bien y teniendo en cuenta que 2/3 de la muestra se ubican en la diagonal principal, la habilidad para apreciar la vertical y realizar particiones es normal que sean paralelas.

Aún queda un caso más que comentar respecto a la relación existente entre "*partición*" y "*vertical*". Así, los sujetos que aprecian la vertical con cierta sistemática están claramente divididos en dos grupos según su comportamiento en C_BLOQUE:

Los que no hacen referencia al centro de masas, en los que se aprecian dos subgrupos:



- a) Los que no coordinan con acierto la línea vertical con porciones de peso que tiran o sujetan, al trazarla por puntos irrelevantes que, en algunos casos, se aproximan a la posición correcta (Rev, Gon, Ter y Mer) y,
- b) Fin, Per y Zip que trazan por el punto correcto la vertical y ligan las porciones geométricas obtenidas con funciones dinámicas de tirar y empujar; no obstante sólo llegan a combinar lo geométrico y lo dinámico después de tanteos y rectificaciones, ya que sus primeras reacciones son similares a las del grupo a).

A los que hacen referencia al centro de masas les ocurre algo semejante al caso anterior: por un lado está Sim que a pesar de situar el centro de masas en el centro del bloque y trazar la vertical por la zona media de la base de sustentación, no liga adecuadamente estos elementos para explicar las caídas y, por otro lado están Man, Luk y Gal que sitúan correctamente el cdm y lo relacionan con la parte más saliente del plano de sustentación, de forma que cuando la vertical queda fuera el bloque éste cae.

Estas reacciones sugieren dos orientaciones que podrían servir para futuras búsquedas de información cognoscitiva:

el hecho de que se tengan las nociones de verticalidad, de centro de masas y de la existencia de una porción que tira y otra que sujeta no garantiza el que ligue estos factores, pues ello parece requerir de una operatoria mental más compleja

la adquisición de nociones académicas, incluso cuando están bien comprendidas, no garantiza el que se ligen automáticamente con aquellas otras adquiridas por la interacción de sujeto con su medio físico; algunos sujetos lo hacen sin problemas, pero hay otros en los que los dos tipos de conocimientos conviven independientemente y, sólo un diseño de **enseñanza que contemple las nociones no académicas** y permita un aprendizaje donde **ambas se vayan encajando paulatinamente**, podría conseguir una combinación eficaz (en términos piagetianos: asimilación recíproca).

Según esto el trazo evolutivo que se propone para esta fenomenología es el siguiente:

1. Sólo se hacen referencias figurativas irrelevantes que no ayudan a poner orden en la serie de datos empíricos.
 - 1.a) No transforman en situaciones de apoyo sencillas: Pek, Lor y Lil.
 - 1.b) En situaciones sencillas se aprecia una zona no precisada en torno a la vertical e incluso, por momentos, se aprecia ésta: Pat, Ser, Car, Fel y Bed.
2. Se hacen referencias al peso que permiten poner cierto orden en los datos, sin embargo, no hay diferenciación en la función del peso: si cae todo el peso tira, si se mantiene en equilibrio todo el peso sujeta: Ton, Kin, Nor y Des.
3. Se diferencia la porción que tira de la que sujeta, lo que permite algunas explicaciones exitosas, pero la delimitación geométrica de ambas porciones es difusa.
 - 3.a) No se pone de manifiesto ninguna habilidad para establecer relaciones de verticalidad en casos sencillos: Van, Ram y Rez.
 - 3.b) Se aprecia la vertical de forma esporádica en casos sencillos: Gen, Rom y Fan.
4. Aunque se utiliza la vertical con bastante sistemática, el intento para encontrar un criterio preciso que explique la caída del bloque es fallido, ya que coordinan mal las porciones geométricas definidas por la vertical con aquellas que tienen funciones de tirar y sujetar: Rev, Gon, Ter y Mer.
5. Buena coordinación entre las porciones de peso que tiran y sujetan y el lugar por donde trazan la vertical para hacer la partición: Fin, Per, Zip, Luk y Gal.

2.2 Situaciones donde se requiere hacer compensación de pesos, sin previa partición

Son las situaciones en las que se presentan al entrevistado las porciones de pesos bien definidas, diferenciadas y donde la previsión de posiciones adoptadas por el objeto depende de las porciones que se pongan en juego. Aparecerá como es de suponer, además de la noción de vertical, la correspondiente evolución de los esquemas explicativos referidos a los conceptos de fuerza y de momento.

2.2.1 SITUACIONES DONDE SE AÑADE O SE SUSTRAE PLASTILINA EN LA BOLA Y SU RELACIÓN CON LA VERTICAL



CAPÍTULO 6: ANÁLISIS CUALITATIVO Y CONCLUSIONES

Para responder satisfactoriamente a los ítems de V+- es necesario poner en juego tanto el peso de la bola como el del alambre y compensarlos adecuadamente, sin perder en ningún momento la referencia de la vertical. Aquí, se puede plantear si la precisión que se requiere a la acción del peso para llegar a la vertical sistemáticamente es la misma que la que se necesita para compensar el peso de la bola con el del alambre o por el contrario, "*compensar pesos con precisión*" es un elemento cognoscitivo diferente a la vertical.

		V_POSTE				
		1	2	3	4	5
V + -	1	Pek Lor Lid Van Ram	Len Bed Rez			
	2	Lil Her		Fel Gen		
	3	Nic Cis Ner	Ton Nor Pin	Pat Ser Car Rom Des Fan	Per	Mif
	4		Kin	Cin Zip	Rev Fin Lis	Dal Ter Gal Sim
	5				Gon Mer Man Luk	

Se puede apreciar en la tabla [V_POSTE, V+-] un paralelismo (65%) entre la precisión para localizar la vertical y la que se requiere para hacer intervenir el peso del alambre, compensándolo con el de la bola (más perceptivo), sin embargo, existen sujetos fuera de esta tendencia que se deben analizar:

Cis, Ner, Nor y Kin ponen de manifiesto cierta intuición para compensar el peso de la bola con el del alambre y, sin embargo, no son capaces de precisar en qué zona debajo del gancho queda la bola. En esta línea se encuentran Cin y Zip, cuya intuición para compensar es más notable y sólo aprecian por momentos, sugeridos por lo observado, que la bola queda debajo del gancho.

Mif, Dal, Ter, Gal y Sim, al contrario del caso anterior, utilizan sistemáticamente la vertical para colocar la bola de los objetos debajo del gancho, pero su capacidad para compensar el peso de la bola respecto al alambre es sólo intuitiva o poco precisa.

Todo lo cual sugiere que existe cierto grado de independencia entre la vertical y la compensación de pesos con precisión.

Hay que señalar también que los desplazamientos cuando se añade o quita plastilina de la bola son mínimos, incluso imperceptibles en el caso del añadido. Se da que todos los sujetos que compensan con precisión el peso del alambre con respecto al de la bola, del mismo modo aprecian la vertical,

lo que parece sugerir que el minúsculo desplazamiento de la percha hacia atrás en el añadido (menos de 1mm), es percibido como una necesidad lógica de la operación realizada, es decir, el posible desplazamiento hacia atrás es apreciado por el esquema cognoscitivo pertinente y no por la observación.

El apreciar la vertical es una condición necesaria pero no suficiente para compensar los pesos con precisión. Esta necesidad de tener "algo más que" o "algo diferente a" la vertical para compensar con precisión viene a apoyar más aún la siguiente hipótesis: **existe cierta independencia entre apreciar la vertical y compensar pesos con precisión.**

Este "algo más" no se puede encontrar en la capacidad operatoria del sujeto, habida cuenta que V+- presenta una correlación baja o media con las variables operacionales y alta con F_CODO, donde se requiere la compensación de pesos sin precisión. Todo ello parece sugerir que las compensaciones con y sin precisión corren paralelas y que, por tanto, dicha **compensación de pesos** es una entidad cognoscitiva diferenciadora.

El trazo evolutivo para las compensaciones de pesos con precisión sería el siguiente:

1. No transforma al añadir o quitar plastilina. Sus explicaciones son meramente descriptivas: Pek, Lor, Lid, Van y Ram.
2. Aunque realiza transformaciones, éstas suponen desplazamientos exagerados o imposibles (ej. bola más atrás de la vertical). Sus explicaciones son meramente descriptivas o presentan dificultades para analizar los datos: Lil y Her.
3. Hacen referencias a los pesos del alambre, de la bola y presentan cierta intuición para compensar que interactúa claramente con la forma, no obstante, sus previsiones son exageradas o imposibles. Su apreciación del peso sólo le lleva a dejar la bola en una zona poco precisa debajo del gancho en V_ANTES: Cis, Ner, Nor, Ser, Car, Rom, Des y Fan.
4. Prevén que no se moverá la percha, pues evalúan en exceso el peso de la bola respecto al del alambre, después del experimento hacen lo contrario. Presentan dificultades para compensar el peso del alambre con el de la bola.
- 4.a) Su apreciación del peso únicamente les lleva a dejar la bola en una zona poco precisa debajo del gancho en V_ANTES, después de la experimentación sólo



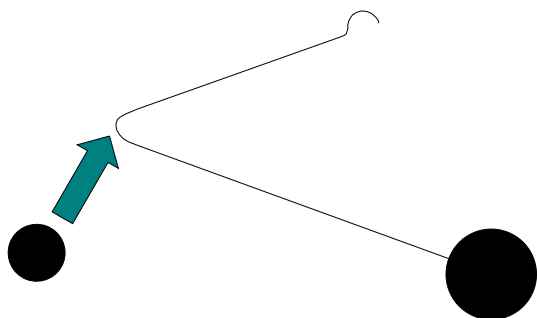
aprecian esporádicamente la vertical: Kin, Cin y Zip.

- 4.b) Su apreciación del peso sólo les lleva a dejar la bola en una zona poco precisa debajo del gancho en V_ANTES, después de la experimentación aprecian la vertical con cierta sistemática: Rev, Fin y Lis.
- 4.c) El peso de la bola les lleva a apreciar la vertical desde el primer momento en V_ANTES: Dal, Ter, Gal y Sim.
5. Transformaciones correctas o al menos, no exageradas. La comparación del peso del alambre con respecto al de la bola se hace con más precisión. Aplicación sistemática de la vertical desde el principio en V_ANTES: Gon, Mer, Man y Luk.

En el trazo evolutivo se pone de manifiesto un elemento significativo: la *evaluación de la intensidad de los pesos intervinientes para posteriormente ser compensados*. Esta evaluación de la participación de cada peso se hace cada vez más precisa. No es un problema de que el sujeto no se de cuenta del papel del alambre, pues ya desde las primeras formas explicativas se considera su peso y, sólo en la forma final se pondera con precisión frente al de la bola, llevando al sujeto a realizar previsiones correctas o cercanas a ella.

Esta precisión para evaluar la intensidad de los pesos y después compensar, presenta cierta independencia con la que se ejerce para comprender que el peso tira hacia abajo justo hasta llegar a la vertical. La expresión "abajo" que tan frecuentemente es evocada por el entrevistado no se debe asimilar ligeramente al vector peso académico, sólo la forma en la que "abajo" va acompañada de la precisión de la vertical podría ser considerada cercana a este contenido académico.

2.2.2 UN CASO SENCILLO DE COMPENSACION DE PESOS



La variable F_CODO contiene las categorías relativas a la compensación de pesos desiguales en una situación sencilla, en la que éstos son colocados de forma sucesiva.

Los resultados obtenidos se pueden explicar si se admite que los sujetos emplean dos tipos de estrategias diferentes para llegar a un mismo resultado, utilizando esquemas cognoscitivos de diferente nivel.

Las estrategias cognoscitivas para llegar a prever la posición correcta u otras cercanas a ésta, también confirmadas con el contenido de F_DIRE y F_INTE, son las siguientes:

Compensar los pesos no como entidades dinámicas sino como cantidades de plastilina (peso-cantidad).

Compensar los pesos como causantes de una acción de empuje hacia abajo (peso-acción).

Para el tipo de situaciones sencillas de F_CODO la noción de peso-cantidad, al ser las dos bolas homogéneas y de la misma densidad, permite previsiones precoces, que son detectadas como tales cuando se plantea la situación compleja de V+-, y cuya previsión requiere una precisión en la compensación de pesos que no puede ser dada por el esquema peso-cantidad.

Este mismo problema de ontogénesis fue abordado por Piaget (1973, p.109; 1975, p.13-28) al detectar en sujetos que conservan el peso (nivel IIB) reacciones preoperatorias cuando se trata de ponderar la acción combinada de una serie de ellos cuya acción se ejerce en la misma dirección. La explicación piagetiana para esta "anomalía" es bastante convincente: las previsiones de los efectos ante la adición o sustracción de pesos, asimilados éstos a cantidades, son correctas o al menos, adecuadas en el nivel IIA; sin embargo, en el nivel IIB se comienza a forjar un nuevo esquema del peso como algo que posee características dinámicas, este estado primario del esquema lleva a crear dependencias con lo figurativo y, por tanto, a presentar reacciones preoperatorias. Esta interpretación encaja sorprendentemente bien con los datos de ésta investigación.

El contenido de F_CODO ha sido complementado con dos variables que analizan aspectos significativos del peso-acción como son la dirección (F_DIRE) y la intensidad (F_INTE) y matizado por otras dos: V_POSTE que precisa cuando la dirección hacia abajo del peso está definida por la vertical y, FxD que analiza la relación entre las porciones de plastilina colgadas en la percha y la posición que ésta adoptada.



CAPÍTULO 6: ANÁLISIS CUALITATIVO Y CONCLUSIONES

El trazo evolutivo de F_CODO, precisado con las variables ya mencionadas, supone una aproximación al trazo de la noción fuerza-peso (en su significado académico) y sería el siguiente (se señala en cursiva el elemento diferenciador respecto a la anterior forma explicativa):

1. Las transformaciones son leves de forma que dejan el objeto entre su posición inicial y la correcta. Leves o nulas transformaciones en V_ANTES y dificultades para apreciar diferencias en V_POSTE. Las direcciones siempre están sugeridas por el movimiento o el alambre.
- 1.a) No conservan el peso ante los cambios de posición y forma: Lil, Pek, Her, Nic y Cis.
- 1.b) Conservan el peso ante los cambios de forma: Lid, Lor.
- 1.c) Conservan el peso ante los cambios de posición: Van, Ram.
2. No hacen transformaciones para el añadido menor, y si lo hacen para el mayor son tan leves que no llegan a la horizontal. *Sólo aprecian un abajo indiferenciado después de la observación. Mezclan direcciones del peso sugeridas por el movimiento y el alambre con otras dirigidas hacia una región inferior poco precisada, variando dichas direcciones con la situación y el momento. Conservan el peso como si de una cantidad se tratara ante los cambios de posición, pero no lo conservan ante los de forma: Len y Bed.*
3. Alternan previsiones adecuadas (generalmente con el añadido pequeño) con otras claramente disparatadas. *Intuyen una región inferior antes de la observación. Mezclan direcciones del peso sugeridas por el movimiento y el alambre con otras hacia ese abajo indiferenciado, variando dichas direcciones con la situación y el momento. Conservan el peso, como si de una cantidad se tratara, ante los cambios de posición (excepto Ser) y también ante los cambios de forma (excepto Ton): Ton, Car, Fel y Ser.*
4. *Las posiciones previstas son cercanas a la correcta o coinciden con ésta, aunque para situaciones extremas sean disparatadas. Intuyen una región inferior antes de la observación. Prevalecen las direcciones del peso dirigidas hacia abajo, acompañadas de una mayor estabilidad en las respuestas. Conservan el peso ante los cambios de posición y forma. Por momentos, se aprecia simetría en la acción de*

los pesos. No queda claro en el conjunto de respuestas si el peso es tomado como cantidad o como fuerza (posiblemente haya alternancia): Nor, Rom y Pin.

5. Las posiciones previstas son cercanas a la correcta o coinciden con ésta, aunque para situaciones extremas sean disparatadas. *Antes de la observación aprecian un abajo indiferenciado, para darse cuenta de la vertical con posterioridad, momento a partir del cual la aprecian con cierta sistemática.* Prevalecen las direcciones del peso dirigidas hacia abajo, acompañadas de una mayor estabilidad en las respuestas. *Conservan la acción del peso ante los cambios de posición y forma. Por momentos, se aprecia simetría en la acción de los pesos: Per, Fin y Des.*
6. Las posiciones previstas son cercanas a la correcta o coinciden con ésta, aunque para situaciones extremas sean disparatadas. *Se aprecia la vertical desde el principio.* Prevalecen las direcciones del peso dirigidas hacia abajo, acompañadas de una mayor estabilidad en las respuestas. Conservan la acción del peso ante los cambios de posición y forma. La simetría en la acción de los pesos se hace más sistemática: Ter, Gal y Mif.
7. *Las posiciones previstas coinciden con la correcta o son cercanas a ésta, además, en ningún momento se proponen previsiones disparatadas para situaciones extremas. Se aprecia la vertical desde el principio. Sólo hay direcciones hacia abajo. Conservan la acción del peso ante los cambios de posición y forma. Simetría entre las acciones de ambos pesos que hace pensar en una continua interacción recíproca entre ellos y por tanto, en la compensación en todo momento de la acción de un peso por la reacción del otro: Dal, Gon, Sim, Man, Luk y Mer.*

Las conclusiones que permite sacar este trazo son las siguientes:

Las previsiones de las posiciones de la percha cuando se añaden pesos en el codo no son un buen factor diferenciador del trazo por las razones dadas anteriormente: existen estrategias cognoscitivas para llegar a la previsión adecuada que no utilizan el peso como un elemento dinámico, además, la posición oblicua de la percha que presenta inicialmente y el hecho de que las posiciones a prever no se puedan asimilar a líneas horizontales o verticales, hacen que al sujeto le cueste trabajo definir dichas posiciones mediante



dibujos o verbalmente. Esta dificultad, a nivel de respuestas del entrevistado, se agudiza cuando se categorizan, ya que existen problemas para describir la posición prevista respecto de la correcta.

Una conclusión metodológica se impone: es importante que las posiciones inicial o final de los objetos se puedan describir en relación a líneas verticales u horizontales y que los añadidos sean porciones relacionadas entre sí por números enteros y sencillos. De cualquier otro modo, además del análisis que se pretende hacer, se evalúa la capacidad del sujeto para dibujar o describir verbalmente, disminuyendo ostensiblemente la fiabilidad en la categorización.

Además, se pone de relieve la fuerte dependencia del sistema cognoscitivo del sujeto frente al contexto de la tarea: basta con cambiar la estructura figurativa de un problema que puede ser asimilada a rectas horizontales y verticales por otra donde la líneas rectas estén inclinadas, para que el sujeto pase de dar respuestas correctas a otras más imprecisas o erróneas.

La dirección del movimiento perturba el poder apreciar que la acción del peso siempre va dirigida hacia abajo, esto está presente hasta en sujetos de formas explicativas avanzadas (véase Per, Fin, Des, Ter, Gal y Mif en las formas 5 y 6). Aunque existe un buen paralelismo entre la apreciación de la vertical (en V_ANTES y V_POSTE) y la creciente presencia de direcciones hacia abajo, se puede afirmar que poseer la vertical no garantiza el evitar que la dirección de la acción del peso sea perturbada por la sugestión del movimiento.

Los sujetos que aprecian sólo direcciones hacia abajo como algo evidente y sistemático son aquellos que hacen previsiones correctas incluso para casos extremos, y de sus respuestas se deduce que no por dejarse llevar la bola del extremo por la del codo deja ésta de actuar, definiendo la posición final de la percha por el peso de las bolas combinado con la distancia de éstas a la vertical. Forma explicativa que se podría ver como correlato del principio de acción y reacción.

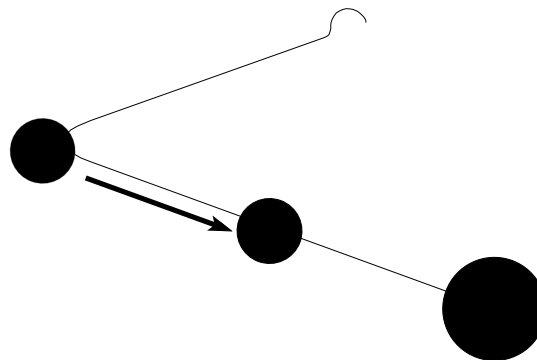
Se observa, por un lado, en las respuestas de los entrevistados, que la dirección hacia abajo no se hace estable hasta la forma explicativa más elaborada

y por otro, que existe un paralelismo entre la apreciación de la vertical y de la dirección hacia abajo de la fuerza peso. Por ello, sería inadecuado afirmar que para los sujetos de niveles medios e inferiores, la dirección del peso viene determinada por la del movimiento u otros factores figurativos, ya que en esos estadios no se le asocia ninguna dirección, al ser asimilado a la noción de peso-cantidad.

Lo anterior, junto a la conclusión del análisis estructural de que F_DIRE no se manifiesta paralela a las variables que mejor discriminan, permite asegurar que los entrevistados dan respuestas de compromiso o interpretan inadecuadamente las preguntas del entrevistador.

La conservación de la acción del peso y el apreciar direcciones sólo hacia abajo son condiciones necesarias para hacer buenas previsiones pero no suficientes. Parece que, además, se requiere comprender que existe una relación inversa entre el peso de la bola y la distancia a la que se queda respecto a la vertical.

2.2.3 SOBRE EL EFECTO DEL PESO CUANDO MEDIA UNA DISTANCIA



Los resultados anteriores llevan necesariamente a analizar el contenido de la variable FxD, construida en base a la respuestas que dan los entrevistados al pedirles previsiones y posteriormente, explicaciones sobre la posición que adopta la percha cuando la bola del codo se desplaza acercándose progresivamente a la del extremo. Los resultados muestran cierta independencia del efecto del peso cuando media una distancia, respecto a las previsiones de F_CODO, más acusada para sujetos de rendimiento medio-alto y menor para aquellos cuyos esquemas explicativos se corresponden



CAPÍTULO 6: ANÁLISIS CUALITATIVO Y CONCLUSIONES

con las formas 1 y 2 del trazo anterior, que dan explicaciones meramente descriptivas.

La evolución de los esquemas explicativos es la siguiente:

1. Disparatadas previsiones (desplazamientos al contrario, toma de la horizontal o la vertical), seguidas de ausencia o dificultades para dar explicaciones de los hechos. Todos los sujetos están en la *forma 1* de compensación de pesos en casos sencillos (§ 6.2.1.5): Van, Cis, Lor.
2. Las previsiones disparatadas van seguidas de una explicación del cambio de efecto por una disminución del peso. Todos los sujetos están en la *forma 1* de compensación de pesos en casos sencillos: Ram y Lid.
3. Sin que sean disparatas, las previsiones son poco precisas. El cambio de efecto del peso del codo es explicado por una disminución de su peso o por un aumento del de la bola del extremo. Estos sujetos están en la *forma 3* de compensación de pesos en casos sencillos o tienen características muy cercanas a esta forma: Ton, Rev y Kin.
- 3.a) Sujetos que están en la *forma 7* en F_CODO: Gal y Dal.
4. Previsiones poco precisas, incluso inadecuadas. Se intuyen los cambios de efecto por la tendencia de los pesos a colocarse en una cierta zona imprecisa delimitada por el hilo, central o localizada en la misma vertical, de forma que pesos mayores se encuentran más cerca de la vertical. No llegan a cuantificar la relación entre pesos y distancias. Todos estos sujetos están en las *formas 4 y 5* de compensación de pesos en casos sencillos o cercanos a éstas: Nor, Gen, Fin, Pin y Mif.
- 4.a) Previsiones más cercanas a la correcta. Intuyen cierta relación entre pesos y distancias pero no la cuantifican. Sujetos afines a la *forma 5* en F_CODO: Lis y Cin.
5. Comienzan intuyendo que los cambios de efecto son debidos a la tendencia de los pesos a tomar la vertical y, en un momento dado, sugerido por los datos, aprecian que un peso doble queda a la mitad de distancia de la vertical, pero esta relación cuantitativa no se generaliza.
- 5.a) Previsiones poco precisas. Sujetos afines a la *forma 5*: Fan y Zip.

5.b) Previsiones bastante adecuadas. Sujetos de las *formas 5 y 6*: Des, Ter y Per

6. Previsiones bastante adecuadas o precisas. El peso a un lado de la vertical por su distancia a ésta debe ser igual al peso de la otra parte por su distancia a la misma. Sujeto perteneciente a la *forma 7*: Man.

Se observa que las formas explicativas del cambio de efecto del peso, cuando se modifica su distancia a la vertical, comienzan por los sujetos que creen que el menor efecto para elevar la bola del extremo se debe a una disminución del peso del codo o un aumento del peso del extremo, después se comienza a intuir que existe una tendencia de éstos a situarse en la zona central delimitada por el hilo que sujeta o la propia vertical, seguido de la impresión no cuantitativa de que debe existir alguna relación entre pesos y distancia, posteriormente, se aprecia que doble peso debe quedar a mitad de distancia pero esto no se generaliza, salvo en los sujetos más avanzados.

Es necesario resaltar que no existe una clara correlación entre estas formas explicativas y las previsiones iniciales, lo que parece indicar que las anticipaciones no se hacen en base al esquema que el sujeto tiene sobre el efecto del peso cuando media una distancia sino que dicho esquema parece construirse progresivamente a lo largo de la entrevista.

El sujeto no traza desde el primer momento una línea central vertical, para colocar posteriormente las bolas de plastilina a una distancia de dicho centro proporcionalmente inversa a sus pesos, más bien parece que estructura progresivamente en función de las posiciones que adopta la percha ante las variaciones de lugar de la bola del codo. Y todo esto porque las estructuras perceptivas iniciales y finales de la tarea no pueden ser asimiladas a horizontales o verticales ya que están inclinadas.

Para despertar formas evolutivas precoces sobre el efecto de un peso cuando media una distancia, habría que partir de una disposición inicial en la que la línea que une los dos pesos participantes sea asimilable a una horizontal.

Se ha hablado de la existencia de cierto grado de independencia entre este trazo y el de la compensación de pesos, siendo los ejemplos más ilustrativos Gal y Dal que con forma 7 en compensación, tratan de explicar el menor efecto del peso del codo para subir la bola del extremo, por una disminución del peso de éste, reacciones propias de las formas 1 y 3. ¿Qué hace que sujetos que son conservadores del peso en otras operaciones (cambio de forma y



posición) y que aplican la vertical con bastante sistemática, de pronto dejen de serlo?. Una nueva revisión de las respuestas de estos sujetos no parece aclarar más este desfase; sólo queda por admitir que éste se deba a que la observación de este fenómeno les lleva a olvidarse de su capacidad conservadora o a que han utilizado expresiones gramaticales inapropiadas para explicar la disminución del efecto del peso.

2.3 Situaciones relativas al centro de masas

Son todas aquellas situaciones en las que se intentan delimitar las formas explicativas previas a la noción de centro de masas, aunque dichas formas no hagan una alusión directa a la noción académica de éste concepto.

2.3.1 PREVISIONES AL COLGAR UN OBJETO CUANDO SE LE DA FORMA CILÍNDRICA A LA BOLA

¿En qué pueden cambiar las formas explicativas de V_POSTE si se alarga la plastilina unida al alambre? Cabe suponer que ahora la tarea es doble: por un lado, continua el problema de precisar la vertical y, por otro, se hace necesario apreciar el papel del centro de masas de la plastilina, es decir, ver la necesidad de que la vertical pase por un punto de la plastilina tal que las porciones a un lado y otro sean iguales.

En general, las destrezas mostradas en V_POSTE son paralelas a las encontradas en V_ZAPATO, es decir, los sujetos que siguen sin apreciar la vertical después de la experimentación, no consiguen explicar la posición que toma el zapato, a pesar de que algunos prevén la posición que éste tomará, y aquellos que logran cierta sistemática en la apreciación de la vertical, intuyen o comprenden que la posición es una consecuencia de dejar porciones iguales a un lado y otro de la vertical.

También existe una cuarta parte de sujetos que se salen de la norma anterior. Cabe destacar a Nor, Fan y Zip que dan indicaciones claras en cuanto a su intuición sobre la relación que se debe establecer entre las porciones y la posición, pero que no aprecian la vertical con cierta sistemática, tan solo por sugerencias empíricas y momentáneamente. Ocurre lo contrario con Fin, Lis y Mer que presentan cierta sistemática en apreciar la vertical pero no intuyen la relación entre la posición y las porciones definidas por la vertical.

Se propone el siguiente trazo para V_ZAPATO:

1. No transforman y si lo hacen, tan solo inclinan la plastilina. Después de la experimentación no tienen idea de por qué el zapato se queda así, ni siquiera al sugerirles porciones definidas por una línea vertical. Tampoco transforman en V_ANTES: Pek, Len, Bed, Lor, Lid, Her y Nic.
2. Se inclina el zapato sin precisar la posición. Sugeridas las porciones por una línea prolongación del hilo, no saben relacionar éstas con la posición.
 - 2.a) Sujetos que no transforman en V_ANTES: Van y Ram.
 - 2.b) Sujetos que llevan la bola a una región inferior: Kin, Ser, Fel y Gen.
3. La posición de la bola tiene que ser tal que la vertical pase por el centro. Esta intuición original cede ante la sugestión de los distintos ángulos adoptados entre cilindro de plastilina y alambre, oscilando el punto por donde pasa la vertical alrededor del centro según sea el ángulo y a pesar de que pueden comprobarlo empíricamente. Sujetos que presentan cierta sistemática en apreciar la vertical: Fin, Lis y Mer.
4. La posición del zapato tiene que ser tal que la vertical pase más o menos por el centro del cilindro. Esta intuición original cede ante la sugestión de los distintos ángulos adoptados entre cilindro de plastilina y alambre, oscilando el punto por donde pasa la vertical alrededor del centro según sea el ángulo y a pesar que pueden comprobarlo empíricamente. Se intuye por momentos la existencia de cierta relación entre la posición adoptada y las porciones definidas por la vertical.
 - 4.a) Sujetos que no aprecian la vertical con cierta sistemática sino tan solo por sugerencias empíricas y momentáneamente: Nor, Fan y Zip.
 - 4.b) Sujetos que presentan una buena sistemática en apreciar la vertical: Per, Mif, Gon, Dal, Sim, Man y Luk.
5. Se prevé que el equilibrio se logra cuando la vertical deja porciones iguales a un lado y otro de ella. Idea que se mantiene a pesar de los cambios en el ángulo plastilina-alambre: Ter y Gal.

2.3.2 LOCALIZACIÓN DEL CENTRO DE MASAS EN EL MICRO

Las previsiones correctas ante las continuas modificaciones que sufre la plastilina situada en la parte alta del *micro* requieren,



independientemente de lo figurativo, en primer lugar, apreciar el papel del lado del rectángulo que está en la dirección y sentido de caída de la plastilina (papel del borde), en segundo, localizar el centro de masas de la plastilina independientemente de la forma que adopte (redonda, alargada), del punto por donde se pinche (1/2, 1/4, 3/4) y de su posición respecto a la base (horizontal, vertical) y, finalmente, en tercer lugar, poner en correspondencia el papel del borde y el centro de masas mediante la vertical.

A pesar de la supuesta dependencia de la localización del centro de masas respecto a la referencia del borde, algunos sujetos utilizan estrategias cognoscitivas diferentes para hacer buenas previsiones, como son:

la compensación de masas cuando la plastilina está alargada *"si con forma de bola se cae, ahora aunque está alargada, se compensan los dos trozos puesto que se ha pinchado en el centro"*

la utilización de una zona imprecisa encima del borde (aunque no haya conciencia de éste) que le permite hacer previsiones en casos en que la proyección del centro de masas no esté próximo a dicho borde (situación límite).

Según esto, el trazo que se propone es el siguiente:

1. Ausencia de cualquier tipo de compensación o partición, ni siquiera para el caso de 1/2.
 - 1.a) Tan solo se evocan como referencias para la caída elementos figurativos: Pek, Lor, Len, Lil y Ram.
 - 1.b) Junto a las referencias figurativas se aprecia una zona no precisada encima del borde: Lid, Car Bed, y Kin.
2. Se admite para el caso de 1/2 que actúa como si fuera la bola, es decir, si con forma redonda la bola no cae, alargada y pinchada por la mitad (1/2) tampoco. En las demás situaciones se centran en elementos figurativos.
 - 2.a) Tan solo se evocan elementos figurativos como referencias para la caída: Van y Fel.
 - 2.b) Junto a las referencias figurativas se aprecia una zona no precisada encima del borde: Rez, Nor y Nic.
3. Compensa para 1/2 con previsiones correctas y, después de algunos tanteos, prevé sin mucha precisión el centro para 1/4 independientemente del punto por donde se pincha. Se intuye una zona no

precisada encima del borde: Her, Ton, Pat y Cis.

4. Para casos sencillos (bola y 1/2) se aprecia de entrada el centro, pero para 1/4 y vertical requieren tanteos para delimitar una zona poco precisa alrededor del centro de masas. Aprecian el borde después de las constataciones y lo utilizan con cierta sistemática: Rom, Per y Sim.
5. Para 1/2 y 1/4 se aprecia de entrada el centro, pero para la vertical dudan, perdiendo incluso el papel del borde de forma que sólo señalan una zona no precisada alrededor del centro de masas. Aprecian el borde después de las constataciones y lo utilizan con cierta sistemática: Gal, Mer, Zip, Des, Rev y Gen.
6. Independientemente de las variaciones tienen bien localizado el centro de masas, salvo pequeñas dudas. Se aprecia el papel del borde: Ter, Lis, Pin y Dal.

Se observa que la **conservación del centro de masas**, con independencia de las variaciones figurativas y estructurales, sufre un largo recorrido en éste trazo evolutivo que sigue rigurosamente este orden: bola-mitad de plastilina alargada-cuarto de plastilina y en posición vertical. También se observa que a la precisión del centro, le antecede un periodo de tanteos que sólo permite delimitarlo de forma difusa, aunque al menos con independencia de la fuerte sugestión impuesta por el punto en que se pincha la plastilina y el trozo que sobresale.

Incluso para los sujetos de la *forma 6*, las impresiones figurativas, sobre todo de la vertical, les hacen dudar, tal es la dificultad para determinar el centro de masas en un caso que pudiera parecer sencillo. ¿Qué podría pasar entonces en un caso más complejo como es el del bipeso?

2.3.3 LOCALIZACION DEL CENTRO DE MASAS PARA UN CASO COMPLEJO EN EL QUE ÉSTE NO CAE EN UNA ZONA MATERIAL

El bipeso es un objeto que ha resultado ser poco familiar para el entrevistado, de modo que su comportamiento levantaba curiosidad y sorpresa. Esta circunstancia ha generado, en ocasiones, respuestas paradójicas (véase el contenido de P_BIPESO) y ha sido necesario analizar las connotaciones más diferenciadoras, ya que tomar como una de las referencias importantes localizar el centro de masas encima del punto de apoyo no parece ser un elemento diferenciador, por el hecho de que



esta solución quedaba lejana hasta para los sujetos más aventajados. Así pues, si se centra la atención en las respuestas de los entrevistados se comprueba que el factor diferenciador lo establecen los elementos que el sujeto considera necesarios para que el bipeso quede en equilibrio, de forma que uno de los referentes más importantes es considerar que la solución del bipeso requiere apreciar la importancia de los pesos de los extremos y que estos estén por debajo del punto de apoyo.

Según esta directriz, el trazo que ha generado la explicación del equilibrio del bipeso es el siguiente:

1. No se aprecia en ningún momento la necesidad del peso para que se de este equilibrio, se admite que no se tiene idea de lo que sucede con el bipeso o se centran en la inclinación de los alambres: Lid, Lor, Bed, Len y Ner.
2. Intuyen, por momentos, la necesidad del peso, y el resto del tiempo hacen alusiones a la inclinación del alambre o tergiversan el papel del peso (más peso provoca la caída): Ser, Her, Car y Van.
3. Se percibe con cierta sistemática la necesidad del peso, aunque ésta parece desaparecer esporádicamente (más peso provoca la caída): Nor, Rez, Rev, Pat, Ton, Fel, Pin y Mif.
4. Se percibe sistemáticamente la necesidad del peso. Se aprecia que las bolas quedan por debajo del punto de apoyo, pero no su necesidad para lograr el equilibrio o se indica que es necesario que estén bien inclinados los alambres, pero no se señala cuánto: Cis, Kin, Des, Cin, Gen, Ram, Lis, Rom, Gon, Man y Dal.
5. Se admite la necesidad de que el centro de masas esté por debajo del punto de apoyo y de que el peso debe estar presente: Ter, Gal, Mer, Fan, Nic y Zip.
6. Se tiene la intuición del centro de masas, pero no se localiza con precisión y no se opera adecuadamente con su posición relativa respecto al punto de apoyo: Luk y Sim.

Cabe destacar el hecho de que los sujetos que aprecian y señalan explícita y correctamente el centro de masas, Luk y Sim, no van más allá de aquellos bajo las formas 4 y 5 en cuanto a requisitos necesarios para que se de el equilibrio en el bipeso; así Luk cree que el centro de masas se debe colocar 2mm por encima para que esté en equilibrio (apreciación

por observación) y Sim que el equilibrio del bipeso se puede mantener sin necesidad de pesos. Se vuelve a encontrar algo semejante a lo visto en C_BLOQUE: los contenidos académicos no se enlazan correctamente con los generados espontáneamente (asimilación recíproca diría Piaget), posiblemente porque en el momento de ser enseñados no se tuvieron en cuenta los generados por la interacción del sujeto con su medio.

Los sujetos de la *forma 5* aprecian como necesario el que la línea imaginaria que une los dos pesos esté por debajo del punto de apoyo, algo que no forma parte de ningún contenido académico y, por lo tanto, no es enseñado.

La idea espontánea contenida en la *forma 5* no es puesta en juego por los sujetos de la 6, de forma que sus respuestas son sólo una aproximación a la correcta, a pesar de utilizar la noción de centro de masas.

Existen bastantes sujetos que llevan a pensar que sus ideas académicas y espontáneas conviven sin interaccionar, posiblemente porque las primeras no forman parte integrada de la estructura cognoscitiva de éstos.

2.3.4 ANALISIS COMPARATIVO ENTRE TAREAS DONDE SUBYACE EL CONCEPTO DE CENTRO DE MASAS

Las variables utilizadas para comparar y analizar el contenido que tienen los alumnos sobre el concepto de centro de masas han sido V_ZAPATO, C_LARGO, C_BIPESO y C_BLOQUE.

En la medida en que el contenido de las categorías que definen a estas variables es sólo comparable en determinados casos (véanse categorías de estas variables en el anexo 4 y 5), se hace difícil establecer una relación entre las mismas. Si se considera esta limitación los resultados, fruto de la comparación de las variables dos a dos, han sido:

		V_ZAPATO				
		1	2	3	4	5
C — L A R G O	1	Pek Lor Len Lil Lid Bed Ner Car	Ram Kin			
	2	Her Nic Cis Rez Ton	Van Pat Ser Fel		Nor Cin Fan Gon	
	3					
	4		Gen Rev	Mer	Rom Des Mif Zip Per Fin Dal Sim	Gal
	5				Pin Lis Man Luk	Ter



La tabla [V_ZAPATO, C_LARGO] pone de manifiesto que la partición a la mitad de la plastilina alargada de V_ZAPATO resulta ser más sencilla que la de C_LARGO. Así Nic, Rez, Van, Ser y Fel aprecian en el *micro* que a pesar de que existe un buen trozo de plastilina que queda fuera del rectángulo de alambre, existe otro igual que queda dentro y que compensa. Sin embargo, después de colgarse el *zapato* no saben dar una explicación de por qué adopta una posición tal que la vertical pasa por la mitad. Esto mismo ocurre con Her, Cis, Ton y Pat, no saben explicar la posición del *zapato* y sin embargo, comprenden que cuando se une la plastilina a 1/4 en el *micro*, la zona que determina la caída de éste sigue estando en la mitad.

Aunque con alguna dependencia de lo figurativo, Gen, Rev y Mer tienen localizado el centro de masas en el *micro*, pero en el *zapato* siguen sin comprender por qué la vertical divide la plastilina en dos partes iguales. Finalmente, hay un grupo numeroso de sujetos (Rom, Des, Mif, Zip, Per, Fin, Dal, Sim, Pin, Lis, Man y Luk) que tienen localizado en una zona más o menos amplia el centro de masas y su papel en la caída del *micro* y sólo llegan a tener intuiciones esporádicas para relacionar porciones y posición en el *zapato*.

Todo ello demuestra que, sin razón aparente, la localización del centro de masas, con independencia de lo figurativo, resulta ser bastante más fácil en C_LARGO que en V_ZAPATO. En ambos casos, dicha localización requiere superar la frontera de lo figurativo así como trazar la vertical y, a pesar de esto, los resultados son bastantes diferentes ¿qué elemento se pone en juego en V_ZAPATO que pueda generar una mayor dificultad?. De entrada se puede pensar que la localización del centro de masas en V_ZAPATO es más sencilla, puesto que el punto por donde se traza la vertical queda bien definido por el gancho, no así en C_LARGO que previamente al trazo de la vertical es necesario apreciar el papel del borde.

La única razón plausible de la dificultad manifiesta de encontrar el centro de masas en V_ZAPATO es que la acción que se llevaba a cabo con el *zapato* era sólo colgarlo del gancho, mientras que con el *micro* se ejerce una continua manipulación de la inclinación del alambre que soporta la plastilina, lo que

podría permitir al sujeto ciertos reglajes de sus esquemas cognoscitivos para acomodarlos a los datos empíricos, que le llevan necesariamente a tomar conciencia del papel del centro de masas.

		V_ZAPATO				
		1	2	3	4	5
C — B I P E S O	1	Pek Lor Len Lil Lid Bed Ner				
	2	Her Car	Van Ser			
	3	Cis Rez Ton	Pat Fel Kin Rev		Nor Des Pin Mif Cin	
	4	Nic	Ram Gen	Mer	Rom Fan Zip Per Fin Gon Lis Dal Man	Ter Gal
	5				Sim Luk	

Aunque sólo los grupos categoriales superiores de V_ZAPATO y C_BIPESO son comparables, la tabla [V_ZAPATO, C_BIPESO] ofrece datos reveladores sobre el centro de masas. De entrada, parece más compleja la localización del centro en el *bipeso*, ya que éste se sitúa fuera del espacio ocupado por los pesos, pero el sujeto tiene la posibilidad de comprobar el efecto de las distintas alturas de las distribuciones másicas respecto al punto de apoyo y apreciar qué sucede si se quitan los pesos. Así, sujetos como Nic, Ram, Gen y Mer aprecian que los pesos del *bipeso* deben estar por debajo del punto de apoyo, mientras que en el *zapato* no llegan a relacionar porciones y posición.

Dos sujetos, Sim y Luk que aprecian el centro de masas en el *bipeso* no lo hacen en el *zapato* donde sólo intuyen la relación entre porciones y posición y otros dos, Ter y Gal, llegan a apreciar que el equilibrio se logra en el *zapato* cuando la vertical pasa por el centro, y sólo perciben la necesidad de que los pesos se queden por debajo del punto de apoyo en el *bipeso*.

Todo ésto parece indicar que la localización del centro de masas depende, para cada sujeto, tanto de sus características cognoscitivas como de las particulares de cada tarea. Algunos sujetos se destacan por saber leer adecuadamente los datos empíricos, a pesar de que sus previsiones iniciales no



sean muy acertadas, después de la experimentación presentan reacciones típicas de los más aventajados, hecho que se aprecia particularmente bien en las variables referidas al centro de masas.

Por último indicar que resulta complejo establecer qué variable, V_ZAPATO o C_BIPESO, es la más compleja, dada la dificultad para comparar cualitativamente sus categorías, pero a juzgar por las más cercanas a la noción de centro de masas, parece que existe una dificultad análoga, ligeramente superior en C_BIPESO.

		V_ZAPATO				
		1	2	3	4	5
C - B I P E S O	1	Pek Lor Len Lil Lid Bed Her Nic Cis Ner Car	Pat Ser Fel			
	2	Ton	Kin		Nor Des	
	3	Rez	Van Ram Gen		Rom Mif Fan	
	4				Pin Cin Lis Dal	
	5		Rev	Mer	Zip Per Fin Gon Sim Man Luk	Ter Gal

La comparación que no parece dejar duda sobre el grado de dificultad de las variables es la tabla [V_ZAPATO, C_BLOQUE], donde se puede observar para los sujetos que sólo intuyen la relación entre posición y porciones en el *zapato*, que se distribuyen desde la categoría estructural 2 a la 5 de C_BLOQUE. Así Rom, Mif y Fan sólo hacen apreciaciones globales con el peso del *bloque*, Pin, Cin, Lis y Dal diferencian con un límite difuso las porciones peso que tira y peso que sujeta, Gon y Sim tratan de delimitar el límite difuso mediante la vertical pero no lo relacionan bien con las porciones que tiran y sujetan y para finalizar, Zip, Per, Fin, Man y Luk relacionan más adecuadamente la vertical con estas porciones. Estos últimos sujetos son los que presentan reacciones análogas en ambas variables: realizan formalmente particiones que utilizan para explicar el comportamiento de los objetos (*bloque* y *zapato*). Todo ello parece mostrar que es más difícil localizar el centro de masas en el *bloque* que en el *zapato*.

Este resultado acepta una interpretación razonable, si se admite que la localización del centro de masas depende tanto de algún esquema cognoscitivo que guíe su búsqueda por encima de lo perceptivo, como de la dependencia del sujeto de la estructuración espacial del objeto. En el caso del *zapato*, permite apreciar por observación que la vertical (si ésta se posee) pasa por una zona central de la plastilina, mientras que en el caso del bloque, los datos no ayudan demasiado a entrever un centro situado en el interior de la madera. En este último caso se obliga al sujeto a poner más en juego sus esquemas cognoscitivos, como por ejemplo, "peso que tira, peso que sujeta" por encima de los resultados empíricos.

		C_LARGO				
		1	2	3	4	5
C - B I P E S O	1	Pek Lor Len Lil Lid Bed Ner				
	2	Car	Her Van Ser			
	3	Kin	Cis Pat Rez Ton Fel Nor Cin		Des Mif Rev	Pin
	4	Ram	Nic Fan Gon		Gen Rom Zip Per Fin Dal Mer Gal	Lis Ter Man
	5				Sim	Luk

La tabla [C_LARGO, C_BIPESO] vuelve a poner de manifiesto la sencillez que presenta C_LARGO para localizar el centro de masas. Sólo Sim y Luk intuyen este centro en el *bipeso*, frente a la mitad de la muestra que lo aprecia con cierta sistemática en la plastilina alargada del *micro* y por contra, no aprecia más allá de la necesidad del peso y que éste se sitúe por debajo del punto de apoyo como condiciones para mantener el equilibrio en el *bipeso*. Por otro lado, sujetos como Cis, Pat, Rez, Ton, Fel, Nor y Cin que sólo aprecian la necesidad del peso para mantener el equilibrio en el *bipeso*, llegan a señalar el centro de la plastilina incluso en el caso de 1/4.

Es posible que los elementos cognoscitivos puestos en juego en C_LARGO para dar una respuestas satisfactoria (compensación, papel del borde, vertical y partición) no sean suficientes o quizá resulten inadecuados



CAPÍTULO 6: ANÁLISIS CUALITATIVO Y CONCLUSIONES

para comprender el equilibrio del *bipeso*, cuyo trazo no presenta mucho paralelismo con el de la variable C_LARGO. Ya de entrada, P_BIPESO pone de manifiesto la poca familiaridad de los sujetos con el *bipeso*, que hace que sujetos del grupo superior ofrezcan previsiones impensables teniendo en cuenta sus rendimientos en otras variables y que les relega a pertenecer, al menos en ésta, a grupos de rendimiento bajo. No obstante después de la experimentación, dan respuestas que les hacen recuperar su estatus cognoscitivo normal, pero el contenido de sus esquemas explicativos dista mucho de intuir por donde se encuentra en centro de masas.

.77

		C_LARGO				
		1	2	3	4	5
C - B L O Q U E	1	Pek Lor Len Lil Lid Bed Ner Car	Her Nic Cis Pat Ser Fel			
	2	Kin	Ton Nor		Des	
	3	Ram	Van Rez Fan		Gen Rom Mif	
	4		Cin		Dal	Pin Lis
	5		Gon		Rev Zip Per Fin Mer Gal Sim	Ter Man Luk

Después de los anteriores resultados, no podría esperarse sino que la tabla [C_LARGO, C_BLOQUE] manifieste nuevamente la sencillez de la localización de las zonas centrales en el *micro*, en comparación con los resultados en el *bloque*. Por un lado sólo Sim, Gal, Man y Luk aprecian con mayor o menor precisión, el centro de masas, frente a la mitad de la muestra que lo aprecia en C_LARGO y, por otro, Nic, Ser, Fel, Nor, Van y Rez que aprecian el centro para 1/2 y, Ton, Fan, Pat, Cis y Her, que además lo tienen en cuenta para 1/4, pero en C_BLOQUE no llegan a hacer ni siquiera diferencias difusas de "peso que tira, peso que sujeta".

Los *bloques* no parecen presentar elementos que faciliten una comprensión de los datos empíricos, al contrario, su "impenetrabilidad" deja al sujeto sin la posibilidad de utilizar dichos datos, que al parecer ofrecen resistencia a ser asimilados de forma adecuada por los esquemas cognoscitivos de éste. Es

curioso resaltar los sujetos de rendimiento alto, Sim, Mer, Ter, Gon y Rev intentan poner orden en los datos mediante el trazo de la vertical por puntos que son totalmente irrelevantes.

Por el contrario, la apariencia figurativa del *micro* que permite un mejor acceso al centro de la plastilina (el peso del alambre de aluminio es prácticamente despreciable), conduce a localizaciones precoces de este centro, incentivadas además, por la mayor permisividad del *micro* para manipular su inclinación frente al carácter estático e impenetrable del *bloque*.

Finalmente la comparación que permite la tabla [C_BIPESO, C_BLOQUE] pone de manifiesto la mayor dificultad de C_BIPESO frente a C_BLOQUE, entendida ésta como la resistencia para ser descubierto con más o menos precisión el centro de masas. En el primer caso sólo Sim y Luk lo aprecia, en el segundo, además Gal y Man.

.74

		C_BIPESO				
		1	2	3	4	5
C - B L O Q U E	1	Pek Lor Len Lil Lid Bed Ner	Her Ser Car	Cis Pat Fel	Nic	
	2			Ton Kin Nor Des		
	3		Van	Rez Mif	Ram Gen Rom Fan	
	4			Pin Cin	Lis Dal	
	5			Rev	Zip Per Fin Gon Ter Mer Gal Man	Sim Luk

Pero esta comparación está limitada a la categoría estructural superior de ambas variables que hacen referencia al centro de masas, las cuatro restantes no admiten comparación y ni siquiera manifiestan cierto paralelismo, hecho que puede tener una segunda lectura: las estrategias que utilizan los sujetos para explicar el equilibrio en cada tarea son muy diferentes, mientras que con el *bloque* se orienta en la realización de una partición adecuada que diferencie "la porción del peso que tira de la que sujeta", en el *bipeso* el entrevistado se centra, puesto que ya no se trata de hacer particiones, en determinar la necesidad de los pesos en el equilibrio y en apreciar la altura a la que deben quedar estos, algo que, a diferencia del *bloque*, viene sugerido por



la secuencia de variabilidad de los distintos factores que realiza el propio entrevistador.

De todas estas comparaciones, se pueden extraer algunas conclusiones que se exponen a continuación:

1. Aún teniendo en cuenta las limitaciones apuntadas para comparar las distintas variables, donde se pone en juego la noción de centro de masas, es posible dar un orden de dificultad para la localización de éste en los objetos utilizados que, de menor a mayor dificultad, sería el siguiente: C_LARGO, V_ZAPATO, C_BLOQUE y C_BIPESO, o haciendo la referencia directamente sobre los objetos: *micro*, *zapato*, *bloque* y *bipeso*.

2. Las estrategias que utiliza el sujeto dependen en gran medida de la propia tarea, así:

en C_BLOQUE el sujeto intenta encontrar la solución apoyándose en la vertical que sube desde la parte más saliente de la base de sustentación, como el límite que define el *"trozo de peso que tira y el trozo de peso que sujeta"*

en C_BIPESO trata de explicar el equilibrio considerando la necesidad de los pesos y el que éstos se encuentren a un nivel por debajo del punto de apoyo, de forma que a falta de esquemas específicos para el *bipeso*, utiliza uno sobre esta noción acomodándolo a los datos empíricos que aporta la situación

en V_ZAPATO y C_LARGO se explica el equilibrio utilizando la vertical para relacionar el punto de soporte con el centro de la plastilina pero incluso en los sujetos más adelantados, este centro depende constantemente de las configuraciones figurativas que progresivamente van adoptando los objetos.

La estrategia que permite explicar las situaciones de equilibrio, a través del centro de masas, puede ser la más coherente desde el punto de vista académico, pero desde una perspectiva cognoscitiva se llegan a explicaciones igualmente satisfactorias mediante las estrategias ya señaladas, que son más dependientes de la configuración estructural y figurativa de la tarea (interacción con objeto).

3. No parece existir un esquema cognoscitivo específico para la localización del centro de masas que se aplique con cierta sistemática por

encima del aspecto figurativo y de la presentación estructural de cada tarea. Por el contrario, se aprecia en los trazos sobre esta noción que las formas explicativas anteriores presentan una gran dependencia de la configuración de cada tarea, así como del tipo de interacción y manipulación que se lleve a cabo con ésta. En particular, de las estrategias empíricas que lleva a cabo el entrevistador, a modo de contrapruebas, que ponen en evidencia o en franca contradicción las declaraciones del entrevistado.

Todo parece indicar que, en ausencia de un esquema específico para determinar el centro de masas por encima del engaño perceptivo, el sujeto va progresivamente realizando una construcción fruto de asimilaciones recíprocas entre algunos de sus esquemas (relativos a la vertical, al peso, compensación de pesos...) y de la acomodación de estos a los datos empíricos.

4. No importa que el entrevistado haya realizado previsiones acertadas en C_LARGO y que tenga localizado con cierta sistemática el centro de masas, pues en la tarea relativa a C_BIPESO, con cierto parecido estructural respecto a la antecedente, se comporta como si nada supiese del centro de masas. También en C_BLOQUE, que es la siguiente tarea, requiere de un gran esfuerzo para comprender que cierta porción del peso tira, mientras otra sujeta.

En definitiva, el sujeto se enfrenta a cada nueva situación como si de algo totalmente nuevo se tratara, a pesar de que para dar explicaciones satisfactorias requiere ideas que ha puesto en juego anteriormente. El que haya mostrado una gran habilidad para localizar el centro de masas en una tarea no garantiza que lo haga en la siguiente.

De lo anterior se infiere que si el sujeto no posee elementos cognoscitivos adecuados frente a fenomenologías estructuralmente semejantes, utiliza esquemas de asimilación dependientes de factores figurativos y de elementos estructurales que puede conocer (vertical, peso...) de forma que predomina la acomodación sobre la asimilación, y que las respuestas satisfactorias frente a una fenomenología no garantizan reacciones análogas en otra, aunque estructuralmente sean paralelas para el sujeto son entidades diferentes. El resultado es un pensamiento poco preciso, dependiente de lo figurativo y por tanto, poco sistemático.

5. En la diversidad de estrategias utilizadas para localizar el centro de masas aparecen constantemente ciertos elementos cognoscitivos que parecen presentar cierta



independencia entre sí, a juzgar por los resultados en los distintos trazos y de las diversas tablas de distribución de sujetos.

Estos elementos son el peso, el trazo de líneas verticales, la partición formal del objeto en un par de porciones y la compensación entre ésta.

Los elementos aparecen en las respuestas categoriales combinándose aunque en ningún caso, se aprecian sistemáticamente. Es frecuente ver malas coordinaciones en su utilización, así cuando los sujetos en C_BLOQUE trazan la vertical se olvidan del esquema causal "porción que tira, porción que sujeta" y algunos que utilizan este segundo esquema no pueden precisar un límite para las porciones de peso, ya que no emplean la vertical. En C_LARGO, sin apreciarse la vertical se llegan a compensar las porciones a un lado y otro del punto donde se pincha la plastilina. En V_ZAPATO hay un buen número de sujetos que trazan la vertical, pero la hacen pasar por una región próxima al centro de la plastilina, a pesar de que están observando como queda la posición del zapato colgado.

Aunque atrevido, es plausible admitir a modo de hipótesis que estos sujetos saturan la memoria a corto plazo con uno o más esquemas cognoscitivos, de forma que no pueden operar con otros que les son necesarios. Todo parece indicar que muchos de estos esquemas recientemente adquiridos ocupan por sí solos, una gran cantidad de espacio y supone un gran esfuerzo mantenerlos, lo que impide introducir otros elementos necesarios para coordinarlos entre sí.

3Análisis relativo a cuestiones de índole metodológicoLa metodología utilizada se va analizar a través de:

La **EI** (entrevista individualizada) como técnica utilizada en la toma de datos útil para:

- Analizar el grado de significación y estabilidad de los esquemas explicativos.
- Obtener información significativa.

El proceso de **categorización** de los datos obtenidos.

El **estudio del agrupamiento de los entrevistados** en función de su comportamiento en las distintas tareas.

El **grado de fiabilidad de la información** obtenida, gracias a la definición de variables categoriales ordinales que admiten ser comparadas y contrastadas.

3.1 El grado de significación y estabilidad de los esquemas explicativos

El diseño de las tareas y los modos de interacción de éstas con el entrevistado siguiendo la técnica EI ha permitido analizar el comportamiento de los esquemas explicativos ante:

- las variaciones de los factores figurativos,
- las operaciones ejercidas sobre una determinada variable física o
- un cambio de contexto de la propia tarea.

Todo esto va a permitir analizar y delimitar el comportamiento de dicho esquema, su grado de significación y estabilidad. Además, de asociar a los supuestos esquemas una serie de características cognoscitivas sobre su capacidad operacional y otros aspectos relacionados con el proceso de asimilación y acomodación.

Algunos ejemplos sacados de los distintos trazos evolutivos permiten ilustrar lo anterior:

En V_ANTES, la modificación de las distintas formas del alambre del que pende la bola permite apreciar por ejemplo, sujetos que aplican la vertical con bastante sistemática, pero que por la forma del aro no pueden aplicarla.

En V+- se llevan a cabo operaciones con el peso de la percha al añadir y quitar plastilina, lo que permite analizar en qué cambia el esquema de la vertical ante estas operaciones.

El cambio de contexto para determinar la vertical en V_MICRO permite analizar qué otros factores intervienen cuando en vez de suspender el objeto se apoya sobre su base. De este modo, se ha podido delimitar que el nuevo elemento explicativo está relacionado con el borde del plano de sustentación.

En V_ZAPATO se analiza la aparición de nuevos esquemas cuando a la bola de V_ANTES se le da forma alargada, así como ponderar en qué medida esta modificación perturba la aplicación de la vertical. Gracias a ello, se ha podido detectar un nuevo esquema explicativo relacionado con la partición formal del objeto en porciones de pesos y determinar que éste presenta una clara independencia con la vertical.

Las distintas variables que se han hecho intervenir en la tarea de los *bloques* han permitido aplicar un procedimiento continuo de contrapruebas frente a cada afirmación del entrevistado, lo que ha



hecho posible analizar el grado de estabilidad del esquema y, por tanto, apreciar si las respuestas son construcciones "in situ" que no refleja ningún esquema cognoscitivo.

Las variaciones de la bola que se inserta en el codo en F_CODO y F_DIRE han permitido detectar el grupo de sujetos asociados a un determinado estatus cognoscitivo cuyas respuestas son poco fiables, ya que el esquema cognoscitivo que poseen relativo al peso no le asocia ninguna capacidad transformadora ni una dirección que vaya necesariamente hacia un abajo definido por la vertical.

La información adicional sobre el comportamiento de los esquemas explicativos permitiría acomodar los diseños de enseñanza a las peculiaridades cognoscitivas del sujeto, al tener una mayor información de su sistema cognoscitivo.

3.2 La capacidad de EI para obtener información significativa

Las variables construidas sobre la categorización de las respuestas de los entrevistados ante ítems que requieren algún tipo de previsión (VA), como son V_ANTE, F_DIRE, F_INTE, HILO_INC, INCLINAR, P_MICRO y P_BIPESO, al ser comparadas con otras que van más allá de la primera impresión del entrevistado, centradas en la dinámica interactiva entre sujeto y el diseño operativo de la tarea (VP) como son V_POSTE, V_MICRO, C_BIPESO, F_CODO, V+-, etc, muestran como estas últimas discriminan mejor los grupos de sujetos, su evolución se adapta más a EEE y presentan un mayor contenido cognoscitivo.

Las técnicas empleadas para la delimitación de concepciones donde subyace la estructura de respuesta única por cuestión planteada, como son los cuestionarios de papel y lápiz, tan frecuentemente usados (Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994), obtienen una información del alumno generalmente pobre y, al no conseguir del sujeto que ponga en juego toda su capacidad cognoscitiva, dicha información puede estar sesgada, discriminar cognoscitivamente mal al individuo frente a los demás e incluso, puede ser errónea.

En este sentido existen sospechas fundadas de que las conclusiones relativas a la constancia y dificultad de erradicación de las concepciones no son más que la consecuencia de un determinado planteamiento metodológico.

3.2.1 VA FRENTE A VP

Las conclusiones del apartado anterior, deducidas del análisis estructural de los datos, pueden ser enriquecidas y matizadas si se profundiza en el contenido de las variables.

En el diseño de las tareas, frecuentemente, se han utilizado secuencias de ítems, en las que los primeros demandan previsiones a los encuestados, seguidos de otros donde, después de la experimentación, se les solicitan nuevas explicaciones. En unos casos, se ha categorizado sobre el conjunto de respuestas dadas en una secuencia previsión-

		V_MICRO				
		1	2	3	4	5
P - M I C R O	1	Pek Lor Len Lil Van Ram	Lid Her Cis Rez Car Kin Nor	Ser		
	2	Fel	Pat Ton	Bed Ner Man	Gon	
	3					
	4			Gen Rom Mif Cin	Nic Des Pin Rev Fan Zip Per Lis Ter Mer Gal Sim	Fin Dal Luk
	5					

explicaciones posteriores y en otros se han diferenciado, en el proceso de categorización, las respuestas a ítems de previsión de las de ítems posteriores. En este último caso se puede enfrentar el par de variables construidas sobre respuestas dadas antes y después de la experimentación, ya que permiten matizar, enriquecer y precisar la conclusión obtenida anteriormente en base al análisis estructural de los datos. Tal es el caso de V_ANTES con V_POSTE, de P_MICRO con V_MICRO y de P_BIPESO con C_BIPESO.

		C_BIPESO				
		1	2	3	4	5
P - B I P E S O	1	Pek Lil				
	2	Lor Len Bed	Her Van Ser	Cis Pat Rez Ton Fel Kin Nor	Ram Nic Rom Per Dal Mer Gal	
	3	Lid Ner	Car	Pin Mif Man	Zip Lis Man	
	4			Des Cin Rev	Gen Fan Fin Gon Ter	Sim Luk
	5					



El análisis de las tablas de contingencia permite apreciar que, en general, la VP realiza una diferenciación cualitativa de los grupos de sujetos de cada categoría intervalizada de VA:

1. El 0.78 de correlación entre V_ANTES y V_POSTE indica que la variabilidad de V_ANTES corre paralela a V_POSTE, pero esta última matiza mejor la tendencia cognoscitiva general de los sujetos, hecho que se puede evidenciar comparando las distribuciones de sujetos que hacen cada variable con la distribución del conjunto.

El subgrupo de sujetos bajo la categoría 1 de V_ANTES (anexo 5) queda diferenciado en tres grupos bajo las categorías 1, 2 y 3 de V_POSTE. Excepto Pat, todos los demás siguen sin apreciar la vertical después del experimento, aunque a los grupos 2 y 3 los datos les sirven para darse cuenta, a grosso modo, del papel del peso.

El subgrupo definido por la categoría 3 de V_ANTES se divide en cinco grupos, ocupando por tanto todas las categorías de V_POSTE; aunque los datos no ayudan a Lil, Cis y Ner a superar sus posturas iniciales, la tendencia de la mayoría es apreciar la vertical por momentos, e incluso Rev, Per, Fin, Lis y Mif la aplican sistemáticamente una vez que toman conciencia de la relación. Es curioso observar que este proceso de diferenciación no se da en los sujetos situados bajo la categoría 5 de V_ANTES que están, a su vez, en una sola categoría 5 de V_POSTE, pero este hecho tiene una fácil explicación: los sujetos de [V_ANTES, 5 (sujetos que están en la categoría estructural 5 de V_ANTES)] tienen clara la noción de verticalidad desde un principio y, como es lógico, también después de la experimentación.

2. La correlación entre V_MICRO y P_MICRO es alta (0.85) y vuelve a ocurrir lo mismo que se ha descrito en V_ANTES y V_POSTE, mientras P_MICRO es una variable incompleta (14, 7, 0, 19,0) y poco discriminadora, V_MICRO es completa (7, 9, 8, 13, 3) y con una discriminación buena (ver tabla 27).

En los sujetos con malas previsiones ([P_MICRO, 1]) se distinguen los que se fijan continuamente en factores irrelevantes [V_MICRO, 1], y los que ponen un poco de orden en los datos delimitando una región poco precisa en la parte superior del borde [V_MICRO, 2]. Del grupo que alterna previsiones acertadas de otras erróneas [P_MICRO, 2], V_MICRO distingue los sujetos cuyas previsiones acertadas son fruto de intuiciones o del azar [V_MICRO, 1-2] de aquellos que las hacen mediante el esquema del borde de forma esporádica [V_MICRO, 3].

Finalmente, los sujetos que presentan en general buenas previsiones [P_MICRO, 4], lo hacen porque mantienen el esquema del borde a lo largo de la experimentación o porque después de algunos tanteos se dan cuenta de la relación y la mantienen [V_MICRO, 3-4-5].

3. La correlación 0.40 que presentan C_BIPESO y P_BIPESO denota que las previsiones sobre situaciones físicas que presentan inicialmente dificultades para ser asimiladas a los esquemas cognoscitivos del sujeto, no deberían ser utilizadas para delimitar el contenido ontogenético del alumno, ya que ofrecen datos de éste que correlacionan mal con su verdadero estatus cognoscitivo (ver matriz de correlaciones y características de la variables P_BIPESO). En este caso, P_BIPESO discrimina muy poco, ofrece datos paradójicos y la distribución de sujetos apenas informa sobre el comportamiento cognoscitivo posterior de éstos, por ejemplo, para los sujetos de [P_BIPESO, 2] se encuentra la distribución [C_BIPESO, 1-2-3-4] y para [P_BIPESO, 3] se vuelve a tener [C_BIPESO, 1-2-3-4].

3.2.2 LA NECESIDAD DE CONTRASTAR LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN LA TOMA DE DATOS

De todo lo dicho en el punto anterior se concluye que las variables construidas sobre previsiones de los entrevistados en situaciones físicas significativas para el sujeto, correlacionan bien con las construidas sobre una diversidad de respuestas propias de una dinámica de entrevista individual. Pero el contenido de éstas últimas aporta una



información más densa y precisa sobre el sistema cognoscitivo del sujeto que las primeras.

No es difícil explicar este resultado si se observa que la toma de datos conducente a obtener información significativa del alumno es producto de una interacción entre dos sistemas cognoscitivos -el entrevistador y el entrevistado- con contenidos y reglas para relacionar dichos contenidos bien diferentes.

Básicamente las técnicas que solicitan del alumno una respuesta por cada situación problemática planteada, son más dependientes de la estructura cognoscitiva del entrevistador que aquellas otras en las que se pone en juego un mecanismo de aproximación sucesiva a la estructura cognoscitiva del sujeto como, por ejemplo, las entrevistas individuales.

Cuando las previsiones solicitadas se refieren a situaciones físicas no significativas, se obtiene una información del alumno tergiversada (no corresponde a su verdadero estatus cognoscitivo), sesgada o poco matizada, que poco o nada puede ayudar al educador a acomodar los diseños de enseñanza a las peculiaridades cognoscitivas del alumno.

Esta última conclusión tiene una nueva consecuencia metodológica: sólo es útil detectar una información tergiversada del alumno, si es posible compararla con otra que se ajuste mejor a su verdadero estatus cognoscitivo. Sólo técnicas con situaciones significativas y estrategias que permitan contrastar la fiabilidad y validez del sistema de categorización, pueden garantizar la toma de información significativa.

3.2.3 LA CAPACIDAD DE DISCRIMINACIÓN DE VP SE DEBE AL MÉTODO INTERACTIVO UTILIZADO PARA LA TOMA DE DATOS

Si se analiza más detenidamente el contenido de las VP se aprecia que los elementos diferenciadores son debidos a los distintos procedimientos utilizados en el diseño interactivo de la tarea, por ejemplo:

1. La categoría estructural 3 de V_ANTES contiene 22 sujetos que consideran que *"el peso es el causante de que la bola baje un poco respecto a su posición original o bastante, a una región no precisada debajo del gancho. La forma de cada objeto hace que no baje tanto"* (módulo 1 del anexo 5). Las constataciones posteriores al experimento, la diversidad de objetos, la comparación simultánea de su posición, etc, permiten al sujeto reacciones que matizan sus respuestas de previsión (véase V_POSTE en el módulo 2 del

anexo 5), lo que permite diferenciar entre los 22 sujetos anteriores aquellos que siguen manteniendo sus posturas iniciales, los que *"aprecian, motivados por las observaciones, la vertical pero de forma esporádica y sin ningún tipo de sistemática"* y los que *"a partir de las primeras observaciones la aprecian y las aplican sistemáticamente"*.

2. V_MICRO está construida sobre respuestas generadas por una continua manipulación del material de la tarea: una pequeña estructura de alambre soporta una bola que es desplazada en todas las direcciones respecto a la base de sustentación, solicitando al entrevistado previsiones y después de la constatación explicaciones de lo sucedido; a consecuencia de ésta dinámica se podía apreciar con detalle el momento en que el sujeto comenzaba a modificar sus esquemas iniciales:

Para establecer referencias difusas a la falta de relaciones de verticalidad *"utiliza como referentes factores irrelevantes para explicar tanto la caída como el equilibrio y, en un momento dado, determina una región imprecisa encima del borde; algunos sujetos la mantienen ante los cambios"*.

Para descubrir novedades de las que no parece estar seguro *"apreciando el papel del borde después de las constataciones pero se utiliza de forma esporádica"*. Al final vuelve a sus "seguros" esquemas iniciales.

Para descubrir una relación de verticalidad que inicialmente no poseía de forma que *"aprecia el papel del borde después de las constataciones, momento a partir del cual lo utiliza sistemáticamente"*.

Estas reacciones permiten conocer aspectos del sistema cognoscitivo del sujeto que dan claves sobre el camino que utiliza para llegar a la noción de verticalidad. Esto tiene implicaciones didácticas más relevantes que dividir la muestra entre los que poseen la noción de verticalidad y los que no la tienen, entre otras razones, porque permite apreciar el grado de dificultad de la vertical, las aproximaciones cognoscitivas que hace el sujeto antes de poseerla, los esquemas alternativos de no poseer la noción, etc; información con claras implicaciones en el plano de la enseñanza.



3.3 La detección de irregularidades en el sistema de categorización pasa por su jerarquización

En el análisis estructural de los datos se aprecia que la mayoría de las variables presentan una alta correlación y, puesto que el diseño de cada variable se fundamenta en el orden establecido en la categorización de datos, que representa la génesis de los esquemas explicativos referidos a situaciones de equilibrio (EEE), se puede concluir que el conjunto de variables de alta comunalidad son el reflejo de la evolución dominante que sufren determinados esquemas cognoscitivos respecto a situaciones de equilibrio.

Esta evolución no está referida a un sujeto particular, sino a la muestra en general y a diferentes aspectos parciales de situaciones de equilibrio, por tanto se puede utilizar como un instrumento útil para:

contrastar la evolución particular de cada variable a través de distintos parámetros estadísticos (correlación, proyección de categorías, agrupamientos)

analizar supuestas variables anómalas respecto a esta evolución dominante

detectar aquellas variables construidas en base a datos que no reflejan el verdadero estatus cognoscitivo del sujeto, bien por que la toma de datos no ha sido lo suficientemente significativa, o porque el diseño interactivo del cuestionario induce al sujeto a dar respuestas de compromiso.

Es necesario señalar que este contraste es interno y no requiere la utilización de pruebas externas e independientes al cuestionario aplicado. La clave está en la estructuración de los datos en forma de **sistema de categorías jerarquizado** (véase el orden de las categorías del anexo 4).

El orden establecido en cada módulo categorial (§ 4.6), ha originado la construcción de **variables categoriales ordinales**, susceptibles de un tratamiento estadístico específico, que ha permitido contrastar el orden establecido en cada variable respecto al marcado por el conjunto de los módulos.

De esta manera, las previsiones contenidas en los EQBs que sugieren supuestos ordenes paralelos y la existencia de cierta ortogonalidad de variables que miden otros factores diferentes, pueden ser ahora contrastadas.

Llegados a este punto habría que formularse algunas cuestiones que es necesario clarificar

sobre las variables que se adaptan mal a la evolución global del conjunto de éstas:

¿pueden ser consideradas "peores" que las que siguen esta evolución en el sentido de que la información que contienen es de peor calidad? o, por el contrario,

¿debe entenderse simplemente que recogen una característica cognoscitiva diferente a la que es denominador común?.

Se encuentran variables que obedecen a una u otra cuestión, por ejemplo:

1. Se aprecia que F_DIRE presenta correlación con las demás variables un punto o dos por debajo de lo que es la norma, así se observan valores de 0.65, 0.64, 0.61, 0.69, 0.62 y 0.62 con aquellas que mejor siguen la EEE, como son V_POSTE, F_CODO, C_BOLA, C_BLOQUE, C_DF y C_K respectivamente. Esta correlación no tan alta se comprueba globalmente por su comunalidad que está tres décimas por debajo de las más altas. Todos estos valores levantan sospechas sobre la naturaleza y construcción de esta variable y llevan a un análisis más detallado.

		V_POSTE				
		1	2	3	4	5
F — D I R E	1	Pek Lor Lil Lid Her Van Ram Nic Cis	Ton	Ser Car Fel		
	2					
	3		Len Bed Rez Nor Pin	Pat Zip	Per Fin	
	4	Ner	Kin	Gen Rom Des Cin Fan	Rev Lis	Mif Gon Dal Ter Mer Gal Sim Man Luk
	5					

Por ejemplo, la tabla de distribución de sujetos [V_POSTE, F_DIRE] permite apreciar que:

Los sujetos donde predominan las direcciones hacia abajo y dan respuestas con mayor estabilidad (categoría estructural 4 del anexo 5), se distribuyen en todas las categorías de V_POSTE, principalmente entre los que aprecian la vertical momentáneamente (categoría estructural 3) y los que la utilizan



sistemáticamente (categoría estructural 5).

Aquellos que combinan la dirección hacia abajo con otras direcciones [F_DIRE, 3] se distribuyen en V_POSTE entre los que no aprecian la vertical, sólo un abajo indiferenciado [V_POSTE, 2] y los que aprecian la vertical gracias a la observación [V_POSTE, 3, 4].

En definitiva, el posicionamiento de un individuo en F_DIRE es poco relevante para una variable fuerte como es V_POSTE.

		F_DIRE				
		1	2	3	4	5
C — B O L A	1	Pek Lor Lil Lid Her Van Ram Cis Ton Ser Car Fel		Len Bed Pat Rez Nor	Ner Kin	
	2					
	3	Nic		Fin	Des Mif	
	4			Zip Per	Gen Cin Rev Fan Lis Dal Ter	
	5			Pin	Rom Gon Mer Gal Sim Man Luk	

		F_DIRE				
		1	2	3	4	5
C — D F	1	Pek Lor Lil Lid Her Van Ram Nic Ton Ser		Len Bed Pat Rez	Ner	
	2	Cis Car Fel		Nor	Gen Des	
	3					
	4			Pin Zip Per Fin	Kin Rom Mif Cin Rev Fan Gon Lis Dal Ter Mer	
	5				Gal Sim Man Luk	

		F_DIRE				
		1	2	3	4	5
C — K	1	Pek Lor Lil Lid Her Van Ram Nic Cis Ton Ser Car		Len Bed Pat Rez	Ner Kin Gen Rom Des	
	2					
	3	Fel		Pin	Mif Rev	
	4			Nor Zip Per Fin	Cin Fan Gon Dal Ter	
	5				Lis Mer Gal Sim Man Luk	

Algo semejante ocurre en las tablas [F_DIRE, C_BOLA] [F_DIRE, C_DF] y [F_DIRE, C_K] donde 7, 8 y 9 sujetos respectivamente que están en [F_DIRE, 1] se posicionan en las categorías 3 y 4 de las otras variables, lo que muestra que el que estos sujetos señalen direcciones sugeridas por el movimiento o el alambre no les impide una buena posición en las variables fuertes.



Se observa que a F_DIRE le falta representación categorial en los intervalos 2 y 5, por lo que es una variable que discrimina poco, no sigue la EEE como las mejores y tiene poco contenido cognoscitivo. Por otro lado, los 22 sujetos con categorías estructurales 1 y 3 modifican continuamente sus declaraciones en función de la situación planteada y del momento en el que se hacen las preguntas, y sólo los sujetos de su categoría empírica más alta (véase módulo 6 del anexo 5) presentan respuestas realmente estables.

Por todo ello se puede concluir que existe cierto grado de aleatoriedad en las respuestas, posiblemente porque al preguntar *¿en qué dirección ha empujado la bola?* a sujetos con un nivel cognoscitivo medio-bajo, éstos pueden darle un significado que no es el que se pretendía o, sencillamente, sentirse invitados, ante la facilidad para dar una respuesta, (sólo tiene que señalar con el dedo una dirección cualquiera) a que ésta sea de compromiso (respuesta dada para evitar la presión de la pregunta hecha). Sólo sujetos con esquemas cognoscitivos adecuados dan respuestas en consonancia con las dadas para las variables más discriminantes.

Ahora bien, si se hubiese realizado un análisis estructural, con unas concepciones definidas estáticamente por su frecuencia de aparición, sin ninguna consideración respecto a su evolución y utilizando técnicas de recogida de datos donde sólo se solicite al alumno la primera respuesta a la cuestión planteada ¿se hubiera podido llegar a una conclusión semejante?

2. Lo mismo que en F_DIRE se aprecia en O_CONTR2 (y O_CONTR1), que las correlaciones son más bajas de lo normal y que su comunalidad está tres décimas por debajo de las más altas ¿sucede lo que se ha apreciado en F_DIRE? ¿es una variable construida en base a respuestas de compromiso? Sus características parecen indicar que no es semejante a F_DIRE.

Posee representatividad en todas las categorías estructurales y

además, los sujetos están distribuidos equitativamente y poseen una capacidad discriminatoria aceptable, pero el ACP para tres factores, denota que presenta una componente ortogonal al eje definido por EEE, es decir, por un lado, sus características hablan de una variable coherente y bien construida y por otro, presenta cierta ortogonalidad respecto a las más significativas.

No queda otra solución que admitir que O_CONTR2 da correlación baja con las fuertes no porque esté mal construida, sino porque evalúa una capacidad cognoscitiva diferente, algo que además es coherente con los planteamientos hipotéticos-deductivos de los esquemas de búsqueda, que consideran a esta variable dirigida a medir la capacidad de razonamiento y operatoria del sujeto.

3. Las VA, anteriormente analizadas, poseen una capacidad de discriminación y correlación inferior a las VP y, además, son incompletas como mínimo en dos intervalos (ver tabla 27) ¿se puede afirmar que están construidas con los problemas detectados en F_DIRE? No, ya se ha visto que sencillamente son variables que discriminan y matizan la EEE de un modo más pobre que las VP, a excepción de algunas que, como P_BIPESO, están construidas sobre situaciones físicas de las que el sujeto no posee esquemas cognoscitivos para una asimilación adecuada; al menos en la fase inicial las previsiones tienen un alto grado de compromiso (sólo hay que elegir el dibujo cuyo bipeso considera el sujeto que está en equilibrio).

Quizá, por si solas, las VA no tengan el interés que despiertan las VP, pero un análisis combinado de ambas, aporta una información más valiosa que la que pueden ofrecer las VP por si solas.

El entramado hipotético-deductivo de los EQBs considera que los esquemas cognoscitivos que dan cuenta de la verticalidad, ponderación de masas y transformaciones debidas al peso son generados por la interacción individual del sujeto con su medio. De forma que al no considerarse cuestiones donde las diferencias, debidas a la influencia social, que existen entre



sexos, sean significativas, cabe prever a priori, que dicha variable no será en absoluto discriminatoria, como lo ponen de manifiesto la matriz de correlaciones y el análisis de correspondencia. La baja correlación de SEXO con las demás variables debe verse como una evidencia de que no sigue la evolución característica de las más significativas y por tanto la EEE.

Así pues, respondiendo a la cuestión planteada anteriormente, el que una determinada variable no siga la EEE no significa necesariamente que contenga información de poca relevancia cognoscitiva: en algunos casos esto se debe fundamentalmente a que el factor que evalúa dicha variable posee cierta naturaleza independiente, como es el caso de O_CONTR2 y SEXO; en otros, como F_DIRE, se debe a que se ha construido dicha variable en base a respuestas que no reflejan fielmente el estatus cognoscitivo del sujeto.

Los anteriores estudios sobre el grado de validez de información que contienen las distintas variables, se han podido llevar a cabo por la aplicación de los siguientes procedimientos metodológicos:

Antes de la toma de datos se ha establecido un sistema hipotético-deductivo, concretado en el conjunto de EQBs que han marcado las direcciones de búsqueda a seguir, que ha permitido realizar una elección adecuada de situaciones físicas y estrategias para interaccionar con el entrevistado, ha sugerido determinados ordenes en la categorización y sobre todo, ha delimitado a grosso modo la naturaleza de lo que se intentaba encontrar.

Todo ello, permite lograr una buena coherencia entre las distintas partes de la investigación, y la posibilidad de contrastar y evaluar adecuadamente la información recogida.

Se han establecido, según la naturaleza del objetivo de búsqueda común a un grupo de ítems, distintos ordenes para agrupar por analogías y relaciones jerárquicas las categorías, utilizando los criterios de mayor relevancia cognoscitiva. Esto ha permitido la construcción de **variables categoriales ordinales** susceptibles de tratamiento estadístico que, a su vez, ha posibilitado determinar las características estructurales de éstas y, por tanto, realizar comparaciones y contrastes entre dichas variables y con la tendencia general de la prueba. Así mismo, ha

permitido contrastar el grado de validez de los distintos ordenes establecidos.

3.4 Evolución cognoscitiva de las agrupaciones de la muestra

Otra posibilidad que ha ofrecido la metodología desarrollada en este trabajo ha sido la de realizar distintas agrupaciones sobre los sujetos de la muestra que, en todos los casos, respetan la EEE:

Por el comportamiento similar intragrupal para el conjunto de variables (ACC).

Por el comportamiento diferenciado de los sujetos frente a las variables más discriminantes (AD) que son a la vez, las que mejor se adaptan a la evolución EEE.

Por el semejante rendimiento de los sujetos frente al conjunto de variables, ponderando más aquellas que mejor definen los distintos agrupamientos (KM).

Por el comportamiento similar ante un determinado grupo de variables (3M).

Por la puntuación factorial de los sujetos ante las componentes más significativas que han presentado las variables (ACP). Esto ha permitido diferenciar a los sujetos con mayor capacidad operatoria de aquellos con mayor rendimiento en otros factores, lo que permitirá contrastar algunas hipótesis.

Como se puede apreciar, las distintas agrupaciones están referidas al comportamiento del sujeto ante el conjunto de variables fundamentales o ante el grupo de variables de mayor relevancia. En ambos casos, los agrupamientos realizados con las distintas técnicas son muy semejantes, por lo que ha sido posible extraer un agrupamiento común a todos ellos.

Si la agrupación de datos se realizase mediante categorías estáticas (no evolutivas), entre las que no se establecen relaciones de orden y a las que sólo se les asocia un porcentaje de aciertos, difícilmente se podrían aplicar las técnicas del análisis multivariable en toda su extensión y consecuentemente, contrastar el grado de validez de la información tomada del alumno, así como la coherencia entre EEE y la agrupación de sujetos. Por ejemplo, se puede afirmar que las agrupaciones de sujetos utilizando la variable F_DIRE es poco significativa, lo cual es posible mantener porque se ha contrastado la información que define esta variable y se ha delimitado su grado de validez.

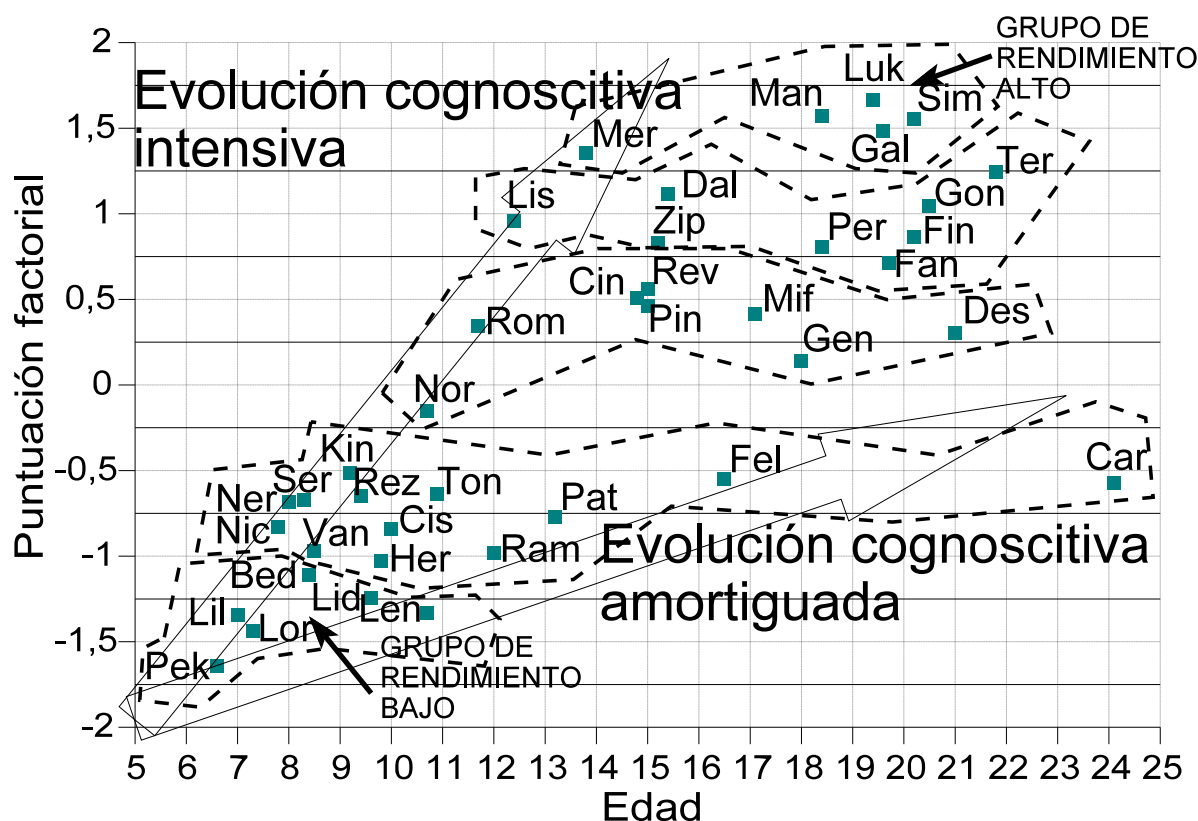


Fig. 32. Distribución cognoscitiva de los sujetos

Otras posibilidades que permiten la agrupación de sujetos por análisis multivariantes son:

1. La caracterización del comportamiento de cada agrupación de sujetos para las distintas variables. Esto permite, conociendo las reacciones de un sujeto a los grupos de items que han servido para construir 2 ó 3 de las variables más discriminantes, prever el tipo de respuestas que daría para el resto de items de la prueba y, posiblemente para otros donde se pusieran en juego los esquemas cognoscitivos utilizados en el cuestionario de este trabajo. Argumento que toma fuerza al comprobar la estabilidad de las configuraciones de sujetos ante las distintas técnicas de agrupamiento (tabla 28).
2. En el análisis estructural se aprecia que el eje principal determinado en el AC indica la EEE, por otro lado, la proyección de la variable EDAD sobre el eje principal pone de manifiesto que sólo es determinante en el rendimiento global al cuestionario para los sujetos de edades más bajas, es decir, se puede afirmar que los sujetos más pequeños de la muestra dan el rendimiento más bajo, sin embargo, los valores altos de esta variable no determinan valores

semejantes en el rendimiento del sujeto.

Por otro lado, la gráfica edad-puntuación factorial (fig. 32) presenta una nube de puntos en forma triangular, uno de los lados, el menos inclinado, está constituido por individuos cuya evolución cognoscitiva es la más pobre, de forma que los sujetos con edades más altas presentan una distancia respecto a los más adelantados de su misma edad que invita a pensar que han sufrido un estancamiento en un determinado estrato cognoscitivo (véanse Car ó Fel).

Los sujetos que presentan el rendimiento más elevado de cada edad definen otro de los lados del triángulo; es aquí donde se puede constatar que a partir de los 14 años los incrementos son más leves, al menos para el grupo de situaciones físicas puestas en juego en el cuestionario.

Si se tienen en cuenta, por un lado, las altas correlaciones entre VA y VP cuando se ponen en juego situaciones significativas, lo que muestra que no hay saltos imprevistos en las respuestas de los sujetos y por otro, el comportamiento cognoscitivo homogéneo de la mayoría de los sujetos entrevistados para las distintas tareas (tabla 28), se podría proponer un modelo sobre el progreso evolutivo de cada individuo, de forma que se podría asociar a su



evolución cognoscitiva un "grado de probabilidad" para conseguir el inmediato estrato cognoscitivo superior al que está, al cual puede llegarse fruto de su continuada interacción con el medio, pero también entra dentro de lo posible que nunca se llegue.

Está demostrado que la capacidad de asimilación y por tanto, la efectividad del aprendizaje y de la evolución cognoscitiva del individuo depende del estadio piagetiano en que se encuentra su estructura cognoscitiva y, aunque Inhelder (1975) lo demostró con precisión, es una consecuencia lógica de los procesos de asimilación y acomodación inherentes a los esquemas cognoscitivos: un individuo que a una edad temprana ha desarrollado cierta habilidad para apreciar la verticalidad en situaciones sencillas, tiene una mayor probabilidad de apreciar dicha relación en situaciones más complejas que otro que a la misma edad no la tenga.

No se dice que haya predeterminación en la evolución cognoscitiva, ya que la posibilidad de alcanzar un nivel no significa que se vaya de hecho a llegar a él, todo depende del tipo de interacción que lleve el sujeto frente a su medio social y físico, pero si un sujeto ha alcanzado precozmente un determinado nivel, su probabilidad de acceder al siguiente aumenta con respecto a los de su edad.

Suponiendo que son cinco los esquemas explicativos bien diferenciados que marcan la ontogénesis respecto a una determinada fenomenología, y tomando como ejemplo la apreciación de la verticalidad, un individuo que ha alcanzado el nivel 3 a los 10 años, tiene una mayor probabilidad de entrar en el 4 que el que con 10 años está en el nivel 2, si su interacción con el medio no sufre cambios sustanciales.

Como consecuencia de lo anterior, la evolución cognoscitiva puede ser definida por una pendiente en un espacio edad-contenido ontogenético, de forma que a un sujeto con una evolución cognoscitiva lenta se le puede asociar una pendiente suave, ya que va adquiriendo los distintos niveles con cierto retraso respecto a los sujetos de su edad y tiene una alta probabilidad de no alcanzar los últimos niveles.

La **evolución cognoscitiva intensiva** se refiere a aquellos sujetos como son Lil, Nic, Ner, Ser, Kin, Nor, Rom, Lis y Mer que alcanzan los distintos estratos cognoscitivos antes que el resto de los sujetos con su misma edad. Con **evolución cognoscitiva amortiguada** se distinguen a los sujetos con la evolución más lenta; estos son Len, Ram, Pat, Fel y Car. Los apelativos "intensiva" y "amortiguada" están referidos a la

dinámica asimiladora de los esquemas cognoscitivos.

La más pura curiosidad científica lleva a explicar el modelo evolutivo propuesto: todo parece ocurrir como si cada individuo, en función de sus intereses y preferencias inducidas en él por su interacción social, matizara su interacción física individual, modificando su capacidad y estilo de asimilación de los datos empíricos, que podría dar lugar a una evolución cognoscitiva diferenciada.

Por ejemplo, sujetos que dan prioridad a sus sentimientos religiosos, supersticiosos o afectivos por encima de su curiosidad por conocer cómo es y cómo funciona lo que le rodea, es posible que busquen explicaciones a determinados hechos utilizando esquemas de asimilación no desarrollados por su interacción estricta con su medio físico por lo que a su vez, podría desarrollar más aún dichos esquemas y sus modelos y representaciones mentales sobre el medio físico que le rodea estarán cada vez más y más tergiversados. La evolución cronológica no presupone evolución cognoscitiva.

De todos modos, para que fuera concluyente este modelo sobre la evolución cognoscitiva tendría que ser confirmado mediante un estudio que analizase la evolución individual de cada uno de los sujetos de una muestra mediante entrevistas periódicas (por ejemplo, durante 10 años, pasando el mismo cuestionario cada cierto tiempo).

Otro dato importante que evalúa la bondad de la metodología utilizada es el concerniente a la determinación del grado de suficiencia del número de sujetos utilizados en la entrevista. En efecto, se aprecia por un lado que la muestra se ha repartido con cierta homogeneidad en cada uno de los cinco grupos definidos en el análisis multivariable de forma que el más pequeño, el de mayor rendimiento, contiene 5 individuos, seguido del de menor con 7. Si se tiene en cuenta que los sujetos de los extremos son los más fáciles de caracterizar y que el comportamiento intragrupal es bastante homogéneo, se puede concluir que hay un número más que suficiente de sujetos en cada grupo para poderlo caracterizar con un buen grado de solidez.

Por otro lado, en la distribución de los sujetos en la gráfica edad-puntuación factorial, cuya continuidad permite trazar una evolución de los esquemas explicativos sin que exista un esquema significativo que no haya sido contemplado, se puede apreciar un hueco en la zona de sujetos con edad media-alta y rendimiento medio-bajo ¿significa esto que hay



alguna ausencia al trazar la ontogénesis sobre la fenomenología relativa a situaciones de equilibrio? Si el objetivo del trabajo hubiera sido trazar la ontogénesis de sujetos con bajos rendimientos, posiblemente se hubiera necesitado una muestra más amplia, pero como el objetivo es trazar la ontogénesis, venga de sujetos de rendimiento alto o bajo para su edad y, la zona medio-baja esta cubierta por un buen número de sujetos pertenecientes a tres agrupaciones con 7, 12 y 7 elementos que son suficientes para ofrecen una diversidad de respuestas.

Con esto habría que decir que un número extenso de individuos no garantiza una mejor información sobre la fenomenología puesta en juego, ya que, como se ha mostrado, ésta depende más de la metodología empleada. Si se toma una vasta información de cada sujeto, como creemos es el caso de este trabajo, un número elevado de éstos pudiera ser contraproducente, ya que se obtendría una cantidad tal de información que impediría el establecimiento de relaciones entre las distintas partes, pues es natural que existan limitaciones en la estructura cognoscitiva del investigador.

Dependiendo de los objetivos planteados y del número y tipo de hipótesis a contrastar, habría que determinar el número mínimo de tareas e individuos para llevar a cabo lo propuesto satisfactoriamente, menos de esto impediría ser concluyente y más, sería algo menos factible y operativo. De todos modos, la determinación del número de elementos que deben integrar una muestra es un problema ya que, en muchos casos, sólo el análisis posterior permite saber si se ha errado o no.

3.5 Las limitaciones de una metodología centrada en el contenido académico

Cuando la delimitación de las concepciones se hace con referencia al contenido académico objeto de enseñanza y no a un ámbito concreto de situaciones físicas (ver § 3.1.4), que suele ser el modo de proceder del movimiento de las concepciones alternativas (MCA), se desemboca en tablas de frecuencia asociadas a categorías de poco contenido ontogenético, donde sólo se hace referencia a las "distancias" entre las respuestas del alumno y las académicas (Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994).

Una comparación del sistema de categorías jerarquizado del anexo 4 con las tablas contenidas en los trabajos utilizados en la revisión bibliográfica hecha en § 3.5.3.2 sobre las concepciones del alumno relativas a Fuerza, puede llevar a una idea precisa de lo que se pretende demostrar. Ahora bien, la potencia

inferencial de la metodología de este trabajo reside en la estructuración de los datos mediante ordenes ontogenéticos que han permitido la construcción de **variables categoriales ordinales** y en la aplicación sistemática de procedimientos hipotético-deductivos.

4 Análisis del grado de validez de las hipótesis e interpretación de los datos a través del modelo propuesto. Para el estudio de la validez de las hipótesis formuladas es necesario operar de forma simultánea con todos y cada uno de los distintos contenidos teóricos y empíricos formulados a lo largo de este trabajo. Por ello, se deberán tener en cuenta:

Los planteamientos del capítulo 2 que llevaron a la formulación del modelo cognoscitivo que permite interpretar y explicar las concepciones, dar un significado más apropiado a los datos empíricos, buscar relaciones entre los datos, dirigir el diseño de las distintas tareas y de la necesaria interconexión entre ellas, precisar direcciones de categorización, etc.

Los esquemas de búsqueda deducidos de las hipótesis ubicados en el capítulo 3, que han servido para marcar orientaciones más precisas en el diseño de las tareas y en la categorización y búsqueda de relaciones entre los datos.

El sistema jerarquizado de categorías (capítulo 4) que permitió estudiar el comportamiento individual frente a las diversas tareas.

Análisis estadístico realizado en el capítulo 5, sobre el comportamiento de las distintas variables.

Las tablas de contingencia de distribución de sujetos (véanse en § 6.2) que han permitido detectar, en una primera aproximación, los sujetos que se encuentran fuera de las configuraciones que deberían darse según el modelo propuesto.

La integración de todas las consideraciones anteriores permite estudiar las hipótesis formuladas, y se expone a continuación.

4.1 La supuesta presencia de cognofísicos

Se indicaba en el EQB_{H1} que era posible identificar los distintos elementos previstos por el modelo cognoscitivo que intervenían en la construcción de las respuestas de los sujetos (elementos figurativos, operacionales y cognofísicos); con esta idea se diseñaron las



distintas tareas del cuestionario y, a juzgar por los datos obtenidos, se puede hablar independientemente de dichos elementos, de su relación entre sí, de su intervención ponderada en un determinado esquema explicativo, de sujetos que son más hábiles en un factor que en otro, etc. Sin embargo, es necesario valorar estas afirmaciones con la lógica reserva acorde con la naturaleza de los datos (pensamiento del sujeto), la limitación de la muestra (40 sujetos) y los procedimientos utilizados en el tratamiento de los datos (variables categoriales ordinales).

De los tres tipos de elementos supuestos por el modelo, figurativos, operaciones y cognofísicos, el interés se centra en estos últimos por ser los verdaderamente novedosos frente al modelo piagetiano. Ahora bien, para hablar de ellos es necesario diferenciar los distintos elementos entre sí.

No es difícil apreciar la influencia de los factores figurativos de la tarea por su evidente paralelismo con los elementos figurativos que intervienen en la respuesta del sujeto. Sin embargo, a pesar de los distintos indicadores utilizados para detectar en las respuestas de los alumnos la presencia de las operaciones mentales (reciprocidad, inversión, compensación, conservación, mantener constante un factor, control de variables, etc) resultaría difícil diferenciarlas de los cognofísicos, si no fuera por el cruce continuo de los contenidos de las distintas variables y el seguimiento de los sujetos en cada una de ellas.

Una técnica útil para diferenciar los distintos elementos cognoscitivos es la tabla de contingencia en la que se lleva a cabo una distribución de sujetos para cada par de variables sin mediar ningún tipo de cálculo estadístico de cuyo resultado se pueda sospechar. De aquí que sea un instrumento bastante fiable para apreciar de inmediato los individuos encasillados fuera de configuraciones que obedecen a un determinado modelo.

En efecto, suponer, como indica Piaget, que las operaciones mentales son determinantes en las respuestas del sujeto, lleva a considerar una distribución de sujetos centrada en la diagonal, cuando se combina una variable operatoria con cualquier otra que ha mostrado ser ortogonal frente a las anteriores. Gráficamente, la distribución piagetiana debería seguir el modelo de la tabla siguiente:

		VP				
		1	2	3	4	5
V O P E R A T O R I A	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

De suponer una distribución según el modelo propuesto en este trabajo, es posible encontrar sujetos con una posición categorial alta en una variable de mayor "contenido físico" y baja en la operatoria, ya que los esquemas cognofísicos permiten al sujeto, según se ha planteado en las hipótesis, cierta capacidad transformadora y previsoras sin necesidad de las operaciones mentales, por lo que gráficamente se tendería a la siguiente distribución:

		VP				
		1	2	3	4	5
V O P E R A T O R I A	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Según lo anterior, los datos que podrían resaltar la presencia de los cognofísicos son:

4.1.1 RESULTADOS DE DOS TAREAS ESTRUCTURALMENTE IGUALES A EXCEPCIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Tanto O_CONTR1 como O_CONTR2 están construidas sobre cuestiones de control de variables y son estructuralmente iguales, así las variables independientes puestas en juego son las mismas, longitud, grosor, material, y lo único que cambia es la variable dependiente, que en un caso es la flexión de las varillas al poner



pesos en sus extremos y en el otro, la caída de los bloques (véanse tareas 5 y 8 del anexo 2).

.84		O_CONTR1				
		1	2	3	4	5
O C O N T R 2	1			Rez		
	2	Ram	Van Nic Nor Gen Rom	Pat Ser Kin Zip		
	3		Pin	Her Cis Des Mif	Gon Sim	
	4			Dal	Car Fel Cin Fin	Luk
	5				Rev Per Lis Ter Gal	Fan Mer Man

Cabe por tanto, según previsiones piagetianas, que exista un gran paralelismo en el comportamiento de la muestra y, de hecho, la mayoría de los sujetos se distribuyen centrándose en la diagonal de la tabla [O_CONTR1, O_CONTR2], pero hay algunas salvedades que habría que analizar. Pat, Ser, Kin, Zip y Rez son sujetos que no presentan ninguna intención de controlar variables en O_CONTR2 pero manifiestan cierta intuición para controlar la longitud en O_CONTR1. Gon y Sim que con la anterior intuición en O_CONTR2 presentan bastante habilidad para controlar variables en O_CONTR1, aunque no la generalicen a todos los casos. Por otro lado, Pin, Dal, Rev, Per, Lis, Ter y Gal cuya capacidad para controlar variables en O_CONTR2 es mayor que en O_CONTR1.

Todo esto pone de manifiesto que las variables físicas torsión de varilla y caída de bloque marcan las diferencias descritas.

4.1.2 LA INDEPENDENCIA DE V_POSTE FRENTE A LAS VARIABLES OPERATORIAS

V_POSTE ha mostrado ser una de las variables mejor construidas por su capacidad de discriminación, su adaptación al rendimiento global de los sujetos y su alta carga de contenido cognoscitivo.

La comparación de V_POSTE con las variables operatorias a través de las tablas [V_POSTE, O_CONSER], [V_POSTE, O_CONTR1] y [V_POSTE, O_CONTR2], expuestas en las páginas 167 y 168, arroja resultados relevantes: Lid, Pin, Lor, Rez, Kin y Nor conservan el peso ante los cambios de forma y, sin embargo, no llegan a apreciar la vertical. Pat, Ser, Fel, Gen, Des, Cin, Car, Rom, Fan y Zip conservan el peso y sólo aprecian por momentos y por pura observación, la relación vertical entre gancho y bola. Estas manifestaciones muestran que es necesario

algún elemento cognoscitivo más para llegar a apreciar la vertical, aunque la conservación del peso se manifieste como condición necesaria ya que los sujetos que no lo conservan no llegan a apreciarla.

En cuanto al control de variables, Her y Cis llegan a presentar cierta intuición para controlar el efecto de la longitud (2B) en O_CONTR1 y O_CONTR2 y sin embargo, presentan la reacción más baja en V_POSTE. Por otro lado, Mif, Dal, Gon y Sim no siempre controlan bien las distintas variables (2B), pero aplican de forma sistemática la vertical. Car, Fel, Cin y Fan controlan bastante bien la mayoría de las variables, pero sólo llegan a apreciar la vertical momentáneamente y por observación.

Todo lo anterior pone de manifiesto la existencia de cierta independencia, en más de un tercio de la muestra, entre el control de variables y la noción de vertical.

4.1.3 DEPENDENCIA DE DISTINTAS CONSERVACIONES DE LA VARIABLE FISICA PUESTA EN JUEGO

A lo largo de las tareas que constituyen el cuestionario, aparecen un buen número de situaciones donde, detrás de las variaciones figurativas, existe algún factor que se conserva, tal es el caso de:

la bola que siempre queda en la vertical del gancho que sujeta en V_POSTE, con independencia de la forma del alambre al que está unida

el peso de la bola del extremo en F_CODO, conserva su intensidad con independencia del tamaño de la bola que se coloca en el codo y de que ésta se coloque con posterioridad a la del extremo

la conservación de la situación de equilibrio, con independencia de la forma que adopta la plastilina insertada en la parte superior del *micro*.

Por otro lado, la tarea nº 7 está específicamente destinada a analizar la conservación de la cantidad de materia, del peso y del volumen, independientemente de las variaciones en la forma de la plastilina y, a diferencia de las otras tareas ya citadas, los resultados de ésta última están sobradamente normalizados, lo que sirve para contrastar resultados con otras conservaciones:

Se aprecia en la tabla [V_POSTE, O_CONSER] que la conservación de la vertical es mucho más compleja que la del peso ante los cambios de forma, así todos los sujetos que conservan la vertical, también lo hacen con el peso, pero hay un gran número de ellos (Lid,

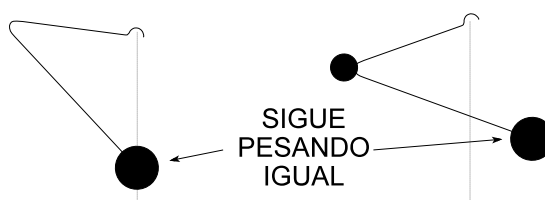


Lor, Pin, Rez, Kin, Nor, Pat, Ser, Fel, Gen, Des, Cin, Car, Rom, Fan y Zip, 16 de 40) que conservando el peso no lo hacen para la vertical, sólo algunos la aprecian en ciertos momentos por sugerencia de la observación, además Per, Rev, Fin y Lis que conservan el peso, sólo aprecian la vertical en algunos casos y Gon, Luk, Mif, Dal, Ter, Gal, Sim y Mer que la detectan sistemáticamente, excepto para algunos objetos, principalmente el aro.

Estos datos parecen sugerir que la conservación de la vertical ante los cambios de forma requiere de algún factor cognoscitivo diferente al utilizado en la del peso. Por otro lado, se vio en el estudio del trazo de V_POSTE y su relación con los de otras variables, que el esquema más determinante para explicar las distintas formas es la **tendencia del peso a tirar para abajo**, ya que éste por sí solo, junto a las manifestaciones que presenta su actividad asimiladora, permite explicar las distintas reacciones categorizadas de los módulos 1 y 2 (véase en anexos 4 y 5). Consecuentemente el esquema **tendencia del peso a tirar para abajo** difiere claramente del otro sobre conservación del peso ante los cambios de forma.

		F_INTE				
		1	2	3	4	5
O C N S E R	1	Pek Lil Her	Bed Ram Ton		Ner	
	2	Nic Cis	Len Van			
	3	Lid Ser	Pat		Fel Gen Des Pin Cin Per Gon Luk	
	4	Lor Kin	Rez Car Nor Rom		Mif Rev Fan Zip Fin Dal Ter Gal Sim Man	
	5				Lis Mer	

Mientras O_CONSER trata sobre la conservación del peso ante los cambios de forma, F_INTE está referida a la conservación de la acción del peso después de haber sufrido un desplazamiento hacia arriba por la intervención en el sistema de otra bola.



Por lo tanto, cabría esperar de principio cierto paralelismo que, en vista de la distribución de la tabla [F_INTE, O_CONSER], sólo se aprecia para los sujetos de mejor rendimiento, ya que para los no conservadores en una de las dos variables se dan las siguientes discrepancias: Lid, Ser, Lor y Kin conservan el peso en O_CONSER pero no en F_INTE y Bed, Ram, Ton, Len y Van conservan el peso como cantidad en F_INTE, pero no en O_CONSER.

Para los sujetos que conservan la acción del peso, se observa que casi un tercio (12/40) también lo hacen con el volumen, pero hay también un buen grupo (8/40) que conservan la acción del peso sin la necesidad de conservar el volumen.

De todo esto se puede deducir, por un lado, que presenta una mayor dificultad la conservación de la acción del peso como fuerza que como cantidad. Por otra parte, que dado que la variable puesta en juego es la misma, el peso, será el contexto de la tarea, sobre todo para sujetos de operaciones concretas y preoperacionales, lo que marca las diferencias para conseguir o no su conservación.

En C_LARGO también se abordan problemas de conservación, por un lado, la del estado de equilibrio del *micro*, a pesar de que se alarga la plastilina y por otro, la condición de equilibrio, en todos los casos es siempre la misma: el *micro* no se caerá siempre que el centro de masas no salga del borde.

Respecto a la primera conservación se aprecian algunos desfases con respecto a O_CONSER así, Lid, Lor, Car y Kin que son conservadores del peso, no lo son del equilibrio del *micro*, ya que la parte sobresaliente de plastilina no es compensada con la que queda en el interior del plano de sustentación y dan previsiones erróneas, mientras Her, Ton, Van, Nic y Cis no conservadores del peso, consiguen conservar el equilibrio



del *micro* utilizando dos estrategias diferentes: "*es lo mismo que cuando la plastilina tenía forma redonda*" y "*lo que sobresale es igual que lo que queda dentro*", tanto en un caso como en el otro se trata de reacciones operacionales usadas para conservar el peso, aunque no lleguen a ello ¿por qué si tienen la capacidad operatoria necesaria no la aplican?

Sería necesario admitir que la **activación de un esquema operatorio viene determinada por otros dependientes del contenido** (variable física) de la tarea. El problema de la segunda conservación es diferente y más complejo, ya que requiere el uso de un número mayor de esquemas que la conservación del peso, así es necesario aplicar además, la compensación de los pesos de las porciones establecidas justo por la zona central (centro de masas), la utilización del borde como zona límite del equilibrio y poner en relación borde y centro de masas a través de la vertical. Por esta razón, casi todos los sujetos que llegan a coordinar estos esquemas, aunque lo hagan después de tanteos y con algunas imprecisiones, necesitan como mínimo conservar y disociar el peso y el volumen, lo que sugiere que la partición formal de la plastilina en porciones requiere de las coordinaciones espaciales que llevan a la conservación del volumen.

4.1.4 CONCLUSIONES RELATIVAS A LA INTERACCION ENTRE VARIABLES OPERATORIAS Y VARIABLES "FISICAS" (§ 6.4.1.1, 6.4.1.2 y 6.4.1.3)

Lo primero que habría que destacar es que los datos obtenidos del cuestionario no son tan heterogéneos como podría pensarse dada la diversidad de situaciones y cuestiones planteadas (no existe una idea para cada situación). Al contrario, existe una alta homogeneidad que se manifiesta en la fuerte comunalidad y correlación entre las variables y en la tendencia de los sujetos a distribuirse en las tablas de contingencia en torno a la diagonal principal.

Piaget diría que los anteriores esquemas son de índole operatorio, pero como se ha evidenciado en § 6.4.1.1, 6.4.1.2 y 6.4.1.3, parecen existir otros esquemas dependientes del contenido de la tarea, llamados *cognofísicos* en el modelo propuesto, que son determinantes para entender la distribución de los sujetos para cada par de variables.

De hecho, se aprecia en las puntuaciones obtenidas por los sujetos en el ACP de tres factores (tabla 14) que no son paralelas, como lo demuestra el hecho de que:

existen sujetos con puntuaciones altas en el primer factor y que en cambio, presentan puntuaciones medias y bajas en el segundo: Luk, Sim, Ter, Dal, Gon y Zip,

sujetos con buen rendimiento en el segundo factor, y bajo-medio o bajo en el primero: Car, Fel, Fan, Per, Rev, Her y Cis,

sujetos con puntuaciones altas en el tercer factor y bajas en el primero: Kin, Lor, Ser, Nor, Rez, Lid, Rom y Car y también lo contrario,

altas puntuaciones en el primer factor y bajas en el tercero: Luk, Ter, Dal, Gon y Zip.

Son precisamente todos los sujetos anteriores los que frecuentemente se apartan de la diagonal principal en las tablas de contingencia en las que se enfrentan las variables operatorias con las restantes fundamentales.

Se recuerda que sobre el primer factor del ACP todas las variables fundamentales tienen una proyección importante (tabla 10), pero las componentes saturadas vienen dadas por las variables de alto contenido físico como C_DF, C_BOLA, V_POSTE, C_BLOQUE, F_CODO y C_K (> 0.88), mientras que las variables operatorias O_CONTR1 y O_CONTR2 reparten sus componentes entre el primer y segundo factor, y O_CONSER entre el primer y tercer factor, esto unido a que la únicas contribuciones relevantes que tienen el segundo y tercer factor son debidas a estas variables operatorias, permite concluir que el segundo y tercer factor son sensibles a las capacidades para controlar variables y conservar respectivamente, mientras el primero es principalmente sensible al contenido físico de la tarea. Además cada uno de estos factores son independientes de los demás por ser "ortogonales"

Estos resultados permiten hablar de sujetos que tienen más desarrollados los esquemas *cognofísicos* que los operatorios y viceversa, resultado que fortalece la existencia y presencia de los *cognofísicos* en la estructura *cognoscitiva*, pero que llevaría a revisar los mecanismos de formación de las operaciones mentales previstas en el modelo.

Por otro lado, se observa que los sujetos con alto rendimiento en el primer factor y bajo o medio en el segundo y tercero (Luk, Ter, Dal, Gon y Zip) pertenecen a grupos de rendimiento medio-alto o alto, mientras que sujetos con alto rendimiento en el segundo factor, (Car, Fel y Her) o con óptimo rendimiento en el tercer factor (Kin, Lor y Ser), pertenecen a grupos de rendimiento global medio-bajo o bajo, lo que



sugiere que ofrecen mejor rendimiento en tareas sobre situaciones físicas de equilibrio mecánico que los sujetos que poseen cognofísicos más desarrollados, mientras que poseer una buena capacidad operatoria no es tan determinante. Dicho de otro modo, los esquemas operatorios sin cognofísicos sobre los que actuar no son eficaces para responder a los problemas planteados en una situación física dada.

La mayor dificultad de una determinada variable de alta capacidad discriminativa frente a O_CONSER (conservación ante cambios de forma), se explica por la existencia de uno o varios esquemas cognofísicos. Por ejemplo, la mayor dificultad de la conservación de la vertical en V_POSTE puede ser entendida si se admite que una solución satisfactoria requiere del esquema cognofísico **"tendencia del peso a tirar hacia abajo"**.

Del mismo modo, la mayor dificultad de V_ZAPATO frente a V_POSTE, podría deberse a la necesidad de un nuevo esquema **"relación de la posición con las porciones de peso, previa partición formal del objeto"**.

A la vez, este último esquema parece requerir, vistos los resultados de V_ZAPATO y C_LARGO, la presencia de un esquema operatorio relacionado con la capacidad de conservar el volumen.

Si bien es cierto que los datos empíricos lo apoyan seriamente, la posible existencia de estos esquemas no puede ser mantenida de forma concluyente, ya que ello significaría un diseño experimental más preciso en función de estos mismos datos.

4.1.5 VALIDEZ DE LA HIPÓTESIS REFERIDA A LA PRESENCIA DE LOS COGNOFÍSICOS

La primera hipótesis (§ 3.4.2) hacía referencia a la existencia de determinados esquemas cognoscitivos dependientes del contenido de la tarea (cognofísicos). Estos esquemas junto a los operatorios y los elementos figurativos permiten entender las reacciones del individuo como un producto generado por la combinación de ellos, o al menos, de uno solo.

El diseño diversificado de las tareas que integran el cuestionario ha permitido, como se preveía, detectar la presencia de *"algo más"* que operaciones mentales y elementos figurativos en la estructura cognoscitiva.

El objetivo del diseño era principalmente la detección de otros elementos, de los que en un principio sólo se sospechaba su presencia, por lo que, todo lo más, se puede llegar a describir estos nuevos esquemas sin que esta delimitación sea concluyente. Ahora bien, cuando se comienza a entrever la *"forma*

cognoscitiva" que tienen los nuevos esquemas, sólo diseños más precisos y ajustados a estas nuevas formas podrían ofrecer resultados más concluyentes.

Las situaciones físicas en las que se ponen en juego distintas variables donde subyace la misma exigencia operatoria (véase § 6.4.1) han puesto de manifiesto, desde una diversidad de situaciones y técnicas, la existencia de varios esquemas cognoscitivos independientes de los operatorios, que por su dependencia clara con el contenido de la tarea son llamados **cognofísicos**.

Estos esquemas cognofísicos, permiten a los sujetos que los utilizan presentar esquemas explicativos perfectamente diferenciados de aquellos en los que se implica el nivel operatorio del sujeto. De esta forma, se encuentran sujetos pertenecientes a distintos niveles operatorios que presentan un EEC semejante (ver por ejemplo [V_POSTE, O_CONSER], [F_CODO, O_CONSER], [C_BLOQUE, O_CONSER]), lo que muestra la importancia de los cognofísicos frente a las operaciones mentales.

4.2 La capacidad transformadora de los cognofísicos

La transformación que hace el sujeto del estado inicial de un sistema físico para llevarlo a otro final, requiere de algún tipo de esquema cognoscitivo. Un sujeto que es preoperacional en la conservación de la cantidad de materia ante los cambios de forma, sigue siéndolo ante otras variables, al mostrarse la anterior conservación como la más sencilla. En ausencia de estos esquemas operatorios, si se observa que el sujeto realiza transformaciones ¿qué esquemas pone en juego?.

La segunda hipótesis, relativa al modelo cognoscitivo propuesto, mantiene que en ausencia de esquemas operatorios que permitan transformaciones (Piaget y García, 1973, p. 15-26) son los cognofísicos los que las hacen.

Para analizar el grado de validez de esta hipótesis se ha centrado la atención en las reacciones de los sujetos, marcadamente preoperacionales, en situaciones donde se lleva a cabo algún tipo de transformación, como es el caso del contenido de las variables V_ANTES, V+- y F_CODO. En otros casos contenidos en C_LARGO y C_BLOQUE se requiere, para explicar el equilibrio, una comprensión del elemento físico que provoca la caída, o sea, el elemento que transforma una situación estable en otra de desequilibrio.



Estos son los datos encontrados sobre sujetos preoperacionales, a los que se le ha apreciado una clara capacidad transformadora:

En V_ANTES los sujetos Lil, Ner y Ton prevén que la bola de los tres objetos se irá hacia abajo debido al peso que tira, pero la forma de los alambres les hace pensar que no llegará tan abajo.

En V+- a pesar de la dificultad para entender cómo pueden influir los añadidos y sustracciones de plastilina, proponen transformaciones que en ningún momento son disparatadas, pero que denotan una mala o ausente evaluación del peso de la bola frente al del alambre (Lil, Her, Ner y Ton).

En F_CODO destacan Ton y Ner que realizan previsiones adecuadas en algún caso concreto, cuando se pone un peso adicional en el codo de la percha. También los sujetos preoperacionales Van y Ram realizan leves transformaciones en la dirección correcta. Las mismas reacciones se aprecian en Lid y Lor que conservan el peso ante los cambios de forma, pero no ante los de posición.

Se encuentra de nuevo en C_LARGO a Ton y Her que aprecian, por encima de la sugestión figurativa del trozo de plastilina que sobresale, otro trozo cuyo peso permite compensar al anterior y, que esta compensación tanto para 1/2 como para 1/4, se da en torno al centro. Sólo se puede compensar si se entiende, aunque sea de forma poco precisa, hacia donde actúa cada porción del peso, o lo que es lo mismo, hacia donde se produciría la transformación en el caso de que no existiera una de las porciones.

En C_BLOQUE, Ton utiliza la noción de peso para poner un poco de orden en sus declaraciones sobre el equilibrio de los bloques y Ram, que va más allá, diferencia la porción de peso que sobresale de la total, para indicar que es esa sola la que genera una transformación que lleva al desequilibrio.

El modo más plausible para explicar las transformaciones de Ton, Ner, Her, Lil, Ram y Van es admitir que, puesto que siempre es el peso el elemento transformador, existe un esquema cognoscitivo desarrollado alrededor de esta noción que, sin tener rango ni precisión operatoria, permite al sujeto realizar dichas transformaciones. Pero ésto, en el contexto del modelo cognoscitivo propuesto, no es otra cosa que aludir, por definición, al cognofísico relativo al peso.

No se debe obviar la existencia de sujetos diametralmente opuestos a los anteriores, aquellos que tienen una alta capacidad operacional y cuya capacidad transformadora está seriamente limitada; coinciden estos sujetos con aquellos que presentan altas puntuaciones en el segundo y tercer factor del ACP y bajas en el primero, como son Car, Fel, Kin, Lor, Rez, y Lid.

La existencia de los cognofísicos permite una explicación más que satisfactoria del comportamiento descompensado de los anteriores sujetos: en efecto, un sujeto con un buen desarrollo de sus esquemas operatorios, pero que no tiene los necesarios y adecuados esquemas cognofísicos sobre los que actuar, no puede ofrecer transformaciones satisfactorias. Resultado que pondría en entredicho la importancia de las operaciones mentales en la teoría piagetiana y que además, sugiere modificar la génesis de las operaciones mentales propuestas en el modelo teórico sugerido en § 2.5.3.

Para finalizar este apartado, el número de sujetos encontrados que realizan transformaciones con sus esquemas cognofísicos, sin la necesidad de esquemas operatorios, no es tan grande como para admitir esta hipótesis de forma concluyente, pero si son suficientes como para tenerla en consideración y proseguir nuevas investigaciones en esta dirección.

4.3 Los cognofísicos son entidades que se manifiestan como auténticos esquemas cognoscitivos

La tercera hipótesis relativa al modelo afirma que los **cognofísicos** se generan por abstracción simple y tienen la típica evolución de cualquier esquema cognoscitivo, cuya continua interacción con el medio físico les hace ganar en extensión y en capacidad diferenciadora. En un momento dado son utilizados por los esquemas operatorios como operadores, lo que permite previsiones y explicaciones más objetivas y precisas.

El análisis del grado de validez de esta hipótesis puede hacerse desde cuatro puntos de vista bien diferenciados:

Si el cognofísico es un esquema cognoscitivo, como entidad estable que es, debe de verse reflejada dicha característica en las reacciones del sujeto, a través de ciertos requisitos de regularidad, como son:

- a) el que su aparición se reitere en una diversidad de



- situaciones o que sea persistente ante variaciones de una misma situación
- b) que el esquema permita previsiones ante nuevas situaciones
 - c) que se acomode ante variaciones particulares de una situación física explicada con dicho esquema.

Un esquema explicativo con estos requisitos se tomará como reflejo de un cognofísico (EEC). Por otro lado, como esquemas, los cognofísicos dan significado a los datos, de forma que las tendencias encontradas en las previsiones o explicaciones deben estar relacionadas en la observación e interpretación de datos.

La ausencia de un cognofísico o una mala formación de éste hará que el esquema operatorio actúe directamente sobre los datos o sobre una tergiversación de éstos, produciéndose previsiones o explicaciones equivocadas o inadecuadas. Además, como esta asimilación de los distintos cognofísicos por esquemas operatorios no se da simultáneamente (el grado de maduración de los cognofísicos es desigual) es posible encontrar sujetos con algún cognofísico implicado en procedimientos de reversibilidad, mientras los demás no han sido asimilados a operaciones.

Puesto que los cognofísicos son generados por abstracción simple y las operaciones por abstracción reflexiva, éstas últimas quedan más lejos de las regiones donde se producen las interacciones del sujeto con su medio físico y cabe por tanto, esperar que la correlación de las manifestaciones de los cognofísicos con la capacidad manipulativa del sujeto sea superior que la de esta última con la capacidad operatoria.

Se puede apreciar en la exposición de los datos siguientes la actuación de los cognofísicos como esquemas cognoscitivos:

4.3.1 LOS COGNOFISICOS SE COMPORTAN COMO ESQUEMAS COGNOSCITIVOS

Las evidencias empíricas encontradas respecto a las anteriores consecuencias de la tercera hipótesis se pueden poner de manifiesto:

A partir del análisis los esquemas explicativos de V_ANTES y V_POSTE

del trazo sobre verticalidad en casos sencillos de suspensión. En dichos trazos se aprecian varias formas que cumplen los requisitos de esquema explicativo: *"el peso tira para abajo [no precisado] pero la forma impide que llegue"*, *"la bola quedará abajo [no precisado por la vertical]"*, *"la bola queda justo debajo del gancho, pero en algunos casos la forma impide llegar hasta ahí"*, *"la bola queda en la vertical trazada desde el gancho, excepto en el aro que, por su forma, no quedará tan abajo"* y *"la bola de todos los objetos quedará debajo, no importa la forma que tiene el alambre"*.

Existen sujetos que aprecian la vertical y que en un momento dado, justo cuando se cambia de objeto, la pierden ¿cómo se puede explicar que a pesar de que están frente a un objeto cuya bola está exactamente debajo del gancho, no aprecian la vertical, cuando momentos antes la han percibido? Sólo es posible explicar esta reacción por la ausencia del esquema de la vertical. La apreciación momentánea de la relación entre gancho y bola es simplemente una constatación empírica que desaparece con objetos cuyo aspecto figurativo no la sugiere con tanta evidencia.

Hay también sujetos que utilizan la vertical con una buena sistemática y cuando llegan al aro señalan que *"debería coger la vertical pero su forma se lo impide"*, lo que muestra que los esquemas generados espontáneamente por su interacción con el medio están fuertemente influenciados por el aspecto figurativo de los objetos, lo que también se puede ver como una prueba manifiesta de que no se está aplicando un esquema operatorio, ya que son menos dependientes del contenido y por tanto, más sistemáticos. Idea que se refuerza si se tiene en cuenta que son sujetos de rendimiento alto que están generalmente en operaciones formales.

Pero los casos que mejor ilustran la importancia cognoscitiva de los esquemas son aquellos que prevén que el peso llevará la bola a una región inferior no definida por la vertical o sólo hacen una leve transformación respecto a su posición original, después cuando se cuelga el objeto y lo compara con la posición dibujada por él en la que, por ejemplo, lo ha dejado un poco más atrás de la vertical, admite que las dos posiciones son idénticas, reacción que se explica por la utilización de un esquema poco preciso de *"abajo no precisado por la vertical"* que utilizó para prever, y que



ahora emplea para dar significado a los datos que observa.

En definitiva, el esquema cognofísico que el sujeto utiliza para realizar sus previsiones es el mismo que para comparar y dar significado a los datos empíricos.

Los sujetos que utilizan la vertical con una buena sistemática en V_POSTE son los mismos de V_MICRO, ya que el elemento diferenciador entre situaciones de suspensión y sustentación está en la necesidad previa, en éstas últimas, de precisar el papel del borde de la base de sustentación en la dirección de la caída, que como se apreció en el trazo sobre situaciones de apoyo, era un factor que, desde un punto de vista ontogenético es más elemental que la relación de la vertical. Lo que viene a poner de manifiesto la estabilidad de dicho esquema.

En C_BLOQUE aparece un nuevo esquema bien diferenciado del utilizado en la relación de verticalidad *"peso que tira peso que sujeta"*, que tiene todas las características de un esquema y a la vez, no se aprecia que esté involucrado en procedimientos de carácter operatorio, ni en el caso de sujetos de buen rendimiento en este factor (Gen, Rom y Fan), ni en el de sujetos de bajo rendimiento (Van, Ram y Rez). A la vez, el hecho de que éstos últimos sujetos posean el anterior esquema, evidencia la independencia de este cognofísico respecto a los esquemas operatorios.

Los esquemas cognofísicos que con más frecuencia aparecen son el de la verticalidad, (en las variables V_ANTES, V_POSTE, V+-, V_MICRO, C_LARGO, y C_BLOQUE) y el de partición formal de un objeto en porciones que permiten explicar su comportamiento en el equilibrio (en V_ZAPATO, V_MICRO, C_LARGO y C_BLOQUE).

Estos esquemas cumplen los requisitos de repetitividad, generalidad y diferenciación y a la vez, están presentes en las fases de previsión, observación y explicación, lo que pone de manifiesto el comportamiento de los cognofísicos como esquemas.

También es cierto que para situaciones más complejas, o simplemente para aquellas donde se va cambiando el aspecto figurativo, presentan dificultades en su capacidad asimiladora que hacen retroceder al sujeto que los utiliza a esquemas más primitivos en los que se siente más seguro. Hecho que más que un dato en contra de su estabilidad, se debe

ver como una característica del pensamiento espontáneo.

El pensamiento generado espontáneamente por el sujeto en su interacción con el medio, en pocas ocasiones se muestra como una creencia a la que el sujeto se aferre desesperadamente, todo lo contrario, los cognofísicos son flexibles, adaptativos y el sujeto está dispuesto a desecharlos (sólo momentáneamente), si el adulto le propone una idea nueva para una determinada situación, pero basta que se cambie a otra situación, donde incluso podría aplicar esta nueva idea, para que vuelva a utilizar sus esquemas a falta de algo mejor, por lo que también se pueden ver como elementos cognoscitivos tenaces.

Es plausible afirmar que sólo la asimilación y acomodación de las ideas adultas o académicas a los esquemas cognofísicos del sujeto permitirían a éstas adquirir rango de esquema y por tanto, ser generalizables a nuevas situaciones.

4.3.2 INTERACCION DE LOS ESQUEMAS COGNOFISICOS CON LOS OPERATIVOS

Otro aspecto importante relativo al comportamiento del cognofísico como esquema, se puede apreciar en su interacción con los operatorios. En efecto, en el curso del análisis de la primera y segunda hipótesis se ha podido comprobar lo siguiente:

Existen sujetos que poseen una buena capacidad operatoria y sin embargo, sus reacciones frente a situaciones que requieren la presencia de determinados cognofísicos están encasilladas en los grupos categoriales más bajos (1 ó 2). Este hecho que pondría en un difícil compromiso a la teoría piagetiana, puede ser explicado plausiblemente utilizando el mecanismo propuesto en el modelo que defendemos (§ 2.5.3) en el que el esquema operatorio actúa sobre el cognofísico utilizándolo como operador, de modo que si el esquema sensible al contenido se ha generado correlacionando mal con el funcionamiento real de aquello que representa, el producto operación-cognofísico, sea una previsión o una explicación, tampoco correlacionará con los datos empíricos.

Más arriba se vio con detalle que la activación de un esquema operatorio viene determinada por otros esquemas dependientes del contenido (variable física de la tarea), es decir, el que un determinado cognofísico se haya asimilado recíprocamente a un esquema operativo, no implica que se generalice a



otros cognofísicos, e incluso que se haga extensivo a todas las situaciones donde esté implicado el primer cognofísico.

O se interpretan los datos así (subordinando cognofísicos a operaciones mentales), o se admite que son dos tipos de esquemas independientes (algo que también encaja con los datos); en este caso la precisión paulatina que se observa en la evolución del cognofísico habría que interpretarla como una consecuencia del proceso repetitivo y diferenciador del propio esquema.

En definitiva, se pueden considerar los esquemas cognofísicos subordinados a los operatorios, pero los datos admiten también que estos dos tipos de esquemas puedan verse a un mismo nivel coordinándose entre sí. Se podría llegar a decir, incluso, que en un buen número de casos, la presencia de determinados cognofísicos es suficiente para explicar el comportamiento del sujeto y, que sus manifestaciones más afinadas y operatorias no son sino una consecuencia del incremento paulatino de la capacidad diferenciadora de estos esquemas.

4.3.3 ESQUEMAS OPERATORIOS, COGNOFÍSICOS Y CAPACIDAD MANIPULATIVA

El hecho de que los cognofísicos sean generados por abstracción simple, a través de la interacción del sujeto con el medio y que las operaciones lo sean por abstracción reflexiva, sugiere que los primeros esquemas deben quedar más cerca del plano donde se producen las interacciones del sujeto con su medio físico, y de un modo más restrictivo, de las habilidades de manipulación del sujeto frente a su medio.

Si es cierto lo anterior, cabe esperar que:

los sujetos con mejores puntuaciones en el primer factor obtengan mejor rendimiento en la variable MANUAL, relativa a la habilidad manipulativa, que aquellos con mejores puntuaciones en el segundo y tercer factor del ACP.

Las correlaciones sean mayores para las variables V_POSTE, V+-, F_CODO, V_MICRO, C_BLOQUE, C_DF y C_K que para O_CONSER, O_CONTR1 y O_CONTR2, ya que las primeras presentan mayor carga de contenido físico y son ortogonales a las segundas.

En las tablas de distribución se observa que los sujetos tienden a situarse más cerca de la diagonal cuando MANUAL se cruza con V_POSTE, V+-, F_CODO, V_MICRO, C_BLOQUE, C_DF y C_K

que cuando lo hace con O_CONSER, O_CONTR1 y O_CONTR2.

Centrándonos en las puntuaciones factoriales de los sujetos y comparándolas con su rendimiento en MANUAL se desprende lo siguiente:

Los ocho sujetos que mejor puntuación han obtenido en el primer factor son Luk, Man, Sim, Gal, Mer, Ter, Dal y Gon, en el segundo factor Car, Fel, Fan, Per, Rev, Her, Mer y Man y en el tercero Kin, Lor, Ser, Sim, Nor, Man, Rez y Lid. Por otro lado, en la categoría superior de MANUAL se encuentran Luk, Sim, Gal, Mer, Ter y Cin (ver módulo de MANUAL en anexo 5). Los datos hablan por sí solos y se aprecia que Luk, Sim, Gal, Mer y Ter con alta puntuación en el primer factor, están en la categoría superior de MANUAL, mientras que sólo Mer toma puntuación alta en el segundo factor y Sim en el tercero.

Habida cuenta que el primer factor evalúa principalmente el contenido físico y el segundo y tercero el operatorio, la habilidad manual de los sujetos está más correlacionada con factores ligados a esquemas sensibles al equilibrio mecánico que a esquemas operatorios.



CAPÍTULO 6: ANÁLISIS CUALITATIVO Y CONCLUSIONES

.68

		V+-				
		1	2	3	4	5
M A N U A L	1	Pek Lor Len Lid Bed Van Ram Rez	Fel	Nic Cis Ner Pat Ser	Kin	
	2					
	3		Lil Her Gen	Ton Car Nor Rom Des Pin Mif	Rev Zip Lis Dal	
	4					
	5			Fan Per	Cin Fin Ter Gal Sim	Gon Mer Man Luk

.79

		F_CODO				
		1	2	3	4	5
M A N U A L	1	Pek Lor Len Lid Bed Van Ram Nic Cis Pat Rez Fel Kin	Ser		Ner	
	2					
	3	Lil Her	Ton Car Rev		Nor Gen Rom Des Pin Mif Lis	Zip Dal
	4					
	5				Cin Fan Per Fin Ter Gal	Gon Mer Sim Man Luk

.67

		C_LARGO				
		1	2	3	4	5
M A N U A L	1	Pek Lor Len Lid Bed Ram Ner Kin	Van Nic Cis Pat Rez Ser Fel			
	2					
	3	Lil Car	Her Ton Nor		Gen Rom Des Mif Rev Zip Dal	Pin Lis
	4					
	5		Cin Fan Gon		Per Fin Mer Gal Sim	Ter Man Luk

Las correlaciones de MANUAL frente a las variables más importantes son 0.73, 0.68, 0.79, 0.67, 0.77, 0.77, 0.76 y 0.80 con V_POSTE, V+-, F_CODO, V_MICRO, C_BOLA, C_BLOQUE, C_DF y C_K respectivamente y 0.47, 0.69 y 0.68 con O_CONSER, O_CONTR1 y O_CONTR2, lo que pone de manifiesto nuevamente lo que se ha visto anteriormente: MANUAL correlaciona mejor con las variables que han mostrado contener uno o varios cognofísicos que con las que son

puramente operatorias y, dentro de las primeras, mejor con las que contienen el cognofísico "**relación de la posición con las porciones de pesos**" que con las que contienen el cognofísico "**tendencia del peso a tirar para abajo (vertical)**".

Estos resultados parecen sugerir que la manipulación del muñeco para hacer equilibrios difíciles en MANUAL es dirigida, principalmente, por los esquemas cognofísicos relativos a la compensación de masas.

.77

		C_BLOQUE				
		1	2	3	4	5
M A N U A L	1	Pek Lor Len Lid Bed Nic Cis Ner Pat Ser Fel	Kin	Van Ram Rez		
	2					
	3	Lil Her Car	Ton Nor Des	Gen Rom Mif	Pin Lis Dal	Rev Zip
	4					
	5			Fan	Cin	Per Fin Gon Ter Mer Gal Sim Man Luk

.80

		C_K				
		1	2	3	4	5
M A N U A L	1	Pek Lor Len Lid Bed Van Ram Nic Cis Ner Pat Rez Ser Kin		Fel		
	2					
	3	Lil Her Ton Car Gen Rom Des		Pin Mif Rev	Nor Zip Dal	Lis
	4					
	5				Cin Fan Per Fin Gon Ter	Mer Gal Sim Man Luk

Las tablas de contingencia donde la tendencia de los sujetos a situarse en la diagonal es más acentuada, son [V+-, MANUAL], [F_CODO, MANUAL], [C_LARGO, MANUAL], [C_BLOQUE, MANUAL], [C_DF, MANUAL] y [C_K, MANUAL] y aquellas cuya posición categorial en otras variables es poco determinante en MANUAL son [MANUAL, CONSER], [MANUAL, CONTR1] y [MANUAL, CONTR2]. Todo lo cual viene a confirmar las anteriores tendencias.



.46

		MANUAL				
		1	2	3	4	5
O - C O N S E R	1	Pek Bed Ram Ner		Lil Her Ton		
	2	Len Van Nic Cis				
	3	Lid Pat Ser Fel		Gen Des Pin		Cin Per Gon Luk
	4	Lor Rez Kin		Car Nor Rom Mif Rev Zip Dal		Fan Fin Ter Gal Sim Man
	5			Lis		Mer

.69

		MANUAL				
		1	2	3	4	5
O - C O N T R 1	1	Pek Lor Len Lid Bed Ram Ner		Lil Ton		
	2	Van Nic		Nor Gen Rom Pin		
	3	Cis Pat Rez Ser Kin		Her Des Mif Zip Dal		
	4	Fel		Car Rev Lis		Cin Per Fin Gon Ter Gal Sim
	5					Fan Mer Man Luk

.68

		MANUAL				
		1	2	3	4	5
O - C O N T R 2	1	Pek Lor Len Lid Bed Ner Rez		Lil Ton		
	2	Van Nic Pat Ser Kin		Nor Gen Rom Zip		
	3	Ram Cis		Her Des Pin Mif		Gon Sim
	4	Fel		Car Dal		Cin Fin Luk
	5			Rev Lis		Fan Per Ter Mer Gal Man

Por tanto, los datos ponen de manifiesto que los esquemas cognofísicos están más ligados a la capacidad manipulativa del sujeto que a los esquemas operatorios, como se puede deducir del modelo propuesto (ver § 2.5.3) y es plausible pensar que esta relación sea causal en el sentido de que son los cognofísicos los que, a modo de esquemas, anticipan la actuación manual del sujeto para conseguir el equilibrio. Los entrevistados a los que no se les apreciaba esta estrategia anticipativa (clara intencionalidad de compensar masas antes de

probar), no tenían éxito o éste venía después de numerosos tanteos.

4.4 El número de esquemas explicativos necesarios para explicar las situaciones de equilibrio mecánico

Sin diseños experimentales más precisos que permitan definir con mayor detalle los esquemas cognofísicos, es difícil establecer una correspondencia entre los conceptos académicos necesarios para interpretar y explicar las situaciones físicas planteadas en cada una de las tareas y los cognofísicos que se ponen en juego en el plano cognoscitivo para ello.

No es tan sencillo precisar qué variables o conceptos son los que intervienen en las distintas tareas del cuestionario, ya que todo depende del nivel teórico utilizado para explicar el equilibrio mecánico (Halbwachs, 1977). Así, una explicación a nivel molecular y atómico pondría en juego variables o conceptos relativos al número másico de los átomos, cohesión molecular, potenciales, etc. En cambio, en el contexto de la teoría de campos se pondrían en juego las descripciones mediante rotacionales y gradientes, potenciales, grados de libertad del sistema, etc.

Si se considera el nivel explicativo y descriptivo de la mecánica newtoniana, más adecuado a la finalidad de este trabajo por su mayor vecindad a las explicaciones del sujeto que otros contextos teóricos, los contenidos académicos que se ponen en juego para poder explicar correctamente las fenomenologías implicadas en las diversas tareas, son fuerza, peso, gravedad, composición de fuerzas, momento, composición de momentos, centro de masas, principio de acción y reacción, condiciones generales del equilibrio.

Ahora bien, en el plano ontogenético ¿cuántos esquemas explicativos del sujeto se han identificado en las distintas tareas? Se puede afirmar que para dar cuenta de las distintas situaciones relativas al equilibrio mecánico, el sujeto no ha utilizado, como se puede apreciar en los distintos trazos evolutivos, más de media docena de formas explicativas.

De esta forma, la gran diversidad de respuestas categorizadas que se puede apreciar en el anexo 4 puede ser justificada por unas pocas formas explicativas y las manifestaciones inherentes a problemas de asimilación y acomodación de cada esquema cognoscitivo con los datos empíricos, como pueden ser:

- la mayor o menor dependencia del esquema respecto al aspecto figurativo de la situación planteada



- b) los tanteos del esquema para acomodarse paulatinamente a los datos empíricos
- c) la composición "in situ" de respuestas, dado que el sujeto no posee esquemas pertinentes para una determinada situación.

En un intento de concretar la afirmación de que son necesario pocos esquemas cognoscitivos para explicar las distintas manifestaciones del sujeto, se analizan los datos relativos a la vertical, la compensación de pesos y las situaciones relativas al centro de masas:

4.4.1 RELACIONES DE VERTICALIDAD

En V_ANTES y V_POSTE, si se considera la hipótesis más plausible de que *las posiciones de los objetos colgados depende de la capacidad transformadora del peso tirando hacia abajo*, se pueden explicar todas las formas ontogenéticas encontradas en el trazo de casos sencillos de suspensión:

los sujetos que no transforman la posición original es porque aún no tienen clara la acción del peso,

aquellos que sólo transforman levemente lo hacen así al considerar que la tendencia del peso de tirar hacia abajo es contrarrestada por la forma, lo que impide que se incline mucho

la dependencia con la forma de la tendencia del peso para tirar hacia una región no precisada debajo del gancho es cada vez menor.

finalmente, se adquiere una precisión en la tendencia del peso a tirar para abajo, tal que la región inferior se convierte en un punto definido por su relación vertical con el gancho que sujeta. Aun así, incluso para los sujetos más adelantados, este esquema es levemente sensible a la forma de los objetos, como si el conocimiento generado espontáneamente nunca se liberara de sus ataduras figurativas.

Por lo tanto, se encuentra un primer esquema explicativo que podría formularse como *"tendencia del peso a tirar hacia abajo"* que, fruto de su evolución hacia formas explicativas más precisas, desemboca en la necesaria relación vertical entre punto de sujeción y centro de la bola (centro de masas).

Los resultados en V_MICRO permiten afirmar que en ella la apreciación de la vertical es paralela a la de V_ANTES y V_POSTE, a pesar de que aparece un elemento más, el esquema del borde. Sin embargo, la apreciación de este factor se manifiesta más elemental que la relación de la vertical, quizá porque los

continuos desplazamientos del *micro* alrededor del borde ofrecen datos empíricos suficientes para que el sujeto se centre en él, si es que posee los esquemas adecuados, en efecto:

Al comienzo, la ausencia de esquemas apropiados lleva al sujeto a referir la inclinación, la bola, la acción realizada, etc como causantes de la caída. Otros, llevados por los resultados, aprecian una zona en la parte superior del borde poco precisada, a partir de la cual el *micro* se desequilibra.

Previo a la localización de la vertical, se comienza a apreciar el borde, primero de forma esporádica, después con mayor sistemática.

Llega un momento en que la zona encima del borde es precisada por la vertical, salvo en casos difíciles (generalmente, la posición vertical de la plastilina alargada).

Al igual que en V_POSTE, en V_MICRO no hay un solo sujeto entrevistado que aplique sistemáticamente la idea de que *"cuando sobresalga la proyección vertical del centro de masas del borde, el micro cae"*, incluso los más aventajados presentan tanteos, dudas y rectificaciones para llegar a la idea anterior y cada nuevo caso, viene precedido de interacciones entre esquema cognoscitivo y datos empíricos que no siempre desembocan en la respuesta correcta, o que sólo se acercan a ésta debido a la existencia de ciertas imprecisiones, como es el caso de delimitar el centro de masas por una región más o menos extensa.

En C_BLOQUE aparece un nuevo esquema explicativo: *"partición formal del bloque en dos porciones, una que tira y otra que sujeta"*, que presenta cierta independencia con la *"tendencia del peso a tirar para abajo"*.

Hasta ahora, la tendencia global del peso hacia abajo era suficiente para resolver algunas cuestiones de las tareas asociadas a V_POSTE y V_MICRO, pero en C_BLOQUE la utilización global del peso lleva al sujeto a contradicciones:

Los sujetos que en V_POSTE no transforman se fijan en partes irrelevantes del bloque o describen la acción y por otro lado, a aquellos que utilizaban el peso para llevar al objeto a una zona baja, tampoco les sirve utilizar el esquema *"ahora que cae todo el peso tira y cuando se mantiene en equilibrio todo el peso sujeta"*. Tanto unos como otros reaccionan ante las contrapruebas del entrevistador, admitiendo su desconocimiento.



Llegado un momento, ciertos sujetos consideran la necesidad de diferenciar en el peso del bloque, una porción que tira y otra que sujeta, pero el límite entre porciones es difuso. A pesar de esto, consiguen dar explicaciones satisfactorias y superar algunas contradicciones provocadas por el entrevistador. Varios de estos sujetos no manifestaron habilidad alguna en la determinación de la vertical.

Después hay un grupo amplio que intenta solucionar el problema mediante el trazo de verticales por puntos poco adecuados. Sin embargo, se olvidan del esquema "*peso que tira, peso que sujeta*" o lo coordinan mal con el de la vertical. Aquí se podría considerar la memoria a corto plazo para entender el olvido o la mala coordinación (§ 2.4). Esto que sucede con la vertical, se aprecia también con el centro de masas.

Finalmente, se coordinan un esquema y otro para dar respuestas satisfactorias, pero esta coordinación no es sistemática ni anticipatoria, como se puede apreciar en los resultados de C_DF y C_K.

En definitiva, con dos esquemas explicativos reflejo de cognofísicos (por eso no se contabiliza la evocación al centro de masas) y sus interacciones (asimilación y acomodación) con los datos empíricos, se puede explicar la diversidad de respuestas de las variables analizadas: V_ANTES, V_POSTE, V_MICRO y C_BLOQUE.

4.4.2 SOBRE COMPENSACION DE PESOS SIN NECESIDAD DE PARTICION

En tal caso están V+- y F_CODO y sus complementarias F_DIRE, F_INTE y FxD. En ellas se aprecia la existencia de un nuevo esquema explicativo que muestra cierta independencia con respecto al esquema de la vertical que se podría formular como "*compensación de pesos*".

Por un lado, se aprecia en V+- que la precisión en la tendencia del peso para tomar la vertical es claramente independiente a la precisión para evaluar la intensidad de los pesos y compensarlos. Por otro, en F_CODO, matizada por FxD, el esquema "*compensación de pesos*" parece desdoblarse en tres esquemas que son "*conservación de la acción del peso*" o lo que es lo mismo "*no por dejarse llevar la bola del extremo por la del codo deja ésta de actuar*", "*tendencia del peso a tirar para abajo*" y "*existe una tendencia de la bola a coger la vertical de forma que cuanto más grande es más cerca de la vertical se queda*" que llevan a un peldaño ontogenético superior a "*mayor peso*,

menor distancia al centro" en situaciones donde existe una distribución másica.

La presencia o ausencia de estos tres esquemas, junto con el juego de asimilación y acomodación de éstos con los datos empíricos, permite explicar el conjunto de categorías asociada a las variables V+-, F_CODO, F_INTE, F_DIRE y FxD, como se puede apreciar en los trazos evolutivos del § 6.2.2.

4.4.3 SITUACIONES RELATIVAS AL CENTRO DE MASAS

En este tipo de situaciones se aprecia un esquema semejante al encontrado en C_BLOQUE, relativo a la partición formal del objeto para luego compensar las porciones de pesos resultantes, siendo continuo el proceso de su delimitación:

		V_POSTE				
		1	2	3	4	5
V — Z A P A T O	1	Pek Lor Lil Lid Her Nic Cis Ner	Len Bed Rez Ton	Car		
	2	Van Ram	Kin	Pat Ser Fel Gen	Rev	
	3					Mer
	4		Nor Pin	Rom Des Cin Fan Zip	Per Fin Lis	Mif Gon Dal Sim Man Luk
	5					Ter Gal

En V_ZAPATO hay una cuarta parte de la muestra, distanciados de la diagonal principal de [V_POSTE, V_ZAPATO], cuya habilidad para relacionar la posición del zapato con las porciones tomando como referencia el centro de la plastilina, no corre paralela a la que poseen para aplicar la vertical con cierta sistemática.

En C_LARGO se aprecia, en cuestiones relacionadas con la conservación del centro de masas, el requerimiento de un esquema de "*compensar pesos previa partición formal de la plastilina en porciones, una tira y otra sujeta*" que paulatinamente se va aplicando y generalizando. Primero, cuando se pincha la plastilina por su centro (1/2), después cuando se hace a 1/4 y, finalmente cuando se pone en posición vertical (ver § 4.4.2.4).

No se aprecia la aplicación de un esquema específico en C_BIPESO. El sujeto sólo intenta barajar los datos con dos esquemas no muy apropiados como son "*la tendencia del peso a tirar para abajo*" y "*compensación de los pesos*", junto con un



esquema nuevo del que no queda claro si es fruto de un esquema cognoscitivo o es una construcción "in situ", en función de los esquemas ya señalados para responder coherentemente, acomodándose a los datos que se podrían precisar como *"la necesidad de que los pesos queden por debajo del punto de apoyo"* y que es mal coordinado con la noción de centro de masas en los sujetos que la poseen.

El juego de tanteos, rectificaciones, dudas, errores y vuelta a esquemas anteriores, etc y el hecho de que el que un sujeto aprecie progresivamente el centro de masas en una situación, no es garantía de que obtenga resultados satisfactorios en una nueva situación cuya resolución pase por determinar el centro de masas.

Lo anterior permite concluir que parece no existir un esquema específico para el centro de masas, de forma que todas las respuestas pueden ser explicadas por la combinación o la aplicación aislada de los ya señalados (vertical, partición, compensación) que al no ser los más apropiados, interaccionan constantemente con el aspecto figurativo y con la forma estructural de la tarea.

Las dificultades en la coordinación de estos esquemas, que presentan un buen número de sujetos a lo largo de las diversas tareas, lleva a considerar nuevamente la memoria a corto plazo como un constructo cognoscitivo que explicaría este hecho. Ahora bien, serían precisos diseños experimentales más específicos para obtener datos concluyentes sobre este particular.

4.4.4 CONCLUSION: UNOS POCOS ESQUEMAS EXPLICATIVOS SUBYACEN ANTE LA AMPLIA DIVERSIDAD CATEGORIAL

Como conclusión se exponen, según el orden con que se han ido encontrando, los esquemas explicativos reflejo de cognofísicos encontrados en situaciones de equilibrio mecánico:

Tendencia del peso a tirar hacia abajo

Compensación de pesos previa partición formal del objeto en porciones, una tira y otra sujeta

Compensación de pesos que se distinguen perceptivamente, considerados estos como cantidades

Compensación de las acciones de los pesos cuando éstos se distinguen perceptivamente, presupone además la tendencia del peso a tirar para abajo

La participación de un nuevo peso en una distribución másica no anula la acción de los demás

En una distribución másica, existe una tendencia de la bola a situarse en la vertical, de forma que cuanto más grande es más cerca de la vertical se queda, este esquema lleva, en un peldaño ontogenético superior, a "mayor peso, menor distancia al centro"

En este punto se plantea una cuestión complicada ¿cómo dilucidar si es un esquema explicativo elemental o, por el contrario, es composición de varios?. El diseño de la toma de datos, que ha mostrado su eficacia, permite delimitar, diferenciar y analizar el grado de independencia de la lista de esquemas anteriormente expuestos, pero es necesario admitir que para poder apreciar si éstos son los esquemas más elementales habría que realizar otros diseños más precisos que partan de los resultados obtenidos en este trabajo.

No obstante, se podría afirmar, con lo datos disponibles, que el único esquema elemental es *la tendencia del peso a tirar hacia abajo*, él solo permite explicar todas las categorías de V_ANTES y V_POSTE, presentando además, independencia con un esquema operatorio con el que se podría sospechar de tener cierta relación: la conservación del peso.

También la *compensación de pesos, considerados como cantidad*, presenta cierto grado de independencia, ya que muchos sujetos que llegan a esta forma explicativa pertenecen a grupos con características cognoscitivas preoperacionales en la mayoría de las tareas planteadas.

La relación de variables y los datos de las tablas de contingencia hacen sospechar que los demás esquemas requieren operaciones mentales, como es el caso de la *compensación de pesos previa partición formal del objeto en porciones, una tira y otra sujeta*, que presenta cierta relación con la conservación del volumen.

La *compensación de la acción de los pesos* parece ser más compleja, ya que aparecen otros esquemas como el de la *conservación del peso y pesos mayores quedan más cerca de la vertical* que presentan conexiones con esquemas operacionales, como el de la *conservación del peso* y con los esquemas de *reciprocidad de la acción y de proporciones métricas*.

Respecto a si el número de esquemas explicativos es inferior al número de conceptos que utiliza la mecánica newtoniana, parece ser que esto sería cierto si se pudiera establecer una correspondencia entre unas entidades y otras.

En efecto, utilizando el criterio de correspondencia definido en el § 3.1.4, se podría considerar que estos esquemas explicativos, en la medida en que dan cuenta de situaciones físicas de equilibrio, podrían



ponerse en correspondencia con aquellos contenidos académicos que dan cuenta de esta fenomenología, sin embargo, si se toma como criterio la misma forma explicativa, como se puede apreciar los contenidos ontogenéticos son muy diferentes de los académicos y no se podría establecer dicha correspondencia.

Lo que si parece sorprendente es 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 encontradas en las diferentes tareas.

5 Conclusiones finales más significativas Se presentan ahora las conclusiones más importantes de este trabajo, agrupadas en cuatro apartados referidos a:

Los trazos evolutivos.

La metodología empleada.

Interpretación de datos.

Consideraciones didácticas.

5.1 Relativas a los trazos evolutivos de los esquemas explicativos

1. Se ha conseguido delimitar la evolución de los esquemas explicativos relativos a:

Verticalidad.

Compensación de masas.

Compensación de la acción de los pesos.

Efecto de una fuerza cuando media una distancia.

Centro de masas.

De todos ellos merecen ser resaltadas las siguientes consideraciones:

- 1.a) El esquema "*tendencia del peso hacia abajo*" parece ser determinante en la mayoría de las tareas. Esta tendencia del peso que es difusa e imprecisa en sus inicios ontogenéticos, hasta el punto de que interactúa con la forma de los objetos como si éstos marcaran una "*tendencia hacia arriba*", evoluciona hasta hacerse independiente de lo figurativo para llegar a "*un abajo*" definido con precisión por la vertical. Después, según lo requiera la tarea, se aprecia una "*partición formal del objeto para diferenciar porciones de peso que tiran y porciones que sujetan*", esquema que presenta dificultades cuando el sujeto trata de coordinarlo con otros o

generalizarlo a situaciones más complejas.

- 1.b) La precisión para evaluar la intensidad de los pesos presenta cierta independencia con la necesaria para situarse en la vertical, a pesar de que, desde un punto de vista lógico, se pudiera pensar que deben estar ligadas. La expresión "*abajo*" que tan frecuentemente es evocada por el entrevistado, no debe ser asimilada ligeramente al vector peso. Sólo la forma en la que "*abajo*" va acompañada de la precisión de la vertical podría ser considerada cercana a este contenido académico.

Además de los trazos ontogenéticos, que pueden ser considerados como conclusiones específicas de éste trabajo, existen otras de índole más general en relación a la ontogénesis de los esquemas explicativos en **situaciones de equilibrio mecánico** que son las siguientes:

2. El pensamiento generado espontáneamente por el sujeto en su interacción con el medio, es fuertemente dependiente del contexto de la tarea:
 - 2.a) Basta con cambiar la estructura figurativa de un problema para que el sujeto pase de dar respuestas correctas a otras más imprecisas o erróneas.
 - 2.b) Las mismas cuestiones planteadas sobre hechos físicos, donde se han modificado por ejemplo los objetos, pueden originar en el sujeto respuestas satisfactorias en un caso, y deficientes en otro, como si de algo nuevo se tratara.
3. Es frecuente encontrar sujetos que, a pesar de que evocan todos los elementos cognoscitivos necesarios para dar una respuesta satisfactoria, no llegan a ésta debido posiblemente a la mala coordinación entre dichos elementos.
4. Los reglajes, tanteos y rectificaciones propios de la dinámica interactiva de las distintas tareas, posibilitan a determinados sujetos ir acomodando sus esquemas cognoscitivos a los datos empíricos, de forma que, partiendo de previsiones equiparables a la que dan los sujetos de rendimiento más bajo, terminan por dar respuestas satisfactorias que sin este proceso interactivo nunca se hubieran dado.

5.2 Relativas a la metodología

Son conclusiones metodológicas aquellos procedimientos que han mostrado ser:



eficaces en la obtención de información significativa

válidos para ponderar el grado de significación de esta información.

Según este criterio se podría afirmar que:

1. La información obtenida del alumno cuando la recogida de datos se hace a través de técnicas que no ponen en juego los procesos de asimilación y acomodación de los esquemas cognoscitivos del sujeto, presenta un contenido ontogenético pobre, suele contener sesgos, en ocasiones importantes, y discrimina cognoscitivamente mal al individuo frente al resto de la muestra. Consecuentemente, las medidas didácticas que se construyen sobre dicha información podrían estar limitadas y en ocasiones poco acertadas.

En este sentido existen sospechas fundadas de que las conclusiones relativas a la constancia y dificultad de erradicación de las concepciones podrían ser consecuencia de un mal planteamiento metodológico.

2. Es frecuente encontrar en la búsqueda de concepciones la llamada prueba de papel y lápiz que contiene preguntas sobre conceptos o leyes, resolución de problemas cualitativos o cuantitativos, previsiones ante una situación experimental, etc (Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994), donde no se suelen llevar a cabo procedimientos interactivos, tan solo se solicita una respuesta por pregunta, con lo que se recoge una información sobre el alumno que suele ser restrictiva y sesgada.
3. Cuando el alumno se sumerge en una dinámica interactiva que obliga a sus esquemas cognoscitivos a modificarse para dar respuesta ante la variación de los distintos factores que intervienen en la situación experimental, se obtiene una información densa y precisa con alto contenido ontogenético, que además facilita el buen encaillamiento cognoscitivo del individuo en la muestra.
4. Es necesario presentar medidas metodológicas que permitan contrastar la información obtenida del alumno, de lo contrario, no se podría obtener información fiable sobre el grado de validez de ésta ni de sus posibilidades didácticas. Tales medidas, tomadas en

esta investigación, se pueden concretar en:

Un sistema de hipótesis y orientaciones sobre el tipo de información que se pretende encontrar (EQB) a fin de realizar contrastaciones.

El diseño de una diversidad de situaciones físicas y cuestiones que permitan obtener del alumno una información que cubra los distintos aspectos relativos a una determinada fenomenología.

La estructuración del proceso de categorización, a través de criterios de orden, sugeridos por direcciones ontogenéticas que hayan mostrado ser significativas en otros trabajos.

5. Además de la eficacia de las comparaciones cualitativas (tablas de doble entrada, comparación de frecuencias, análisis evolutivos del sujeto, etc), es conveniente un tratamiento cuantitativo de los datos para establecer relaciones entre los distintos aspectos puestos en juego, que quedan fuera del alcance del tratamiento cualitativo.

El paso de los procedimientos cualitativos de categorización a un tratamiento cuantitativo de los datos se hace a través de variables categoriales ordinales construidas jerárquicamente. Estas poseen todas las ventajas de ser una postura intermedia entre aquellas sujetas a una métrica, que fuerzan a entidades esencialmente cualitativas como son las respuestas de los alumnos a someterse a un sistema numérico y aquellas otras que sin estructura de orden, hacen disminuir notablemente las posibilidades de contrastar la información obtenida.

El tratamiento estadístico de las variables categoriales ordinales pone de relieve, a través de la matriz de correlaciones, el análisis de las componentes principales, el de correspondencia, etc, la existencia de relaciones entre variables y distancias entre las categorías de éstas que permiten contrastar el grado de validez de la información obtenida y de los



órdenes establecidos, en algunos casos, de forma concluyente.

6. Una medida metodológica que ayuda a detectar anomalías en la recogida de información significativa, es aquella que permite diferenciar en la muestra distintas agrupaciones con un comportamiento intragrupal semejante y diferencias intergrupales. Esta medida es más eficaz si va acompañada de una transformación de las posiciones categoriales empíricas, en base a las distancias relativas entre categorías dadas en el análisis de correspondencia (AC) (véase tabla 30). La eficacia de la metodología se fundamenta en diferenciar la información significativa de los datos dudosos, a fin de que no caigan en sospecha las conclusiones que se obtengan.

7. La metodología utilizada en este trabajo permite identificar y describir:

Las concepciones que el alumno tiene sobre un determinado contenido académico, y otra información que, sin tener relación con la anterior, es utilizada por los entrevistados para dar respuestas a la fenomenología asociada a los conceptos académicos objeto de estudio.

El comportamiento de los esquemas cognoscitivos puestos en juego por los sujetos en su interacción con los datos empíricos (reglas de asimilación) y su comportamiento operacional (razonamientos y relaciones).

Las concepciones evolutivamente, precisando las distintas formas explicativas relativas al equilibrio mecánico, ya que éstas son parte de la ontogénesis y no aparecen de pronto con una determinada forma explicativa que permanezca constante en el tiempo o desaparezca para ser sustituida.

El grado de significación y estabilidad de la información obtenida del alumno, a fin de poder eliminar la que es poco relevante.

Las relaciones entre esquemas dependientes del contenido y operaciones mentales, es decir, relacionar conceptos con procesos, enfatizando la importancia de ambos.

5.3 Relativas a interpretación de datos

1. Se ha podido poner de manifiesto la existencia de **cognofísicos**, que permiten explicar un buen número de esquemas explicativos sin necesidad de utilizar los operatorios; en otros casos, la sola presencia de estos últimos no permite explicar el comportamiento del sujeto. Finalmente, en los casos donde los **cognofísicos** y los **esquemas operatorios** ejercen su actividad asimiladora conjuntamente, se manifiesta cierto grado de independencia. Más concretamente:

El cognofísico *tendencia del peso a tirar hacia abajo*, junto a las manifestaciones propias de su actividad asimiladora, permite explicar todas las categorías de V_ANTES y V_POSTE y, además, dicho esquema se manifiesta independiente de los operatorios.

Existe un grupo de sujetos cuyas capacidades operacionales están por encima de sus posibilidades en situaciones con alto contenido físico (V_ANTES y V_POSTE) que ponen en evidencia que la actividad asimiladora de los esquemas operatorios requiere de la presencia de los cognofísicos.

En las tareas con estructura operatoria semejante donde la capacidad operatoria del individuo es determinante, la simple modificación de un factor, como puede ser la variable dependiente, hace que los resultados no sean paralelos y aparezcan ciertos desfases.

2. El rendimiento en tareas sobre situaciones físicas de equilibrio mecánico suele ser mejor en aquellos sujetos que poseen los cognofísicos más desarrollados, poseer una buena capacidad operatoria no es tan determinante. Dicho de otro modo, **los esquemas operatorios sin cognofísicos sobre los que actuar no son eficaces para responder a los problemas planteados en una situación física dada.**

Se podría afirmar que no aparece un nuevo esquema explicativo para cada nueva situación, sino que, como se ha visto, existe un número reducido de ellos puestos en juego por el sujeto para explicar



las diversas situaciones físicas. Esta homogeneidad en los datos ya se puso de manifiesto en la alta comunalidad y correlación entre las variables y en la tendencia de los sujetos a distribuirse en las tablas de contingencia cerca de la diagonal principal.

Por tanto, es plausible concluir que la homogeneidad es más fruto de la existencia de unos pocos cognofísicos detrás de la diversidad de manifestaciones, que de los esquemas operatorios como proponía Piaget, aunque habría que tomar con cautela esta afirmación a falta de diseños más precisos y en vista a la homogeneidad que también presentan las tablas de contingencia donde las variables operatorias se enfrentan a las demás.

- 3. La capacidad transformadora del sujeto proviene tanto de su capacidad operatoria como de sus cognofísicos.** Existen sujetos que pueden realizar transformaciones, siendo: preoperatoriales respecto a la conservación del peso ante los cambios de forma y con poca capacidad de precisión con el esquema cognoscitivo relativo al peso.

A la vez, hay algunos sujetos con alta capacidad operatoria cuyas posibilidades transformadoras están seriamente limitadas.

La existencia de cognofísicos permite una explicación más que satisfactoria del comportamiento descompensado de los anteriores sujetos: en efecto, un sujeto con buen desarrollo de sus esquemas operatorios que no tiene los necesarios y adecuados cognofísicos sobre los que actuar, no puede ofrecer transformaciones satisfactorias.

- 4. El cognofísico es el elemento cognoscitivo más determinante de la capacidad manipulativa del sujeto.**

Los datos ponen de manifiesto que los cognofísicos parecen estar más ligados a la capacidad manipulativa del sujeto que a los esquemas operatorios, algo previsto por el modelo propuesto. Es plausible pensar que esta relación sea causal en el sentido

de que los cognofísicos son los que, a modo de esquemas, podrían anticipar la actuación manual del sujeto para conseguir el equilibrio. Los sujetos a quienes no se les aprecia esta estrategia anticipativa (clara intencionalidad de compensar masas antes de probar), no tienen éxito o lo consiguen después de numerosos tanteos.

- 5. Caben dos hipótesis para explicar el que los sujetos de grupos con mayor rendimiento presenten una gran precisión y capacidad operatoria en sus esquemas:**

Los cognofísicos pueden subordinarse a los esquemas operatorios en situaciones que requieran precisión o capacidad de adaptación a la variabilidad operatoria de los distintos factores.

Las manifestaciones más precisas y operatorias del sujeto no son más que una consecuencia del paulatino incremento de la capacidad diferenciadora de los cognofísicos, desarrollada en el ejercicio de su actividad asimiladora.

La precisión de nuevos diseños experimentales contruidos sobre resultados de este trabajo podría permitir discernir entre estas dos alternativas.

- 6. En determinadas situaciones físicas donde se requiere la utilización de más de un esquema cognoscitivo, se observa a sujetos que utilizan los distintos esquemas necesarios para una solución correcta pero no consiguen coordinarlos entre sí con lo que no llegan a ella.**

Es plausible admitir, a modo de hipótesis, que estos sujetos saturan la memoria a corto plazo con uno o más esquemas cognoscitivos, de forma que no pueden operar con los que les son necesarios, por otro lado, muchos de estos esquemas recién adquiridos ocupan, por sí solos, una gran cantidad de espacio y suponen un gran esfuerzo para mantenerlos en esta memoria, lo que impide introducir otros elementos necesarios para coordinarlos entre sí.



5.4 De índole didáctico

1. En pocas ocasiones las ideas espontáneas generadas por el alumno se presentan como creencias a las que se aferre desesperadamente, todo lo contrario, las ideas espontáneas son flexibles y adaptativas, de modo que el sujeto está dispuesto a desecharlas (sólo en ese momento), si el adulto le propone una idea nueva para una determinada situación, pero basta que se pase a una nueva situación donde se podría aplicar esta nueva idea, para que el sujeto vuelva a utilizar sus esquemas espontáneos a falta de algo mejor.

Esto pone de manifiesto la doble naturaleza de las concepciones, por momentos tan flexible y a la larga tan tenaces, lo que permitiría hacer una propuesta de índole didáctico: sería necesario, previa detección precisa de estas concepciones, proponer más de una situación física para que de un modo interactivo, el sujeto vaya sustituyendo sus ideas previas por otras más cercanas a las académicas.

2. La adquisición de nociones académicas, incluso cuando están bien comprendidas, no garantiza que se liguén automáticamente con aquellas otras adquiridas por la interacción del sujeto con su medio físico. Aunque algunos logran esta coordinación sin problemas, lo normal es que los dos tipos de conocimientos convivan independientemente, punto al que se ha llegado desde otras perspectivas (véase Villani y Pacca, 1990; Solomon, 1987; entre otros).

Esta disociación entre ideas académicas y espontáneas puede ser interpretada desde la teoría piagetiana, si se admite que el contenido académico se ha presentado de un modo tan lejano a los esquemas cognoscitivos de los alumnos que no lo han podido asimilar.

Aunque el alumno comprenda el significado del contenido académico, si este no se ha integrado en su estructura cognoscitiva, no puede ser utilizado como si de un nuevo esquema cognoscitivo se tratara, lo que le impide transferirlo a

situaciones diferentes a las utilizadas en un contexto de enseñanza.

Sólo la asimilación de los contenidos académicos por los esquemas cognoscitivos del alumno o la posibilidad de una asimilación recíproca entre esquemas, permitiría a dicho contenido académico adquirir rango de esquema y, por tanto, ser generalizables a nuevas situaciones.

3. Lo anterior pone de relieve la importancia didáctica que tiene conocer las reglas por las que se rigen los mecanismos de asimilación y acomodación en el alumno, así como las posibilidades y regularidades de asimilación de cada uno de los esquemas cognoscitivos detectados. Ya no se trata de comprobar si un sujeto es preoperacional o no (puesto que puede serlo en unos dominios y en otros no), sino de ver si un determinado esquema cognoscitivo del sujeto presenta reacciones típicamente preoperacionales y en qué situaciones.

Las estrategias de conflicto cognitivo dependen en buena medida de las reglas de asimilación por las que se ponen en juego los distintos esquemas cognoscitivos, por tanto, la información de las concepciones obtenidas en el contexto del MCA no suelen ser suficientes, ya que no se tienen en cuenta dichas reglas y sólo delimitan el conocimiento que posee el alumno sobre un determinado contenido académico.

4. Las concepciones son sólo una porción de la información que podría ser tomada del alumno con posibilidades para tomar medidas didácticas eficaces. Mejor sería hablar de la información significativa del alumno con implicaciones didácticas.





BIBLIOGRAFIA

- ABIMBOLA, I.O. 1988.** The Problem of Terminology in the Study of Student Conceptions in Science. *Science Education*, Vol.72, N°2, 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.
- ADEY, P.S. 1987.** A Response To "Towards a Lakatosian Analysis of Piagetian and Alternative Conceptions Research Programs". *Science Educations*, Vol.71, N°1, pp.5-7.
- ALIVERAS, J; GUTIERREZ, R. e IZQUIERDO, M. 1989.** Modelos de aprendizaje en la didáctica de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, N°9, pp.17-24.
- ANDERSSON, B. 1986.** Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, 70(5), 549-563.
- ATO, M., LOPEZ, J. A., VELANDRINO, A. P. y SANCHEZ, J. 1990.** *Estadística avanzada con el paquete SYSTAT.* Vol.2 y 3 (Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Murcia, Murcia).
- AUSUBEL, D. A. 1982.** *Psicología educativa, "Un punto de vista cognoscitivo"* (Trillas, Mexico).
- BAR, V. 1989.** Introducing mechanics at the elementary school. *Physics Educations*, Vol.24, N°6, pp.348-352.
- BENARROCH, A. 1989.** La naturaleza particular de la materia: un estudio longitudinal de idea previas. *Publicaciones de la E.U. Formación del Profesorado de Melilla*, nº15, 135-148.
- BISQUERRA, R. 1989.** *Introducción conceptual al análisis multivariable, "Un enfoque informático con los paquetes SPSS-X, BMDP, LISREL y SPAD".* Vol.I y II (Promociones y Publicaciones Universitarias, Barcelona).
- BITNER, B.L. 1991.** Formal Operational Reasoning Modes: Preditors of Critical Thinking Abilities and Grades Assigned by Teachers in Science. *Journal of Research In Science Teaching*, Vol.28, N°3, pp.265-274.



- BOYLE, R. y MALONEY, D. 1991.** Effect of written text on usage of Newton's third law. *Research in Science Teaching*, Vol.16, Nº2, pp.123-139.
- BRINGUIER, J. 1977.** *Conversaciones con Piaget* (Granica, Barcelona).
- BROOK, A., BRIGGS, M. y DRIVER, R. 1984.** *Aspects of secondary students understanding of the particulate nature of mater. Children's learning in Science Project.* (Centre for Studies in Science and mathematics Education., Universidad de Leeds. Leeds.).
- BROUSEAU, G. 1987.** *Estudes en Didactique des Mathematiques, "Fundaments et methodos de la didactique des mathematiques"* (Université de Bourdeaux, Bordeaux).
- BROWN, D. 1989.** Student's concept of force: the importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, Vol.24, pp.353-358.
- BRUMBY, M. 1979.** Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, Vol.13, Nº2, pp.119-122.
- BUNGE, M. 1981.** *La investigación científica* (Ariel, Barcelona).
- CARAMAZZA, A., MCCLOSKEY, M. y GREEN, B. 1981.** Na ve beliefs in "sophisticated" subjects: misconceptions about trajectories of objects. *Cognition*, Vol.9, pp.117-123.
- CAREY, S. 1986.** Cognitive Science and Science Education. *American Psychologist*, Vol.41, Nº10, pp.1123-1130.
- CARIDAD, J. M. 1989.** *Análisis de datos con BMDP* (Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cordoba, Cordoba).
- CARMICHAEL, P. y otros. 1990.** *Research on students' conceptions in science: a bibliography* (Children's learning in Science, University of Leeds).
- 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.; LOPEZ MANJÓN, A.; POZO, J.I.; LEÓN, J.A.; PEREZ ECHEVARRÍA, P. y ASENSIO, M. 1992.** *Psicología de la instrucción, razonamiento y conocimientos específicos. Infancia y Aprendizaje*, Nº59, pp.11-29.
- CASE, R. 1984.** *El desarrollo intelectual: una reinterpretación sistemática*, pp.339-362. En M. Carretero y J.A. Madrugá. *Lecturas de psicología del pensamiento. Razonamiento, solución de problemas y desarrollo cognitivo.* Alianza Editorial. Madrid.
- CLEMENT, J. 1982.** Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal Physic*, Vol.50, Nº1, pp.66-71.
- CLOUGH, E.E. y DRIVER, R. 1986.** A Study of Consistency in the Use of Students`Conceptual Frameworks Across Different Task Contexts. *Science Education*, Vol.70, Nº4, pp.473-496.



- COLL, C. 1992.** Constructivismo e intervención educativa (II), "¿Cómo enseñar lo que ha de construirse?". *Aula de Innovación Educativa*, N°3, pp.79-85.
- 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. .
- CORNEJO, J. M. 1988.** *Técnicas de investigación social: el análisis de correspondencias, "Teoría y práctica"* (Promociones y Publicaciones Universitarias, Barcelona).
- CRISCUOLO, G. F. 1987.** ¿Pueden interpretarse las preconcepciones a la luz de las teorías del aprendizaje?. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.5, N°3, pp.231-234.
- DEADMAN, J. y KELLY, P.J. 1978,** What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics, *Journal of Biological Education*, Vol. 12 (1), pp. 7-15.
- DIXON, W. J y otros. 1990.** *BMDP Statistical Software Manual*. Vol.I y II (University of California Press, Berkeley).
- DOW, W.H., AULD, J. y WILSON, D. 1978.** *Pupils' concepts of gases, liquids and solids. An investigation into the teaching of the particulate nature of matter*, Dundee College of Education, Dundee.
- DRIVER, R. 1981.** Pupils' alternative frameworks in science. *Eur. J. Sci. Educ.*, Vol.3, N°1, pp.93-101.
- DRIVER, R. 1986.** Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.4, N°1, pp.3-15.
- DRIVER, R. 1988.** Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.2, N°6, 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.
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. 1989.** *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (Morata/M.E.C, Madrid). (Ver.orig. Children's ideas in science. Open University Press. Londres. 1985).
- ERICKSON, G.L. 1979.** Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, Vol.63, N°2, pp.221-230.
- ERICKSON, G.L. 1980.** Children's viewpoints of heat: a second look. *Science Education*, Vol.64, N°3, pp.323-336.



- FELDMAN, C.F. 1990.** *El pensamiento a partir del lenguaje: la construcción lingüística de las representaciones cognitivas.* En J. Bruner y H. Haste. La elaboración del sentido. La construcción del mundo por el niño. Paidós. Barcelona.
- GAMBLE, R. 1989.** Force. *Physics Education*, Vol.24, Nº2, pp.79-82.
- GILBERT, J.; WATTS, D. y OSBORNE, R. 1982.** Students' conceptions of ideas in mechanics. *Physics Education*, Vol.17, Nº2, pp.62-66.
- 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.
- 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. y WATTS, M. 1989.** *Fuerza y movimiento*, pp.137-167. En Driver, R. y otros. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Morata/M.E.C. Madrid.
- GUTIÉRREZ, R. 1987.** Psicología y aprendizaje de las Ciencias. El modelo de Ausubel. *Enseanza de las Ciencias*, Vol.2, Nº5, pp.118-128.
- GUTIERREZ, R. y OGBORN, J. 1992.** A causal framework for analysing alternative conceptions. *Int. J. Sc. Educ.*, Vol.14, Nº2, pp.201-220.
- HALBWACHS, F. 1977.** *Historia de la explicación en física*, pp.74-101. En Jean Piaget. Las explicaciones causales. Ed. Martínez Roca. Barcelona.
- HASHWEH, M. 1988.** Descriptives studies of students' conceptions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.25, Nº2, pp.121-134.
- HERRON, J.D. 1978.** Role of learning and development: Critique of Novak's Comparison 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. *Enseanza de las Ciencias*, Vol.8, Nº2, pp.157-171.
- HIBBARD K.M. y NOVAK, J.D. 1975.** Audio-Tutorial elementary school science instruction as a method for study of children's concept learning: particulate nature of matter. *Science Education*, Vol.59, Nº4, pp.559-570.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. 1989.** *La ciencia de los alumnos* (Laia/M.E.C, Barcelona).



- HOLTON, G. 1976.** *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas* (Reverté, Barcelona). (Ver.orig. Introduction to Concepts and theories in Physical Science. Addison-Wesley. Massachusetts. 1952).
- INHELDER, B. 1975.** *Aprendizaje y estructuras de conocimiento* (Morata, Madrid).
- INHELDER, B. y PIAGET, J. 1972.** *De la lógica del niño a la lógica adolescente* (Paidós, Buenos Aires). (Ver.orig. De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent. Presses Universitaires de France. París. 1955).
- JIMÉNEZ GÓMEZ, E. 1987.** *Didáctica de la Física*, pp.398-400. En Diccionario de Ciencias de la Educación. Tomo: Didáctica y tecnología de la Educación. Anaya.
- 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.
- KELLY, G.A. 1966.** *Teoría de la personalidad* (Troquel, Buenos Aires). (Trad.cast. A theory of personality. W.W. Norton and Company inc. New York USA. 1963).
- KITCHENER, R. 1992.** *Piaget's Genetic Epistemology: Epistemological Implications for Science Education*, pp.116-146. En R. Duschl y R.J. Hamilton. *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. State University of New York Press. New York.
- LAKATOS, I. 1983.** *La metodología de los programas de investigación científica* (Alianza, Madrid).
- LLORENS, J.A. 1988.** La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. *Investigación en la Escuela*, Nº4, pp.33-49.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. 1989.** La exigencia cognitiva en Física: interpretación piagetiana e interpretación constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.2, NºExt., pp.247-50.
- 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.
- MALONEY, D.P. 1984.** Rule-governed approaches to physics: Newton's third law. *Physics Education*, Vol.19, pp.37-42.
- MARÍN, N. 1985.** *Taxonomía evaluativa basada en la teoría de Piaget*. VI Encuentros de la Física y Química, Málaga.
- 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*, N°16, pp.23-35.
- MARÍN, N y BENARROCH, A. 1994. A comparative study of Piagetian and constructivist work on conceptions in science. *Int. J. Sci. Educ.*, Vol.16, N°1, pp.1-15.
- MARÍN, N. 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. *Enseanza de las Ciencias*, Vol.10, N°3, pp.335-339.
- MEHEUT, M., SALTIEL, E. y TIBERGHIE, A. 1985. Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion. *Eur. J. Sci. Educ.*, Vol.7, N°1, pp.83-93.
- MICHELENE, T.H., JAMES, D. y NICHOLAS DE LEEUW. 1994. From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, Vol.4, pp.27-43.
- 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*, Vol.14, pp.33-62.
- MORENO, M., SASTRE, G., BOVET, M. y LEAL, A. 1993. *Papel de los modelos representacionales en la construcción de conocimientos. Un ejemplo concreto.* IV Congreso Internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, Barcelona, pp.105-106.
- NIJAZ, M. 1991. Correlates of formal operational reasoning: a neo-piagetian analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.28, N°1, pp.19-40.
- NOVAK, J.D. 1982. *Teoría y práctica de la educación* (Alianza Universitaria, Madrid).
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J. 1978. Junior High School pupils' understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, Vol.62, N°3, pp.273-281.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J. 1981. Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education*, Vol.65, N°2, pp.187-196.
- NUSSBAUM, J. 1979. Children's conceptions of the Earth as a cosmic body: a cross age study. *Science Education*, Vol.63, N°1, pp.83-93.
- NUSSBAUM, J. y SHARONI-DAGAN, N. 1983. Changes in second grade children's preconceptions about the Earth as a cosmic body resulting from a short series of audio-tutorial lessons. *Science Education*, Vol.67, N°1, pp.99-114.
- OSBORNE, R. y FRYBERG, P. 1985. *Learning in Science. The implication of children's Science* (Heinemann, London).
- OSBORNE, R.J. y SCHOLLUM, B.W. 1983, Coping in Chemistry, *Australian Science Teachers Journal*, vol.29, n°1, pp. 13-24.



- PACCA, J.L.A. y SARAIVA, J.A.F. 1989.** Causalidad y operaciones en la interpretación de las concepciones espontáneas. *Enseanza 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. 1984.** *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, J. 1993.** *El constructivismo en la Didáctica de las Ciencias, "Luces y sombras"*. XIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Cáceres.
- PÉREZ LÓPEZ, J. 1990.** Inferencias causales y clasificación: su relación en niños de 4-7 años. *Infancia y aprendizaje*, Nº49, pp.91-106.
- PFUNDT, H. 1981.** The atom- the final link in the division process or the first building block?. *Chimica Didactica*, Nº7, pp.75-94.
- PIAGET, J. 1946.** *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant* (P.U.F., Paris).
- PIAGET, J. 1974.** *El estructuralismo* (Oikos-tau, Barcelona).
- PIAGET, J. 1975.** *La composición de las fuerzas y el problema de los vectores* (Morata, Madrid). (Ver.orig. *La composition des forces et le problème des vecteurs*. P.U.F. Paris. 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 génétique*. 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).



CAPÍTULO 6: ANÁLISIS CUALITATIVO Y CONCLUSIONES

- 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, México).
- 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 y SZEMINSKA, A. 1982.** *Génesis del número en el niño* (Guadalupe, Buenos Aires).
- PIAGET, J. e INHELDER, B. 1948.** *La représentation de l'espace chez l'enfant* (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 gen se 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 GARCÍA, R. 1973.** *Las explicaciones causales* (Barral, Barcelona).
- PIAGET, J. y col. 1972.** *La transmission des mouvements* (P.U.F., París).
- PIAGET, J. y col. 1973.** *La formation de la notion de force* (P.U.F, París).
- PIAGET, J., INHELDER, B. y SZEMINSKA, A. 1948.** *La géométrie spontanée de l'enfant* (P.U.F., París).
- POSADA, J.M. 1993.** Las teorías constructivistas y las concepciones de los alumnos: hacia una teoría aglutinadora. *Enseanza de las Ciencias*, N°Extr, 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, N°2, pp.211-227.
- 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*, N°38, pp.35-52.
- 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*, N°57, pp.3-22.



- POZO, J.I., SANZ, A., GÓMEZ, M.A. y LIMÓN, M. 1991.** Las ideas de los alumnos sobre ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseanza de las Ciencias*, Vol.9, Nº1, pp.83-94.
- 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.
- 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.
- SALTIEL, E. y VIENNOT, L. 1985.** ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?. *Enseanza de las Ciencias*, Vol.3, Nº2, pp.137-145.
- SANCHEZ CARRIÓN, J. J. 1984.** *Introducción a las técnicas de análisis multivariable aplicada a las Ciencias Sociales* (Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid).
- SEBASTIA, J.M. 1989a.** Cognitive constraints and spontaneous interpretations in physics. *International Journal of Science Education*, Vol.11, Nº4, pp.363-369.
- SEBASTIA, J.M. 1989b.** El constructivismo: un marco teórico problemático. *Enseanza 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. *Enseanza de las Ciencias*, Vol.11, Nº1, pp.45-50.
- SHAYER, M. 1979.** *Science Reasoning Tasks* (NFER-NELSON, Windsor).
- SHAYER, M. y ADEY, P. 1984.** *La ciencia de enseñar Ciencia, "Desarrollo cognoscitivo y exigencias del curriculum"* (Narcea, Madrid).
- SHULMAN, L.S. 1989.** *Paradigmas y Programas de Investigación en el estudio de la enseñanza: Una perspectiva contemporánea*. En WITTROCK, M.C. *La Investigación de la Enseñanza*. Tomo 1. Enfoques, teorías y Métodos. Paidós.
- SOLOMON, J. 1987.** Social influences on the construction of pupil's understanding of science. *Studies in Science Education*, Nº14, pp.109-118.



- STAVY, R. 1990.** Pupils' problems in understanding conservation of matter. *Internacional Journal of Science Education*, Vol.12, N°3, pp.501-512.
- 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.
- TERRY, C. y JONES, G. 1986.** Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. *European Journal Science Education*, Vol.8, N°3, pp.291-298.
- VAUTREY, M.; ALEMANNI, M. y MARTINAND, M. 1987.** Horizontalité et verticalité l'école primaire. *Bulletin de l'union des Physiciens*, N°690, pp.81-109.
- VIENNOT, L. 1979.** Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *Eur. J. Sci. Educ.*, Vol.1, N°2, pp.205-221.
- VIENNOT, L. 1979.** *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire* (Hermann).
- VILLANI, A. y ORQUIZA DE CARVALHO, L. 1993.** *Preppresentazioni mentali, esperienze qualitative e cambiamento concettuale*. IV Congreso Internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, Barcelona, pp.141-142.
- VILLANI, A. y PACCA, J. 1990.** Conceptos espontáneos sobre colisiones. *Ense anza de las Ciencias*, Vol.8, N°3, pp.238-243.
- VUYK, R. 1985.** *Panorámica y crítica de la epistemología genética de Piaget 1965-1980* (Alianza Universitaria, Madrid).
- WARREN, J.W. 1979.** *Understanding force* (John Murray, London).
- WATTS, D. y ZYLBERSZTAJN, A. 1981.** A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, Vol.16, pp.360-5.
- WATTS, D.M. 1983.** A study of schoolchildrens' alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, Vol.5, pp.217-230.
- WITKIN, H.A., OLTMAN, P.K., RASKIN, E. y KARG, S.A. 1982.** *Test de Figuras Enmascaradas* (TEA, Madrid).
- WITTRICK, M.C. 1989.** *La Investigación de la Ense anza, I. Enfoques, Teorías y Métodos* (Ed. Paidós Educador, M.E.C., Barcelona). (Trad.cast. Handbook of Research on Teaching. MacMillan Publishing Company. New York. 1986).
- YUREN, M. T. 1978.** *Leyes, teorías y modelos* (Trillas, Mexico).