

# ELEMENTOS COGNOSCITIVOS DEPENDIENTES DEL CONTENIDO

NICOLAS MARIN MARTINEZ\*

## RESUMEN

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

## ABSTRACT

Piaget's theory presents serious difficulties to assimilate the decalages which have been produced by empiric facts which deflected from the behaviour because of the operations'subject, however, the works about this Piagetian disarrangement, make clear we would have to consider it like a rule as important as the operational capacity of the subject. It's possible to make compatible these decalages accepting the presence of the mental operations in the cognoscitive structure, if we postulate the existence in this structure of new elements which are sensitive to the fisics variables of the experiences, then combining the cognoscitive characteristics of these elements with those of the mental operations, would allow to explain the dates in the more addequate way.

## PALABRAS CLAVE

Desfases piagetianos, Operaciones mentales, Cognofísicos.

## KEYWORDS

Piagetian decalages, Mental operations, Knowfísics.

## 1. INTRODUCCION

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

---

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

encasillando armoniosamente en una estructura de niveles cognoscitivos previamente caracterizados y, en segundo lugar, que las reacciones correspondientes a un determinado nivel permitan siempre una interpretación a través de la capacidad operativa que supuestamente subyace en el conjunto de sujetos pertenecientes a dicho nivel.

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

Las divergencias individuales respecto a este sistema de categorización predominantemente operativo, son admitidas por el autor como un "decalage", en unos casos utilizando como argumento explicativo *la resistencia del objeto a ser estructurado operatoriamente* (Piaget, 1977b, p. 49) y en otros casos *ninguna forma de pensamiento, se considere al nivel que se considere, es capaz de abarcar simultáneamente, en un todo coherente, la totalidad de lo real ni del universo en discurso* (Piaget, 1978, p. 15), si bien en ningún momento deja claro el porqué las operaciones mentales actúan sobre unas variables y no sobre otras, lo que, parafraseando al propio Piaget, no hace más que desplazar el problema.

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

Puede dar la impresión de que éste es un trabajo crítico que desvirtúa la teoría piagetiana, por lo que me apresuro a declarar, antes de que el lector se haga una falsa imagen, que se asumen la mayoría de los planteamientos de su obra, y valga esto como un acatamiento a la genialidad de este autor, puesta tantas veces en entredicho, en muchos casos con argumentos tendenciosos o poco fundamentados (Vuyk, 1985). Tan solo se intenta, partiendo de los fundamentos teóricos de la Epistemología Genética, realizar algunas apreciaciones y matizaciones que permitan una explicación más en consonancia con los datos que surgen de las entrevistas clínicas.

## **2. DEPENDENCIA DE LAS OPERACIONES MENTALES DEL CONTENIDO**

Existen diferentes modos de expresar operativamente los *desfases piagetianos*, si bien siempre están referidos a los datos que no se ajustan a una explicación donde se supone que las habilidades operacionales del sujeto son las que determinan su respuesta. Aunque estos desajustes se pueden apreciar de múltiples maneras, los más estudiados son aquellos en los

que los mismos sujetos presentan reacciones operatorias para un contenido y preoperatorias para otro, denominado *desfase horizontal*, y sujetos que poseen diferentes estructuras cognoscitivas, dan en determinadas tareas, respuestas semejantes, o *desfase vertical*.

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

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

Tras un análisis correlacional, se muestra que la mayoría de 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, así como en la experiencia piagetiana de la deformación de la plastilina, apreciando que el momento en que se logra la conservación depende del fenómeno puesto en juego (sobre los 12 años se comienza a conservar el peso para la evaporación de la acetona).

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

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

Un modo particular de ver e interpretar los desfases se debe a Gilliéron (citado por Vuyk) que, ante los desfases en la seriación de la longitud y del peso, indica que éstos se deben a que en las tareas presentadas al niño están implicadas distintas operaciones en la solución de la misma (en la seriación de varillas se pueden ver todas, mientras que en las del

peso hay que sopesar dos a dos). Consiguientemente, realizó un experimento donde se presentan de forma análoga las dos tareas, no encontrando desfase. Este autor sugiere que los desfases son más un problema de relación entre contenido y forma.

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

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

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

### **3. LA IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES FISICAS DE LA TAREA**

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

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

1. Se trata de un experimento donde, en una superficie circular horizontal, se componen las fuerzas de dos pesos que penden a través de poleas; una goma elástica sirve para ver el efecto de esta composición. Los elementos a contrastar están en las dos cuestiones elegidas de este mismo experimento: a) sin variar el número de pesos se pide la

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

2. El segundo grupo de experimentos se refiere a procesos de conservación de la longitud (Piaget e Inhelder, 1948), cantidad de materia, peso y volumen (Piaget e Inhelder, 1971). La parte que hemos utilizado de la primera conservación, consiste básicamente en dos caminos trazados con hilos, uno recto y el otro quebrado con punto de partida y llegada enfrentados y se pregunta por dónde se camina más. En cuanto a las conservaciones de la cantidad de materia, peso y volumen, tienen como punto de partida dos bolitas de plastilina idénticas, a una de las cuales le damos distintas formas, pidiendo al niño, para cada transformación, que explique bajo qué forma la cantidad puesta en juego es mayor, menor o igual. Encontramos nuevamente que siendo la exigencia operatoria idéntica (se aplica una transformación figurativa tal que las cantidades puestas en juego no varían) las reacciones son muy variadas. El sujeto comprende, según Piaget, la conservación de la cantidad de plastilina y de la longitud al comienzo de las operaciones concretas, sin embargo hay que esperar al final de las operaciones concretas para que se comprenda la conservación del peso, y sólo en el nivel formal se comprende la conservación del volumen. Para niveles operacionales inferiores al formal se aprecia reacciones preoperacionales en la resolución de la tarea del volumen y sujetos operacionales para la cantidad de plastilina son preoperacionales para el peso.

3. La última comparación que hemos realizado, está relacionada con experimentos dirigidos a analizar el esquema formal del control de variables, utilizando para ello el experimento de los péndulos y el de las varillas flexibles (Inhelder y Piaget, 1972), pero, a diferencia de los demás contrastes, éste se ha llevado a cabo sobre datos obtenidos por el que suscribe mediante una réplica de estos experimentos y los mismos llevados a cabo por Shayer y Adey (1984). En el experimento con péndulos se trata de determinar cómo influyen las variables longitud del hilo, peso que pende e impulso inicial, en el periodo de éste. En el caso de las varillas se trata de analizar la influencia de una serie de factores (longitud, sección, grosor, material y peso) en la flexibilidad de cada una de éstas, fijando un extremo y colocando pesos en el otro. El que suscribe ha utilizado los datos piagetianos para diseñar una prueba de opciones múltiples con una serie de 6 ítems de opciones múltiples por cada experimento (2 ítems del nivel 2A, 2 del nivel 2B y 2 del nivel formal), previamente validados tras reiteradas administraciones por el que suscribe; desempeñando la función de distractores las respuestas incorrectas que los niños dan en el curso de la entrevista clínica piagetiana. Después de aplicar los ítems sobre una muestra de 482 alumnos (95 de 5° de E.G.B, 132 de 6°, 136 de 7° y 119 de 8°) se ha obtenido la siguiente tabla de frecuencias:

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

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

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

- a) Generalmente se trata de una transformación física, tal que partiendo de un estado inicial se llega a otro final, siendo excepciones las tareas para analizar las estructuras lógico-matemáticas del sujeto donde la actividad gira en torno a clasificaciones y seriaciones.
- b) Intervienen un conjunto de variables físicas que son las que provocan o sufren las transformaciones.
- c) Se opera con los distintos factores de dos modos bien diferenciados: modificando la presentación perceptiva o figurativa de los datos empíricos o modificando estructuralmente en orden de mayor complejidad los elementos causantes de la transformación física.

Obsérvese que en los dos primeros grupos de experiencias comentadas, las variaciones de las respuestas de los sujetos son generadas por el aspecto figurativo (impresión perceptiva inicial) de los datos y las variables físicas permanecen constantes. En los dos últimos lo que cambia de una tarea a otra son las variables físicas, mientras que el

aspecto figurativo en el caso de la conservación de la cantidad de materia, peso y volumen es el mismo, no así en los péndulos y varillas donde lo figurativo también es distinto.

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

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

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

#### 4. LOS ESQUEMAS COGNOFISICOS

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

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

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

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

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

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

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

Nuestro punto de vista es postular la existencia de nuevos elementos en la estructura cognoscitiva, a los que denominaremos *cognofísicos*, que junto a otros elementos de dicha estructura, como las operaciones mentales y los instrumentos figurativos de la estructura cognoscitiva, por interconexiones adecuadas entre ellos, permitirían productos como la mayoría de las concepciones espontáneas ligadas al dominio de la Física.

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

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

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

Al comienzo de la ontogénesis de un *cognofísico*, actúa como un esquema asimilador donde su corta ejercitación le lleva a que la acomodación prevalezca sobre la asimilación, lo que hace que exista una relación estrecha entre cognofísicos e interacciones físicas sujeto-objeto y puesto que estas interacciones dependen de qué tipo de variables se ponen en juego, podríamos decir que los elementos cognoscitivos que son sensibles a las variables físicas que se ponen en juego en una tarea, son los cognofísicos.

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

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

Por otra parte, hemos indicado que normalmente el sujeto presenta concepciones<sup>2</sup> que poseen características preoperatorias; por tanto, no hay vestigio de que haya aplicado operaciones mentales, en cuyo caso la dependencia de la concepción del cognofísico es casi total, por lo que se podría establecer, bajo esta forma preoperatoria, una correspondencia entre cognofísico y concepción, con la salvedad de que mientras el primero es un constructo perteneciente al plano inobservable de la estructura cognoscitiva, la segunda es un producto de dicha estructura perteneciente al plano observable de las reacciones del sujeto, y por tanto, un mismo cognofísico podría explicar la existencia de varias concepciones.

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

- a) El *cognofísico relacionado con el movimiento* permite prever trayectorias utilizando como indicador la velocidad del móvil. Se encuentra bastante desarrollado y generalizado debido a las constantes previsiones que debe realizar el

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

- b) El *cognofísico relacionado con la inercia*, puede estar generado por el efecto que posee un impulso, por el efecto que provoca una masa cuando se le quiere retener o cuando se quiere impulsar. Permite la previsión del momento en que se parará una bola cuando es impulsada en función de su velocidad, masa, rugosidad del terreno, etc. Es debido a interacciones con objetos que, estando estáticos, son movidos o lanzados, y con menos frecuencia, desacelerados, en otras muchas ocasiones sentimos el efecto de estar en sistemas no inerciales, algunos tan cotidianos como el coche. Está muy desarrollado en conductores habilidosos que prevén los derrapes en función de diversos parámetros. No está tan desarrollado como el *cognofísico* cinético ya que las experiencias con sistemas no inerciales es menos frecuente; prueba de ello, es la sorpresa cognoscitiva (distinta de la sorpresa sensomotriz) con que es acogida la fuerza inercial que puede generar una atracción de feria.
- c) Los *cognofísicos relacionados con el campo gravitatorio* están generados por una interacción omnipresente, ya que siempre estamos inmersos en un campo gravitatorio, al desplazarnos, al coger los objetos, al cambiar de posición, etc, por lo que es lógico que genere un *cognofísico* más desarrollado que otros. Los objetos poseen una posición privilegiada para cogerlos (generalmente según el centro de masas), de manera que si los cogemos de otro modo, nos resulta más difícil o se nos cae; al apoyarse sobre un soporte, no permiten cualquier posición para mantener su funcionalidad o su equilibrio, lo que requiere destrezas por parte del sujeto que lo apoya, de forma continuada. La misma acción de andar requiere una equilibración dinámica del centro de masa corporal respecto al plano de sustentación que no es muy extenso: los pies. Es posible que con la evolución de este esquema cognoscitivo, se vayan diferenciando otros *cognofísicos* relacionados con la pesadez, con el sentido arriba-abajo y verticalidad, compensación de masas respecto a un centro, equilibrio, etc.

En estas observaciones de *cognofísicos* se pone de manifiesto una importante cualidad de éstos: confieren al sujeto que los posee una buena *capacidad de generar imágenes anticipatorias* en situaciones donde se involucran transformaciones físicas. Esta característica habría que verla como un intento de ampliar el supuesto piagetiano de que las imágenes anticipatorias y las previsiones se realizan gracias a las operaciones mentales (por ejemplo, Piaget, 1980, p.46; Piaget e Inhelder, 1984, p. 84; Piaget, 1984, p. 35). Así pues, se postula que al igual que las operaciones mentales, los *cognofísicos* poseen capacidad transformadora, permitiendo crear imágenes anticipatorias y otros tipo de previsiones. Trabajos donde se aprecian anticipaciones en el nivel preoperacional confirman de algún modo este postulado (Vuyk, 1985, p. 415-416).

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

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

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

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

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

Los datos percibidos de la tarea actúan como activadores de esquemas. Tomando como punto de partida el indicio perceptivo, el sujeto, utilizando sus cognofísicos, sus

operaciones mentales y elementos de tipo estático como puede ser la imagen mental, configura un modelo mecánico, una previsión, una relación causal... que le permitirá realizar una acción específica, una explicación, una anticipación...

## 5. EXPLICACION DE LOS DESFASES

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

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

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

Una variable física perteneciente al grupo de éstas que están asociadas a un *cognofísico*, no puede ser estructurada operatoriamente hasta que el *cognofísico* pueda ser asimilado por un *estrato cognoscitivo* adecuado. Aunque el sujeto sea ya operacional para un determinado dominio físico, seguiría siendo preoperacional para esa variable.

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

Se hace necesario finalizar señalando que, tanto los *cognofísicos* como los mecanismos cognoscitivos propuestos alrededor de éstos, nacen para dar solución al problema de los desfases y se refieren a la adquisición y evolución del *pensamiento*

*espontáneo o natural, referente al dominio de los fenómenos físicos*, lo cual supone una restricción, en tanto que la realidad es más amplia que la que puedan sugerir dichos fenómenos. Esto quiere decir que está por analizar la extrapolación de este mecanismo a otros dominios y queda por tratar las adquisiciones cognoscitivas debidas a procesos de enseñanza-aprendizaje, aspecto último que se abordará en un futuro pero que obviamente es obligado en una primera aproximación, conocer y precisar los aspectos relacionados con la formación del pensamiento natural.

Con la propuesta de este nuevo esquema cognoscitivo, se pretende comprender las reacciones del sujeto a un determinado tipo de tareas, por lo que no habría que verlo como un esquema que interviene en todas las capacidades cognoscitivas del sujeto. Su extensión en la capacidad asimiladora de la estructura cognoscitiva es algo que habría que precisar con determinados estudios empíricos.

### NOTAS

1 Esta división de la evolución cognoscitiva es la última que utiliza Piaget, en sus trabajos sobre causalidad a principios de los 70, anteriormente utilizó otras, si bien en todas subyace el mismo criterio operativo y las variaciones de unas a otras es muy leve.

2 Estas concepciones, no se refieren a aquellas localizadas y descritas dentro de un planteamiento estructural y metodológico fundamentado específicamente en el propio contenido científico cuyas concepciones en el sujeto se quieren investigar. Unas concepciones así delimitadas, reflejan de forma sesgada, parcial y sincrética las ideas del sujeto, ya que las características cognoscitivas de éstas presentan diferencias, más o menos acusadas según el estadio ontogenético al que nos estemos refiriendo, de aquellas ideas generadas en un contexto científico, de forma que estamos detectando más el desconocimiento del sujeto sobre un tema que las ideas que son propias de él.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BAR, V. (1989): "Introducing mechanics at the elementary school". *Physics Education*, Vol. 24, Nº 6, pp. 348-352.
- BROWN, D. (1989): "Student's concept of force: the importance of understanding Newton's third law". *Physics Education*, Vol. 24, pp. 353-358.
- CLEMENT, J. (1982): "Students' preconceptions in introductory mechanics". *American Journal of Physics*, Vol. 50, Nº 1, 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, Nº 4, pp.473-496.
- CRISCUOLO, G. F. (1987): "¿Pueden interpretarse las preconcepciones a la luz de las teorías del aprendizaje?". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 5, Nº 3, pp. 231-234.
- DRIVER, R. (1986): "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4, Nº 1, pp. 3-15.
- DRIVER, R. (1988): "Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum en Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2, Nº 6, pp. 109-120.
- 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.
- GILBERT, J.K. y SWIFT, D.J. (1985): "Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs", *Science Education*, vol. 69, nº 5, pp. 681-696
- GIORDAN, A. y DE VECHI, G. (1987): *Les origenes du savoir*. Dalachaux, París. (Trad.cast. Los orígenes del saber. Diada. Sevilla. 1988).
- GUNSTONE, R. y WATTS, M. (1989): *Fuerza y movimiento*, pp.137-167. En R. Driver y otros. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Morata/M.E.C., Madrid.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1989): *La ciencia de los alumnos*. Laia/M.E.C, Barcelona.
- INHELDER, B. y PIAGET, J. (1972): *De la lógica del niño a la lógica adolescente*. Paidós, Buenos Aires. (Ver.org. De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent. P.U.F. París. 1955).

- MARIN, N. (1985): *Taxonomía evaluativa basada en la teoría de Piaget*. VI Encuentros de Didáctica de la Física y Química, Málaga.
- MARIN, N. (1992): "La devaluación de las nociones previas en la teoría piagetiana". *Investigación en la Escuela*, Nº 16, pp. 23-35.
- NAIAZ, M. (1991): "Correlates of formal operational reasoning: a neo-piagetian analysis". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 28, Nº 1, pp.19-40.
- NOVAK, J.D. (1982): *Teoría y práctica de la educación*. Alianza Universitaria, Madrid.
- PASCUAL-LEONE, J. (1979): *La teoría de los operadores constructivos*, pp. 208-228. En Juan Delval. *Lecturas de psicología del niño*. Alianza Universitaria, Madrid.
- PERALES, F.J. (1992): "Desarrollo cognitivo y modelo constructivista en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias". *Rvta. Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, Nº 13, pp. 173-189.
- PIAGET, J. (1972): *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*. P.U.F., Paris.
- PIAGET, J. (1975): *La composición de la fuerzas y el problema de los vectores*. Morata, Madrid. (Ver.orig. La composition des forces et le problème des vecteurs. P.U.F., 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): *Lógica y psicología*. Solpin, Argentina. (Ver.orig. Logic and psychology. Manchester University Press, New York, 1953).
- PIAGET, J. (1977b): *Epistemología genética*. Solpin, Argentina. (Ver.orig. L'epistemologie génétique. Presses Universitaires de France, París, 1970).
- PIAGET, J. (1977c): *La explicación en las Ciencias*. Martínez Roca, Barcelona.
- PIAGET, J. (1978): *La equilibración de las estructuras cognitivas, "Problema central del desarrollo"*. Siglo XXI, Madrid.
- PIAGET, J. (1980): *Psicología y pedagogía*. Ariel, Barcelona. (Ver.orig. Psychologie et pédagogie. Gonthier. París. 1969).
- PIAGET, J y GARCIA, R. (1973): *Las explicaciones causales*. Barral, Barcelona.
- PIAGET, J. y INHELDER, B. (1948): *La representación de l'espace chez l'enfant*. P.U.F., Paris.
- PIAGET, J. y 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 y INHELDER, B. (1976): *Génesis de las estructuras lógicas elementales, "Clasificaciones y seriaciones"*. Guadalupe, Buenos Aires (Argentina). (Ver.orig. La genèse des structures logiques élémentaires. Delachaux & Niestlé, París, 1959).
- 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*, Nº 38, pp. 35-52.
- POZO, J.I., PEREZ, M., SANZ, A. y LIMON, M. (1992): "Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas". *Infancia y Aprendizaje*, Nº 57, pp. 3-22.
- POZO, J.I., SANZ, A., GOMEZ, M.A. y LIMON, M. (1991): "Las ideas de los alumnos sobre ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9, Nº 1, pp. 83-94.
- STAVY, R. (1990): "Pupils' problems in understanding conservation of matter". *Internacional Journal of Science Education*, Vol. 12, Nº 3, pp. 501-512.
- VUYK, R. (1985): *Panorámica y crítica de la epistemología genética de Piaget 1965-1980*. Alianza Universitaria, Madrid.
- 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.