

MODOS DE DESCRIBIR EL CONOCIMIENTO DEL ALUMNO

Nicolás Marín Martínez
Universidad de Almería
Alicia Benarroch Benarroch
Universidad de Granada

1. INTRODUCCIÓN

Un problema poco tratado en lo que se refiere a la "prolífica" línea de investigación de las concepciones del alumnado está referido al modo más eficaz de describir su conocimiento. El principal objetivo por el que se realiza este tipo de investigaciones es lograr una enseñanza de las Ciencias más acorde con las posibilidades del alumno para adquirir nuevos conocimientos, por lo tanto sería bueno no perder de vista este referente a la hora de ser exigentes delimitando dicho conocimiento.

Es obvio que una descripción del conocimiento del alumno que tenga mayor calidad y cantidad que cualquier otra, dará al docente, en principio, mayores posibilidades didácticas y, previsiblemente también se induce a, mayores rendimientos en el aprendizaje.

Pero ¿se pueden establecer criterios para poder decidir que una descripción del conocimiento del alumno es mejor que otra en calidad y cantidad? Quizá sean fáciles las comparaciones de cantidad, siempre que los trabajos enfrentados presenten ciertos paralelismos metodológicos y de contenido. El problema se establece principalmente al querer comparar el nivel de calidad de las aportaciones de cada trabajo.

Del conocimiento, como actividad inobservable del sujeto, sólo se "perciben" sus manifestaciones, y en la medida que éstas proyecten bien dicha cognición y sean interpretadas adecuadamente evitando sesgos y distorsiones, la "reconstrucción" que se hace del conocimiento del alumno será tanto más acertada.

Este trabajo pretende establecer diversos criterios que eviten, en la medida de lo posible, sesgos y distorsiones al delimitar el conocimiento del alumno; los mismos que se podrían usar para realizar comparaciones de calidad y cantidad entre dos trabajos.

2. MODOS DE DESCRIBIR EL CONOCIMIENTO DEL ALUMNO

La comparación de experiencias piagetianas (para resúmenes piagetianos ver Marín, 1998 o versiones originales, por ejemplo en Piaget e Inhelder, 1971; Inhelder y Piaget, 1972; Piaget, 1975; Piaget y Szeminska, 1982) con la tendencia que caracteriza a cierto tipo de trabajos del constructivismo social (Marín, Jiménez Gómez y Solano, 1996), nos lleva a plantear algunas cuestiones y reflexiones sobre los modos de describir el conocimiento del alumno:

- *Sobre el modo de formular las preguntas y de plantear las situaciones físicas al entrevistado.* A diferencia del *movimiento de las concepciones alternativas* (MCA), en las preguntas hechas en la mayoría de los experimentos piagetianos no se encuentran términos académicos como fuerza, acción y reacción, cantidad de movimiento, etc; el acercamiento al conocimiento del alumno se hace a través de entrevistas individuales donde el sujeto tiene que hacer previsiones, explicaciones, comprobaciones, etc., ante las variaciones que va haciendo el investigador de los distintos factores que intervienen en la situación física a lo largo de la entrevista.

Al solicitar respuestas del entrevistado ante la situación problemática usando un lenguaje sencillo, se está dando oportunidad a su conocimiento a expresar lo mucho o poco que sabe del tema. Así es como se llega con las experiencias de conservación (Piaget e Inhelder, 1971) a manifestaciones cognoscitivas que han mostrado ser muy significativas.

Preguntas diseñadas a través de contenidos académicos para los que el alumnado tiene conocimientos pocos adecuados o ninguno, por ejemplo, sobre "*conservación de la energía*", es muy probable que se obtengan respuestas que reflejen su desconocimiento del tema. Dadas las diferencias entre el conocimiento académico y el del alumnado, las preguntas extraídas o sugeridas directamente del primero dan pocas oportunidades al segundo (Marín, 1998), cuyas respuestas serán una expresión encorsetada, sesgada o tergiversada de su conocimiento y, en bastantes ocasiones, de su desconocimiento.

Ante estos planteamientos cabría poner en tela de juicio cuestiones aceptadas, quizá acriticamente, sobre la información que se extrae del alumnado sobre el contenido que se le va a enseñar, pues ¿qué información significativa se obtiene de un alumno cuando se le pregunta por la fotosíntesis, ión, carga eléctrica

ca, campo, etc y de estos temas 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? ¿cuál es el modo adecuado de hacer las preguntas?.

- *Sobre el modo de tratar las respuestas del alumnado.* Se observa en los ejemplos del MCA que, debido al tipo de preguntas realizadas, siempre existe un generoso porcentaje de alumnos para los que la única información que se obtiene de su conocimiento sobre cada una de ellas, es que su respuesta es incorrecta ¿es esa una buena descripción de su conocimiento sobre el tema?. Parece lícito afirmar: muy bien, de acuerdo pero ¿cuál es el conocimiento del alumno sobre el tema?, qué le va a interesar más al docente de Ciencias ¿información sobre su conocimiento del contenido que se le va a enseñar o sobre su desconocimiento?.

Obsérvese ahora el ejemplo piagetiano. Las técnicas de indagación que han dado oportunidad de expresión, incluso a los sujetos de desarrollo cognoscitivo más bajo, han permitido ordenar las respuestas por niveles evolutivos. En cada nivel se describe las peculiaridades y capacidades de los sujetos integrantes ante la tarea (descripción del conocimiento en positivo) así como las partes de ésta para las que los sujetos del nivel superior dan respuestas más satisfactorias.

Si se está de acuerdo con que la mejor información para el docente de un curso de deportes es conocer los porcentajes de alumnos que superan los diversos saltos de alturas y no tanto el saber el porcentaje de los que superan el valor más alto" ¿por qué no se intenta hacer lo mismo cuando se trata del conocimiento del alumno?

- *Sobre los modos de describir el conocimiento.* En las experiencias piagetianas, se encuentran expresiones como "*centramiento en la propia acción*", "*predominio de lo perceptivo sobre lo operatorio*", "*la acción se vuelve reversible*" o "*lo virtual puede ser tan posible como lo real*" que no se encuentran en los trabajos del MCA ¿a qué es debido esto?.

En realidad, el investigador que intenta delimitar el conocimiento del alumnado no está tocado por la vara mágica de la objetividad; su formación científica y didáctica, lo que cree estar buscando, los apoyos teóricos que usa para objetivar el proceso de búsqueda, etc, son factores que determinan sus hallazgos, así como su actitud de respeto al hacer interaccionar su sistema cognoscitivo con el del alumno. En la revisión realizada por nosotros se han percibido cuatro niveles posibles de descripción del conocimiento del alumno:

- a) La descripción se realiza a partir de cada uno de los problemas planteados a los alumnos. Los autores no realizan categorías de respuestas considerando conjuntamente las distintas situaciones (véase por ejemplo Terry y

Jones, 1986; Galili, 1993). La fiabilidad de los resultados puede ser puesta en duda cuando un cambio, incluso leve, de las situaciones presentadas lleva a resultados bien distintos.

- b) La descripción proviene de la búsqueda de regularidades o respuestas reiteradas ante la diversidad de situaciones planteadas sobre un mismo contenido académico, por lo que resulta tener cierta independencia de éstas. Los resultados pertenecen a un plano de generalidad superior al plano de los hechos implicados en el cuestionario. Algunos autores, realizan predicciones sobre las posibles respuestas de los alumnos a situaciones no presentadas en el cuestionario. Sin embargo, al igual que los trabajos de la primera categoría, la abstracción de los datos se hace desde la lógica del contenido que es objeto de búsqueda (véase por ejemplo Watts, 1983; Kuiper y Mondlane, 1994).
- c) En este nivel, la descripción realizada en el anterior, mediante categorías basadas en respuestas a varias situaciones problemáticas, se ve enriquecida al establecer relaciones entre dichas agrupaciones y otros factores, aspectos o variables que han mostrado ser relevantes para determinar las capacidades cognoscitivas del sujeto, como es el caso del nivel cognoscitivo, las operaciones mentales, transformación cognoscitiva, esquema formal, descentramiento, el estilo cognitivo, dependencia del campo perceptivo, la memoria a corto y largo plazo, esquemas de conocimiento, estrategias cognitivas, etc. Desgraciadamente, no son frecuentes los trabajos donde se relacionan aspectos específicos y generales de la cognición del sujeto y, los que lo hacen de este modo, no parecen usar en toda su extensión el contexto teórico que dio lugar a dichos constructos; en su lugar las relaciones las establece técnicas de estadística descriptiva o multivariable (véase por ejemplo, Selman y otros, 1982).
- d) La descripción enfatiza los aspectos generales, estructurales, funcionales y procesuales de la cognición del sujeto. La búsqueda de datos sobre el conocimiento está soportada por un contexto teórico que supera la pura descripción inductiva característica de los dos primeros tipos descriptivos (a y b) para llegar al dominio de la interpretación a través de modelos de la actividad inobservable del conocimiento, tal y como muestran las siguientes frases "*se percibe dependencia del esfuerzo subjetivo a realizar*", "*existe centramiento sobre la propia acción*", "*la acción se hace independiente de su relación con los objetos y se vuelve reversible*", "*las operaciones actúan sobre lo posible ligándolo con lo necesario sin mediación de lo concreto*" (Piaget, 1975).

Mientras los dos primeros modos de describir el conocimiento (a y b) son más usuales en los trabajos del (MCA), los dos últimos (c y d) son característicos

de los trabajos piagetianos. El MCA describe el conocimiento del alumnado enfatizando el conocimiento específico del alumno sobre el contenido de enseñanza, haciendo caso omiso a aspectos generales de la cognición; en la teoría de Piaget ocurre lo contrario, los aspectos específicos parecen no intervenir en las capacidades cognitivas del alumnado.

Trabajos de investigación realizados por nosotros (Marín, 1994; Benarroch, 1998), se han desarrollado tomando una postura intermedia entre los extremos anteriores (sin duda exagerados para hacer más didáctica la exposición), donde tanto los esquemas operatorios como los específicos juegan un papel importante para interpretar los datos extraídos sobre la cognición del sujeto y, con antelación, para un diseño coherente del cuestionario.

3. ¿QUÉ DESCRIPCIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL ALUMNO INTERESA MÁS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS?

Las argumentaciones anteriores sugieren direcciones para realizar una descripción del conocimiento del alumno, como las que siguen:

3.1 *Describir el conocimiento del alumno con cierta independencia del contenido objeto de enseñanza.* El conocimiento académico difiere del que posee el alumnado (Marín, 1997): a) el alumno posee ideas peculiares que no presentan correspondencia con las académicas, b) existen muchos contenidos académicos sobre los que el alumno no tiene conocimiento, c) lo que es objeto de ser tratado como problema es diferente, d) el modo de procesar los datos empíricos, tanto para asimilarlos como para operar con ellos se aparta de los procedimientos hipotéticos deductivos más característicos del conocimiento académico. Estas diferencias levantan serias dudas para considerar los contenidos académicos como referentes válidos para realizar las indagaciones, descripciones e interpretaciones del conocimiento del alumno (Marín, Solano y Jiménez Gómez, 1996).

Por tanto, para describir el conocimiento del alumno con cierta independencia del contenido objeto de enseñanza habría que evitar dar prioridad al conocimiento académico sobre el del alumno, y un modo de descentralizar las indagaciones del contenido objeto de enseñanza es utilizando en los cuestionarios situaciones problemáticas donde se pone en juego dicho contenido. Las cuestiones que se planteen al alumno deberían solicitar explicaciones, previsiones, soluciones, dar significado y relacionar datos etc., sobre las fenomenologías puestas en juego, es decir, son cuestiones que ponen en juego el significado del contenido académico, sin embargo las que giran más sobre los significantes, por ejemplo, solicitar una definición, habría que ser cautelosos con la información que se está tomando por las razones dadas.

De este modo el alumno expresará su conocimiento más libremente que a través de preguntas encorsetadas que le podrían avocar a respuestas de compromiso. Habría que pasar de preguntas tipo "*¿cual es la fuerza de reacción del peso B?*" a "*cuando el peso A tira y desciende ¿tira también el B?*" (Piaget, 1975).

Por otro lado, la descripción del conocimiento del alumno basada en las respuestas a un solo problema, aunque sea rica en detalles, da resultados menos generalizables que si se utiliza un conjunto de situaciones. En este último caso, se obtiene una "imagen" más completa del conocimiento del alumno.

3.2 *Describir usando connotaciones positivas.* Habría que categorizar, siempre que sea posible, las respuestas del alumno por características formuladas en afirmativo y evita hacerlo en términos de lo que el alumno desconoce del contenido académico, ya que de éste último modo perdemos bastante información sobre lo que el alumno sí conoce. Es decir, habría que definir al sujeto por lo positivo, no por sus deficiencias y limitaciones cognitivas.

Cuando se toma el contenido de enseñanza como criterio de búsqueda e interpretación del conocimiento del alumno, estamos usando un listón normalmente alto para medirlo, por lo que las respuestas frecuentemente reflejan el desconocimiento que el alumno tiene de dicho contenido. En esto se estará de acuerdo que más que el conocimiento, se está apreciando el desconocimiento del alumno.

3.3 *Utilizar un contexto teórico que haya estudiado la cognición del alumno para hacer las indagaciones e interpretaciones.* Si damos prioridad al conocimiento científico al elegir criterios de búsqueda se va a incrementar los sesgos y tergiversaciones en las respuestas de los alumnos fruto de sus interacciones con las preguntas. Necesario encontrar otros procedimientos que sin dejar de considerar el contenido de enseñanza, permitan un acercamiento a la indagación e interpretación de la cognición del alumno, de modo que las direcciones de búsqueda y de interpretación sean las más apropiadas al tipo de datos que se manejan.

Por esto, un medio importante para poder describir el conocimiento del alumno de forma adecuada es desarrollando la investigación en un entramado teórico que haya estudiado con extensión y profundidad el conocimiento del alumno, de este modo la búsqueda se hará en una dirección más adecuada que si se utiliza para ello el contenido de enseñanza y la interpretación de los datos de la cognición del alumno será más apropiada dado que dicho contexto teórico se ha conformado también tomando como base los datos sobre la cognición del alumno.

3.4 *Ligar la descripción con entidades cognoscitivas que han mostrado ser relevantes para entender la cognición del sujeto:* Existen muchos constructos que desde la Psicología cognoscitiva han mostrado ser significativos, incluso en trabajos con paradigmas diferentes como son conservación, transformación cognoscitiva, esquema formal, descentramiento, dependencia del campo perceptivo, esquemas de conocimiento, memoria a corto plazo, etc. Estas entidades cognoscitivas podrían jugar un papel explicativo de las manifestaciones específicas, lo que permitiría superar el plano eminentemente descriptivo de la mayoría de los trabajos. Este apartado está ligado con el anterior, ya que debería ser el contexto teórico el que aportaría dichos constructos.

3.5 *Dar un orden a los tipos de respuestas de dan los alumnos según criterios ontogenéticos.* Las diferencias entre la lógica del sujeto y la científica no aconseja tomar criterios desde esta última posición. Se trata de hacer una descripción evolutiva de modo que se pueda recoger todo el abanico de explicaciones posibles a las fenomenologías presentadas en el cuestionario, desde las más elementales y peculiares del sujeto hasta aquellas otras que se aproximan o se asemejan a la explicación dada desde el contenido objeto de enseñanza. Esto obliga a tomar las siguientes medidas metodológicas:

- usar muestras de amplio rango de edades, por ejemplo de 5 a 24 años,
- para cada fenomenología puesta en juego habría que asociar una serie de cuestiones que vayan desde las más elementales hasta otras ya diseñadas desde el propio contenido objeto de enseñanza y sus extensiones a la resolución de problemas (variación de la complejidad),
- para cada fenomenología puesta en juego habría que utilizar estrategias de variación (Marín, 1997) de los distintos factores que intervienen en ésta a fin de ponderar la estabilidad de las respuestas ante cambios irrelevantes y la evolución de éstas ante cambios significativos. Por añadidura esta medida permite discriminar entre respuestas dadas por un esquema de conocimiento de aquellas otras dadas "in situ", al azar o de compromiso.

3.6 *Hacer descripciones principalmente con datos del conocimiento del alumno, que han mostrado ser los más fiables y válidos.* La ponderación del grado de fiabilidad y validez de los datos obtenidos se hace más viable, en un tema tan complejo como es el conocimiento del sujeto, cuando se complementan las medidas cualitativas de discriminación de datos que permiten las estrategias de variación (comentadas en el apartado anterior), con tratamientos estadísticos cuantitativos o cuasi-cuantitativos (proyección de categorías en el análisis de correspondencias, análisis de reducción de datos y cluster) de variables que son generalmente categoriales y ordinales (ver Marín, 1994; Benarroch, 1998).

4. UN EJEMPLO PARA EL TEMA DE LA NATURALEZA CORPUSCULAR DE LA MATERIA.

A continuación, se va a realizar la descripción del conocimiento del alumno en relación con el tópico académico de la naturaleza corpuscular de la materia (NCM). Es producto de una investigación reciente (Benarroch, 1998) que tiene en cuenta los aspectos teóricos y metodológicos implicados en los apartados anteriores; esto es, se fundamenta en un contexto cognoscitivo (teoría de la causalidad piagetiana, implementada por constructos neopiagetianos) y se materializa en entrevistas individuales (diseñadas mediante estrategias de variabilidad) a 43 sujetos de distintas edades y capacidades cognoscitivas. Las respuestas de los sujetos a cada ítem (o grupo de ítems con propósito común) fueron agrupadas y jerarquizadas dando lugar a las llamadas categorías empíricas. Un análisis cualitativo y semi-cuantitativo de las categorías empíricas puso de manifiesto un contenido evolutivo común a un elevado número de ellas (las más significativas), lo que permitió conocer la evolución de los esquemas explicativos del alumno sobre la NCM (ver Benarroch, Marín y Perales, en este mismo volumen), los cuales, de forma resumida, son los siguientes:

Nivel I: Se caracteriza por esquemas explicativos exclusivamente continuos y basadas en los hechos (nivel descriptivo).

Nivel II: Se conforma por esquemas que siguen siendo continuos pero que se ven enriquecidos por elementos percibidos (burbujas, huecos, pompitas, etc.) para dar explicación a los datos empíricos.

Nivel III: Primeros esquemas corpusculares discontinuos (admisión de huecos entre partículas) pero sin concebir vacío necesario.

Nivel IV: Explicaciones microscópicas conformadas por partículas y vacío necesario entre las mismas.

Nivel V: Explicaciones microscópicas conformadas por un modelo causal con los subesquemas de partículas y vacío coordinado con el de movimiento y/o interacción.

Esta evolución puede ser interpretada en términos de esquemas cognoscitivos del sujeto tanto referidos a aspectos específicos de la temática estudiada como generales (esquemas operatorios):

1. La conservación de la sustancia y, en general, los esquemas lógicos de adición partitiva a objetos macroscópicos y esquemas infralógicos de desplaza-

miento sobre objetos macroscópicos, permiten al sujeto ir realizando un primer enriquecimiento progresivo de esquemas específicos ligados al ámbito macroscópico. Los primeros esquemas específicos relacionados con la materia ("los gases no existen", "el aire es nada salvo que esté en movimiento", "el agua es continua y móvil", "el color es insustancial", etc.) son progresivamente coordinados y diferenciados dando lugar a nuevos esquemas ("los sólidos pueden estar formados por granos permanentes, aunque no se vean a simple vista"; "los gases lo llenan todo, aunque a veces no se vean ni se sientan", etc.).

En el ámbito de la naturaleza corpuscular de la materia, el substrato lógico permite un enriquecimiento de esquemas específicos que va desde EE1 hasta EE2:

Esquemas Específicos 1:

Ante la ausencia de esquemas específicos directamente relacionados con la naturaleza corpuscular de la materia, se usan los derivados de la concepción macroscópica de la misma. Por tanto, la materia es continua, tal cual es percibida macroscópicamente.

Esquemas Específicos 2:

La materia puede tener partículas o huecos, según se derive de la necesidad de explicar el sistema en transformación.

Por tanto, en el ámbito microscópico las concepciones no se desligan de las percepciones, primero macroscópicas y más tarde de los pequeños indicios inducidos por el sistema en transformación. Sin embargo, las explicaciones asociadas al distinto grado de desarrollo de estos esquemas específicos, experimentan un claro enriquecimiento: pasan de ser descriptivas ("el agua no se puede apretar, el aire sí", "el color se esparce más cuando hay más calor", etc.) a ser explicativas ("el agua no tiene huecos, el aire sí", "las partículas de colorante van más deprisa con el calor") introduciendo elementos (partículas o huecos) aún descoordinados entre sí y muy ligados a las características perceptivas del sistema en transformación.

2. La transición al nivel operatorio formal, y, por tanto, los nuevos esquemas lógicos de adición partitiva a objetos microscópicos y esquemas infralógicos de desplazamiento sobre objetos microscópicos, permiten al sujeto la diferenciación entre el volumen total y el volumen corpuscular total, lo que le lleva a ver necesaria la existencia de huecos entre partículas. A partir de aquí, se produce un segundo nivel de enriquecimientos progresivos de esquemas específicos, que van desde los EE3 hasta los EE4:

Esquemas Específicos 3:

La materia, independientemente de su estado físico, debe estar formada por partículas y huecos entre las mismas. Sólo hay movimiento cuando éste es perceptible.

Esquemas Específicos 4:

La materia debe estar formada por partículas y nada más, pues si hubiera algo esto también debería estar formado por partículas y entonces el modelo sería recurrente. Dichas partículas no existen a nivel microscópico. No obstante, aún no están integrados los subesquemas de movimiento e interacción, lo que requiere de un tiempo para incorporarse y formar un único modelo necesario.

Las partículas, en esta etapa, se diferencian de las de la anterior en que no son concebidas como visibles ni siquiera microscópicamente. Paulatinamente, a partir de la concepción de discontinuidad (partículas y huecos) se van incorporando nuevos esquemas, tales como los que implican la diferenciación entre materia y no materia, o los derivados de la existencia de la materia en distintos estados. Finalmente, se alcanza la noción de vacío necesario. Sin embargo, este modelo se torna inestable en una última fase ante la incapacidad de explicar todas las situaciones, lo que parece verse muy condicionado a la posibilidad de coordinación de los subesquemas de vacío e interacción.

5. A MODO DE CONCLUSIÓN: VENTAJAS DIDÁCTICAS DE ESTE MODO DE DESCRIBIR EL CONOCIMIENTO DEL ALUMNO

Describir el conocimiento del alumno mediante agrupaciones jerarquizadas de las respuestas y ligar éstas a esquemas específico y generales de su cognición supone un esfuerzo adicional respecto a otros modos de descripción pero también puede aportar indudables ventajas entre las que cabría destacar las siguientes:

5.1 La descripción del conocimiento por niveles "obliga" a expresar éste en positivo, es decir, cada nivel vendrá definido por limitaciones respecto al siguiente y por las capacidades que lo distingue del anterior; esto nos aporta información adicional respecto a descripciones donde una categoría importante son las respuestas incorrectas (definición del conocimiento por connotaciones negativas). Estamos ante el caso del profesor de educación física y el salto de altura. Ahora será posible diseños de enseñanza en función de lo que el alumno sabe, más adecuados y precisos que si se hacen respecto a sus desconocimientos.

5.2. Al estructurar las respuestas del alumnado en niveles explicativos, cada uno de los cuales asociados en promedio a un intervalo de edad, se está resumiendo y preparando la gran diversidad de datos tomados para ser aplicada del modo más eficaz posible para ser usados por el docente de Ciencias:

- Al conocer los porcentajes de alumnos que se encuentran en cada nivel, puede hacer diseños de intervención más ajustados.
- La secuenciación de los contenidos y subcontenidos que son objeto de enseñanza es inmediata si se hace correr paralela a las sugerencias que aportan los niveles.
- Conociendo sus esquemas se podrían buscar los modos de enseñanza más adecuados para activarlos, al fin y al cabo el aprendizaje es la asimilación de los contenidos nuevos por parte de los esquemas de conocimiento del alumno. Actualmente está consensuada la idea de que es imposible asimilar nada nuevo si no existe un esquema para ello (Pozo y otros, 1991), también sería difícil la asimilación si el docente no conoce el esquema.

Ahora bien, la descripción por niveles proviene más del contexto teórico usado en la investigación expuesta que de las intuiciones del investigador si éstas se fundamentan en la lógica y estructura del contenido académico. En efecto, el contexto teórico aporta constructos propios de la cognición del sujeto tales como capacidad de transformación cognitiva, dependencia de lo figurativo, estabilidad de esquemas, etc., que permite direcciones de orden para los datos que van más allá de la dirección correcto-incorreto característica cuando se usa como referente el contenido académico. Las diferencias entre el conocimiento científico y el del alumnado debería alertarnos para no hacer lecturas directas de éste a partir del primero.

5.3. Llegar a perfilar los esquemas de conocimiento que se encuentran detrás de los niveles de respuestas exige una metodología tal que la combinación de estrategias de variación en el diseño del cuestionario (situacional, figurativa, estructural, de edad, etc.) con análisis multivariantes estadísticos propios de la fase cuantitativa (Marín, 1994; Benarroch, 1998), permite discriminar las respuestas del alumno que provienen de sus esquemas de aquellas otras que son de compromiso, dadas al azar o inventadas.

Tanto los diseños de la parte cualitativa de la investigación (diseño del cuestionario y categorización de respuestas), de la parte cuantitativa (módulos estadísticos para el tratamiento de variables categoriales ordinales) como el estudio donde se relaciona una parte con otra, se desarrollan bajo un contexto teórico adecuado a la fenomenología que se estudia: expresiones del conocimiento del alumnado.

Con una información bastante fiable, cuya adquisición se ha llevado a cabo evitando sesgos y tergiversaciones en la medida de lo posible, se pueden hacer diseños de intervención didáctica más acomodados a las peculiaridades cognoscitivas del alumnado que si éstos se hacen sobre datos del alumno menos fiables.

5.4 Finalmente, al describir el conocimiento por esquemas específicos y generales se está realizando una gran labor de síntesis ya que unas de las conclusiones más relevantes de nuestras investigaciones es que pocos esquemas permiten explicar una gran diversidad de respuestas (Marín, 1994; Benarroch, 1998). El investigador le está pasando al docente de Ciencias una información sintetizada, fiable y preparada para su aplicación eficaz y directa en el aula.

REFERENCIAS

- BENARROCH, A. 1998. Las explicaciones de los estudiantes sobre las manifestaciones corpusculares de la materia. Tesis doctoral inédita. Universidad de Granada.
- Galili, I. 1993. Weight and gravity: teachers' ambiguity and students' confusion about the concepts. *International Journal of Science Education*, Vol.15, Nº2, pp. 149-162.
- 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).
- KUIPER, J. y MONDLANE, E. 1994. Student ideas of science concepts: alternative frameworks?. *International Journal of Science Education*, Vol.16, Nº3, pp. 279-292.
- MARÍN, N. 1994. *Evolución de los esquemas explicativo en situaciones de equilibrio mecánico*. (tesis inédita), Facultad de Educación (Universidad de Granada).
- MARÍN, N. 1998. *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería, Almería).
- MARÍN, N., JIMÉNEZ GÓMEZ, E. y SOLANO, I. 1996. *Características metodológicas en la búsqueda de concepciones en Mecánica*. XVII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, La Rabida (Huelva).
- 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 y SZEMINSKA, A. 1982. *Génesis del número en el niño* (Guadalupe, Buenos Aires).
- 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).

- POZO, J.I., GÓMEZ CRESPO, M.A., LIMÓN, M. y SERRANO SANZ, A. 1991. *Procesos cognitivos en la comprensión de las ciencias: las ideas de los adolescentes sobre la Química* (CIDE (MEC), Madrid).
- SELMAN, R.L., KRUPA, M.P., STONE, C.R. Y JAQUETTE, D.S., 1982. Concrete operational thought and the emergence of the concept of useen force in children's theories of electromagnetism and gravity, *Science Education*, Vol. 66 (2), pp. 181-194.
- TERRY, C. y JONES, G. 1986. Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change.. *European Journal of Science Education.*, Vol.8, N°3, pp. 291-298.
- WATTS, D.M. 1983. A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, Vol.5, N°2, pp. 217-230.