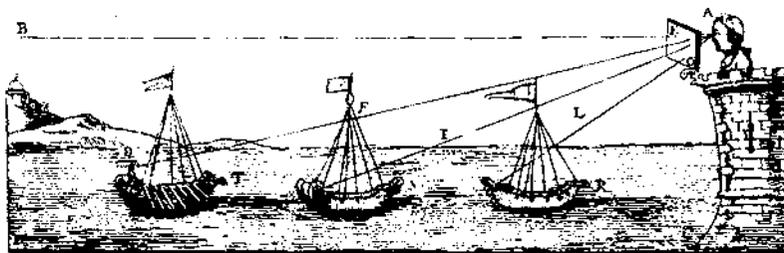


INVESTIGACION



Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

REPRESENTACIONES DE LOS ALUMNOS EN BIOLOGIA: ESTADO DE LA CUESTION Y PROBLEMAS PARA SU INVESTIGACION EN EL AULA

SERRANO, T.

Departamento Didáctica de las Ciencias. IEPS. Madrid

SUMMARY

Within the current perspective of the students' alternative frameworks research, the number of physic concepts investigated is far superior and better known than the biological ones; thus, a general aim of this paper is to outline some of the work done in the latter area.

There are two sections in this paper. The first presents a main selection of the research done into biological topics with a more detailed analysis of the studies related to students' conceptions of heredity. A central feature of this analysis is to point out the underlining learning theories held by researchers and their selection of research designs and techniques accordingly. The significance of these studies for teachers are sketched.

The second section outlines: first, some difficulties regarding the process and interpretation of the research results, and second, the scarcity of class intervention studies.

INTRODUCCION

Una de las tendencias actuales de investigación sobre el aprendizaje en ciencias parte de que los alumnos, antes de la instrucción formal en determinados conceptos científicos, han desarrollado sus propias teorías ex-

plicativas de los fenómenos naturales. Uno de los supuestos básicos de este tipo de investigación es que las concepciones de los alumnos previas a la instrucción interfieren de modo determinante en el aprendizaje de

los conceptos científicos (Ausubel et al, 1978).

El diálogo siguiente (extraído de una entrevista con un alumno de catorce años sobre la herencia de características adquiridas por los padres) es un ejemplo de la existencia de las citadas concepciones en los alumnos. En este caso, la teoría desarrollada por el alumno le permite predecir razonadamente posibles sucesos.

Ent.— En un accidente de tráfico un hombre perdió el dedo gordo del pie, cuando este hombre tenga hijos ¿les faltará también el dedo gordo del pie?

Al.— No.

Ent.— ¿Por qué no?

Al.— No, porque su padre está ya maduro. Cuando él va a tener un hijo su cerebro tiene grabado que antes tenía ese dedo. Por esto creo que no afecta al hijo.

Ent.— ¿Y si el accidente hubiera sucedido cuando el padre era aún pequeño?

Al.— Bueno, entonces pienso que sí afecta al hijo. Porque el niño aún no estaba maduro, estaba aún creciendo. Su cerebro graba que ha perdido un dedo, que tiene sólo cuatro. Pienso que es por eso.

(Kargbo et al. 1980)

Situaciones parecidas a ésta, relacionadas con otros tipos de cuestiones, serían muy frecuentes si antes de «explicar» cualquier tema a los alumnos nos detuviéramos a preguntarles su versión de algún fenómeno relativo a los conceptos de dicho tema.

Desde hace algunos años, este tipo de ingenuas respuestas está siendo el material base de estudio de muchos investigadores en aprendizaje de las ciencias. Hemos aceptado partir de una realidad que, a pesar de su obviedad, no se consideraba importante y es que los alumnos, antes de acceder a la instrucción formal, han desarrollado sus propias concepciones sobre los hechos en base a su experiencia de contactos con el medio natural y social. Estas concepciones se las denomina con diversos nombres en la literatura: *ideas intuitivas*, *marcos conceptuales*, *preconcepciones*, *errores conceptuales*, *ciencia de los niños*, entre otros.

Estas ideas intuitivas se consideran algo más que una explicación improvisada del individuo. Se las trata como *estructuras mentales* (Champagne et al., 1980) que dan al sujeto una visión coherente de las cosas desde su perspectiva.

Los marcos alternativos que elaboran las personas no suelen coincidir con la versión de los hechos que la ciencia propone y son *difíciles de cambiar* aún después de mediar una explicación científica (Osborne y Gilbert, 1980; Bell, 1981; Brumby, 1979; Smith y Anderson, 1984).

Una nueva anécdota nos ilumina este último punto. Se refiere a una entrevista realizada a un estudiante de pri-

mero de medicina.

Ent.— Si una niña de piel muy blanca creciera en África, ¿qué predicción puedes hacer sobre el color de su piel?

Al.— Se quemaría primero y luego se pondría morena.

Ent.— Si esta niña se casa con un hombre también blanco y viviera en África y tuviera allí niños ¿cómo crees que será la piel de estos niños al nacer?

Al.— (Pausa) Los niños recién nacidos podrían ser «ligeramente» más oscuros al nacer.

(Brumby, 1984)

La importancia de las ideas intuitivas o marcos alternativos como factor a considerar en el aprendizaje se sustenta en una *epistemología constructivista*, en la que el sujeto aprende mediante una activa y personal exploración en búsqueda de sentido. (Aportaciones de Piaget y Kelly; Driver, 1986; Pope y Gilbert, 1983). Los estudios piagetianos, dentro de una concepción constructivista del aprendizaje, han orientado sus trabajos de investigación en didáctica de las ciencias hacia el estudio de los requerimientos cognitivos de los conceptos y al desarrollo de procesos de pensamiento formal (Shayer y Adey, 1984; Shayer, 1974) en el marco de las etapas de desarrollo, propuestas por Piaget. Otros investigadores constructivistas han criticado este análisis del desarrollo conceptual desde etapas cronológicas fijas, argumentando que el énfasis debe situarse preferentemente en *los modos* de pensamiento de los alumnos (Gruber, 1974; Pope y Gilbert, 1983).

En este trabajo me referiré a los estudios realizados desde esta segunda perspectiva en relación a conceptos de la biología.

ESTUDIOS SOBRE CONCEPTOS BIOLÓGICOS

Existe un notorio desequilibrio entre la gran cantidad de estudios llevados a cabo sobre conceptos físico-químicos y los realizados sobre conceptos biológicos. Esto podría ser debido, en parte, a la complejidad de los conceptos biológicos cuyos últimos niveles de análisis nos llevan generalmente a entramados de conceptos físico-químicos, o a una mayor complejidad relacional con otros conceptos biológicos.

En el Cuadro I puede verse una relación de trabajos realizados sobre conceptos de biología.

¿Qué nos aportan estas investigaciones al proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología en el aula? Según Brown (1982) para que estos trabajos fueran útiles deberían facilitar medios para el desarrollo de una triple estrategia:

1. Obtener información sobre las concepciones de los alumnos en un área determinada (genética, evolución,

Cuadro 1

Selección de trabajos sobre preconcepciones y errores conceptuales en las ciencias naturales

| AREA | TEMA | AUTOR | POBLACION |
|---------------|--|--|------------------------------------|
| PLANTAS | Mecanismos transporte. | Okeke (1980) | BUP |
| | Crecimiento, reproducción y transporte | Okeke & Wood-Robinson (1980) | BUP - COU |
| | Fotosíntesis, respiración | Simpson & Arnold (1982) Rumelhard (1985) | BUP |
| | Nutrición | Astudillo & Gené (1984) Bell & Brook (1984) | EGB - BUP BUP |
| ECOLOGIA | Ecosistema | Shaefer (1980) | EGB - COU |
| | Plantas como productor. | Smith & Anderson (1984) | EGB |
| | Cadenas alimentarias | Griffits & Grant (1985) | BUP |
| | Varios conceptos | Ola (1985) | |
| CUERPO HUMANO | Digestión | Clement, Serverin & Luciani (1983) | BUP - Adultos |
| | General | Mintzes (1984) | EGB |
| | Circulación | Arnaudín & Mintzes (1986) | EGB |
| GENETICA | Evolución y herencia | Deadman & Kelly (1978) | EGB |
| | Selección natural | Brumby (1979, 1984) | UNIVERSIDAD |
| | Caracteres heredados | Karbó, Hobbs & Erikson (1980) | EGB |
| | Dificultades | Lodgen (1982) | BUP |
| | Genética Mendeliana | Stewart (1982) | BUP |
| | Mecanismo hereditario | Hackling & Treagust (1984) | BUP |
| GENERAL | Concepto "vivo" | Lucas, Liuke, Sedgwick (1979) | EGB |
| | Concepto "crecimiento" | Shaefer (1979) | BUP - UNIVERSIDAD |
| | Concepto "animal" | Bell (1981) Trowbridge & Mintzes (1984) | EGB |
| | Concepto "vida" | Brumby (1982) | UNIVERSIDAD |
| | Concepto "salud" | Villavicencio (1981) Brumby & Garrad (1985) | BUP - Adultos BUP - UNIVERSIDAD |
| | Conceptos varios | Giordan (1983) | EGB - BUP |
| GEOLOGIA | La Tierra | Nusbaum & Novak (1978) | EGB |
| | | Nusbaum (1979) | |
| | | Klein (1982) | EGB |
| | Rocas y Minerales | Chapman et al. (1981) Happs (1983) | EGB |

fotosíntesis)

2. Observar los procesos de interacción de estas ideas con las propuestas desde las ciencias, y
3. Diseñar un tipo de intervención que provoque el cambio deseado.

La mayor parte de los trabajos que hemos citado se refieren al primer paso de la estrategia. Tratan de explicar las preconcepciones, errores conceptuales o marcos alternativos de referencia que poseen grupos de alumnos en determinadas áreas de las Ciencias Naturales. En el apartado siguiente se analizan algunos de estos trabajos.

LAS CONCEPCIONES DE LOS ALUMNOS

Los trabajos, por ejemplo, sobre selección natural

y evolución (Deadman & Kelly, 1978; Brumby, 1979, 1984) ponen de manifiesto que los alumnos poseen una concepción lamarckiana del proceso evolutivo, y extrapolan los cambios que se dan en el periodo de vida de un individuo a cambios en poblaciones a través del tiempo. Lodgen (1982) y Hackling (1982) han llamado la atención sobre las dificultades inherentes a conceptos ligados a los de herencia y reproducción sexual: señalan una escasa comprensión de los conceptos de meiosis, gametos, fertilización y mitosis relacionados con cromosomas y genes, así como su función en la herencia. También describen dificultades en la conceptualización de términos tales como: dominancia, recesividad y recombinación en sus acepciones genéticas, por primar el sentido de estas palabras en el lenguaje diario.

La consideración global de este tipo de trabajos por el profesor viene a confirmarle, en primer lugar, su experiencia de que existe una cierta dificultad generalizada para aprender correctamente determinados conceptos. Le puede también indicar la dirección o naturaleza predominante de ciertas dificultades. Con este tipo de datos, el profesor puede planificar más cuidadosamente el aprendizaje de estos conceptos. Pero todo esto, aun siendo importante, resulta en cierto modo insuficiente.

Entre las aportaciones más interesantes que estas investigaciones ofrecen al profesor estarían las referentes a los métodos utilizados para acceder al pensamiento del alumno. Las técnicas empleadas no pretenden ser, en general, meros instrumentos de recogida de datos para una posterior cuantificación objetiva, sino que vehiculan un racional sobre cómo el sujeto construye su aprendizaje y llegan en algunos casos a proporcionar estrategias útiles al profesor para su trabajo en el aula.

Para explicitar con más detalle este punto puede sernos útil el analizar algunos de los trabajos referentes a conceptos estrechamente relacionados. Tomemos por ejemplo estudios relativos a la comprensión de conceptos sobre la herencia (Cuadros II y III), haciendo notar de antemano que no pretendo aquí hacer una recogida de toda la literatura relativa al aprendizaje de estos conceptos, sino ejemplificar los puntos antes citados.

Deadman y Kelly (1978) exploran la comprensión de los alumnos sobre la herencia en el marco de su estudio sobre las concepciones de la evolución. Los alumnos de la muestra nunca han estudiado estos temas, sin embargo tienen sus propias explicaciones al hecho de por qué hay tipos de animales que existieron y luego dejaron de existir o por qué los hijos se parecen a los padres o abuelos. Independientemente del contenido de las explicaciones a las que ya hemos aludido, estos autores expresan su propia «construcción alternativa» del proceso de aprendizaje de los alumnos y consecuentemente extraen unas orientaciones para la instrucción (Ver cuadro).

Kargbo et al. (1980) investigan también las ideas de los niños antes de ser sometidos a la enseñanza formal de

temas de herencia. El instrumento utilizado para las entrevistas es algo más elaborado que el de Deadman. Se trata de cinco tareas o problemas a resolver, con un total de 19 cuestiones sobre predicciones y luego se le pide al sujeto que explique las razones de su predicción. El contenido de las respuestas de los alumnos en relación a los conceptos hereditarios parece indicar:

— De 7 a 11/12 años una alta proporción de niños creen que los caracteres producidos por el medio se transmiten de padres a hijos.

— Hata los 10-11 años los alumnos creen, bien que la madre contribuirá más que el padre en los caracteres de los hijos o bien que los hijos serán intermedios. De 11 en adelante comienza a aparecer algún tipo de explicación probabilística.

Las explicaciones de sus predicciones se refieren a cuatro categorías de causas responsables de los caracteres que aparecerán en los hijos:

1) medioambientales, 2) somáticas, 3) naturalistas, 4) genéticas. La última sólo a partir de los 10-11 años.

Como en el trabajo anterior es importante notar las consecuencias que estos autores extraen en relación a una concepción del aprendizaje y de la instrucción o desarrollo de material curricular (Ver cuadro).

El trabajo de Hackling (1982) difiere notablemente de los anteriores en varios aspectos:

— Los alumnos han estudiado un curso de genética y la muestra se recoge entre los que tienen notas superiores a la media.

— Los instrumentos que utiliza son técnicas asociacionistas:

• MOC: definición de conceptos dados (células, núcleo, gen, haploide, diploide, cigoto, dominancia).

• WAT: 5 primeros conceptos que se te ocurran en relación a los términos «herencia genética» y «reproducción sexual».

— El contexto del instrumento es altamente académico.

— Todo esto viene requerido porque el autor parte de la base de una determinada manera de aprender los con-

Cuadro II

Conceptos sobre la herencia puestos en juego en las investigaciones.

- Fuentes de variabilidad de los organismos.
- Diferencias entre: características individuales producidas por el medio y características hereditarias.
- Razonamiento probabilístico y predicción de características heredadas de los padres a partir de la observación de sus fenotipos.
- Aportaciones de los progenitores al fenotipo de los descendientes.
- Herencia y reproducción sexual: relaciones.
- Meiosis, cromosomas, genes, alelos, dominancia, recesividad, etc.

Cuadro III
Algunas investigaciones relacionadas con el aprendizaje de la herencia biológica

| AUTORES | TÉCNICA | EDAD | APRENDIZAJE | INSTRUCCIÓN |
|------------------------------|---|------------------------|---|---|
| DEADMAN y KELLY (1978) | Entrevista general + explicación | 11-14 (A) | <ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje incidental + influencia popular • Conceptos intuitivos + ? • Aprendizaje depende: <ul style="list-style-type: none"> • tipo experiencias aprendizaje • características psicológicas | <ul style="list-style-type: none"> • Conocer los conocimientos previos. • entrevistas como medio para acceder a las estructuras mentales. • Establecer jerarquías conceptuales "psicológicas" vs "lógicas" |
| KARGO y as. (1980) | Entrevistas sobre sucesos + predicción explicación | 7-13 (A) | <ul style="list-style-type: none"> • Creencias ligadas a la experiencia personal • Pensamiento probabilístico → etapas desarrollo cognitivo. • 2 tipos estructuras mentales: <ul style="list-style-type: none"> • adquiridas via instrucción • adquiridas via experiencia | <ul style="list-style-type: none"> • Materiales centrados en situaciones familiares • Discusiones sobre los conocimientos previos • Plantear el azar y la probabilidad a su tiempo |
| HACKLING (1982) | Asociación de palabras (MOC, VAT) | 16 ⁺ (P) | <ul style="list-style-type: none"> • Parte de la aceptación de aspectos concretos de la teoría ausubeliana. • conceptos inclusivos, subunción carácter proposicional de la estructura cognitiva. | <ul style="list-style-type: none"> • Comenzar por introducir "organizadores de aprendizaje" • Relaciones entre conceptos determinados • Problemas con el significado vulgar y científico de términos. • Utilización didáctica de mapas conceptuales |
| HACKLING y TRECUST (1984) | Entrevista estructurada + escoger, explicar (CPI) + base a textos | 16 (P) | <ul style="list-style-type: none"> • El sujeto aprende según una determinada secuencia proposicional lógica que viene dada por la ciencia. | <ul style="list-style-type: none"> • Problemas de enseñar conceptos más abstractos a esta edad. • Relaciones necesarias entre conceptos. • Tener en cuenta errores que aparecen con frecuencias muy altas tras la instrucción. |
| LODGEN (1982) | Entrevista sobre cuestiones de genética + explicar | 16-17 ⁺ (P) | <ul style="list-style-type: none"> • Las dificultades en el aprendizaje provienen de fuentes diferentes que hay que localizar + profesor, alumno. | <ul style="list-style-type: none"> • Cuidar más cómo se presentan en los textos ciertos conceptos (su dibujos y cuando separan conceptos en diferentes cursos) |
| ENGEL y WOOD-ROBINSON (1985) | Entrevista sobre tareas + predecir, explicar | 12-16 (A) | <ul style="list-style-type: none"> • Creencias ligadas a la experiencia personal y a la influencia de MCS. • Estabilidad y evolución de las ideas intuitivas. | <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar las ideas intuitivas como base para discusión al inicio de las lecciones |

diciones de las requeridas parecen fallar en esa situación (conviene hacer notar que los autores anteriores no se centran en cómo se debe organizar el aprendizaje de determinados conceptos sobre la herencia, sino en explicitar los marcos conceptuales de los alumnos previos al aprendizaje formal).

Los resultados de Hackling (1982) en relación a los contenidos conceptuales ya los hemos señalado. En relación a la instrucción este autor señala uno de los posibles modos de relaciones conceptuales en la estructura cognitiva de los sujetos (fig. 1) y subraya qué relaciones conceptuales deberían explicitarse más al trabajar dos temas tratados.

Un par de años más adelante, este mismo autor (Hackling, 1984) complementa el estudio sobre conceptos de herencia desde un punto de vista algo diferente. Utilizará entrevistas parcialmente estructuradas pero basadas en un cuerpo proposicional fuertemente secuencializado, elaborado a partir de las concepciones sobre la herencia que los profesores creen que los alumnos deben poseer y sobre los textos empleados. Pone de ma-

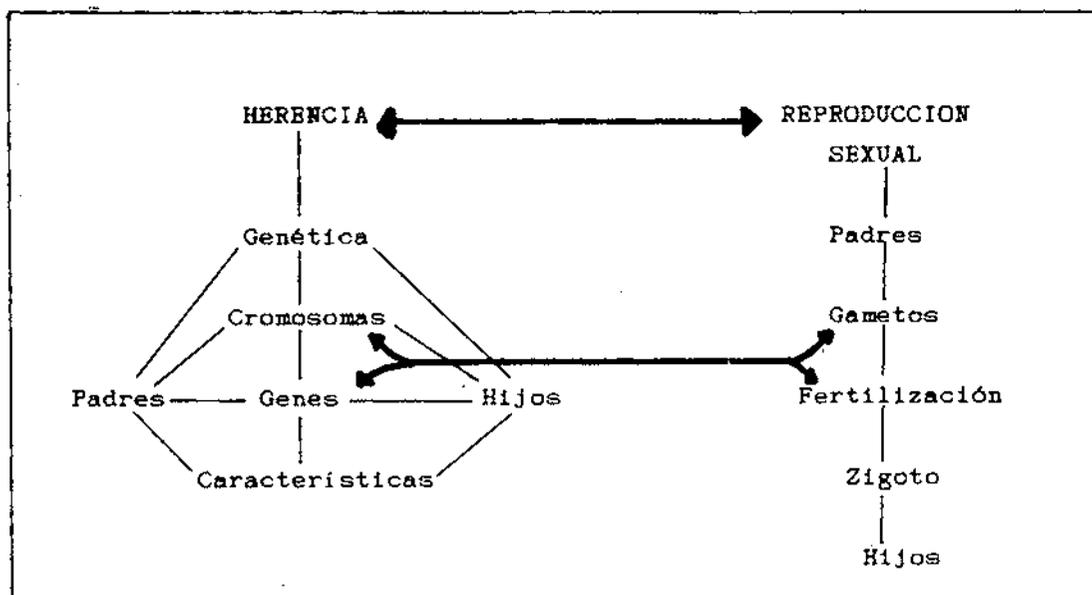
nifiesto errores concretos que aparecen tras la instrucción (diferentes tipos de células de un individuo poseen conjuntos diferentes de genes [65%]; etc.).

También aquí podemos apreciar la construcción personal que este autor realiza de cómo aprende el alumno, en base a la teoría ausubeliana, y piensa en la instrucción coherentemente a su personalización.

Lodgen (1982) trabaja con una muestra de los mejores alumnos en biología y trata de ver a qué causas pueden deberse los errores tan frecuentes sobre la meiosis y conceptos relacionados con ella. Llega a la conclusión de que uno de los factores directamente relacionados con estas dificultades se encuentra en la manera en que los libros de texto presentan los diagramas gráficos del proceso meiótico y al tiempo que separa la presentación de la meiosis de la introducción de la genética, lo cual crea problemas de relacionar estos dos asuntos.

De modo resumido ¿qué nos dicen estos trabajos? Destacaremos algunos puntos:

figura 1
Hackling (1982)



- En cuanto al contenido del pensamiento de los alumnos nos alertan de que los alumnos se enfrentan al aprendizaje de la herencia con unas ideas sobre la misma adquiridas por aprendizaje incidental (experiencia personal, sentido del lenguaje popular, etc.), por un lado, y por otro, señalan que tras la instrucción hay algunos conceptos que siguen siendo mal interpretados, estos conceptos suelen ser básicamente los mismos en todos los casos.

- Dado lo anterior es importante que el profesor conozca los marcos alternativos del alumno, tanto antes como después de la instrucción para poder utilizar las estrategias más convenientes en cada caso.

- Para acceder al pensamiento del alumno hay técnicas diferentes que se mueven en un continuo entre dos polos: los de asociaciones de palabras, definición de conceptos, etc. sitúan al alumno en el contexto explicativo de lo que se investiga. En el otro polo estarían los que plantean situaciones más o menos reales, en las que no aparece explícito el asunto a investigar, pero es requerido para ofrecer soluciones o explicaciones a la situación dada.

- La elección de uno u otro polo depende de que el investigador crea que la estructura mental del sujeto se expresa mejor en forma de asociaciones de palabras o proposiciones u operando en una situación práctica concreta. Hay quien piensa (Solomon, 1983) que lo que ocurre es que en realidad poseemos dos sistemas referenciales diferentes según nos encontremos en contextos más teóricos o más prácticos.

- Otro dato, que ya apuntábamos al principio, es el señalar la naturaleza eminentemente descriptiva de es-

tos estudios. Señalan lo que ocurre a un pequeño número de sujetos (las muestras suelen ser de 20, 30, 50) en un momento dado. Las posibles explicaciones causales suelen ser muy generales.

Muy pocos de estos trabajos suelen tener carácter longitudinal, lo cual deja sin despejar la incógnita existente sobre si las concepciones alternativas reveladas por esos instrumentos son estables en lo esencial o fruto de la situación concreta.

Otro modo de seguir analizando las aportaciones de este tipo de estudio es desde su posibilidad para ser llevadas a cabo por el profesor de modo habitual, como parecen sugerir las indicaciones didácticas que dan los investigadores.

PROBLEMATICA EN EL AULA

Una de las principales dificultades para abordar estos estudios se refiere al *tiempo que requieren*. Cuando se utilizan técnicas de entrevista, su realización y posterior codificación consumen gran número de horas. Son más breves las técnicas de asociación y los mapas conceptuales, porque se administran en grupo, pero existe otro tipo de problema a la hora de evaluar su contenido.

La interpretación de datos cualitativos tampoco es sencilla, y hay que evitar el riesgo de conclusiones superficiales y generalizaciones con poco fundamento cuando se tienen sobre la mesa datos muy llamativos y curiosos. Buscar los marcos alternativos de referencia de los alumnos no es hacer largas listas de fallos que de-

tectamos. En un reciente artículo Driver (1986) ha señalado algunas notas que caracterizarían lo que podríamos llamar esquemas conceptuales propiamente dichos.

Otro problema ligado a la interpretación se refiere a la *unidad de análisis* a emplear. La mayor parte de lo que la literatura describe es una imagen compuesta por el investigador a partir de su muestra, es decir, la estructura cognitiva descrita no pertenece a un individuo sino a una colectividad. En relación a este punto, Driver y Erickson (1983) apuntan que cuando afirmamos la estabilidad de las concepciones la base empírica de esta afirmación hace referencia a esta concepción del grupo, siendo menos estables y algo más idiosincráticas las concepciones de los individuos. Engel y Driver (1986) han apuntado recientemente la no consistencia de los individuos en la utilización de un mismo marco alternativo en tareas semejantes y su fuerte dependencia del tema en cuestión. Sobre todo son interesantes los resultados obtenidos en tareas relativas a conceptos biológicos.

La importancia de este aspecto —que puede parecer un tanto tecnicista— se puede entender mejor si pensamos que lo que el aprendizaje trata de provocar es el cambio de marco de cada individuo, no el del aula globalmente.

Autores como Novak (1980) han sugerido la posibilidad de utilizar algunas de las estrategias descritas —especialmente mapas conceptuales— como recursos para facilitar el aprendizaje conceptual e incluso para evaluarlo. Otros estudios al respecto (Stewart, 1983) señalan sin embargo que los mapas conceptuales son poco indicados para diagnosticar el aprendizaje de los alumnos dada la alta idiosincracia de estos mapas y la dificultad para evaluarlos objetivamente.

Dejamos aquí este tipo de consideraciones, que podríamos alargar útilmente, para acabar resituando de nue-

vo el tema de las aportaciones de estos trabajos a la enseñanza.

Como se desprende de los trabajos analizados sobre conceptos relativos a la herencia, lo que nos proporcionan son detalladas descripciones de los marcos alternativos de los alumnos referentes a estos conceptos.

Cómo se produce la interacción de estos marcos con la versión científica de los conceptos que les va siendo propuesta es un punto que no aparece en los trabajos.

Intervenciones didácticas directamente encaminadas a provocar un cambio desde las concepciones erróneas a las correctas en unos conceptos dados, apenas se describen en investigaciones en biología. Quizás se deba a que los pocos racionales que tratan de explicar la dinámica del cambio conceptual están aún poco desarrollados (Hashweh, 1986). Dentro de las Ciencias Naturales, existen unos trabajos en conceptos geológicos (Chapman et al., 1981) en los que los autores trataron de provocar el paso de los alumnos a la concepción correcta de «rocas» y «minerales» según uno de los racionales existentes. El aparente éxito inmediato de la intervención didáctica se desvaneció al comprobar que meses más tarde los alumnos habían retrocedido a sus concepciones primitivas. Smith y Anderson (1984) documentan también una situación de permanencia de concepciones erróneas sobre nutrición en plantas tras la instrucción.

El que nos veamos aún en los comienzos de este tipo de trabajos en el área de la biología es un estímulo para que profesores e investigadores hagamos frente común en la tarea de indagar lo que parece un camino prometedor por lo menos en dos aspectos: uno el de intentar que el aprendizaje escolar resulte más significativo para los alumnos y otro el del perfeccionamiento del profesorado en su faceta de investigación, que es en definitiva intentar que también la enseñanza sea más significativa para el profesor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. 1978, *Educational Psychology*. (Holt, Rinehart & Winston. New York).
- BELL, B., 1981, What is a plant? Some children ideas. *N.Z. Sci. Teacher*, 31, 10-14.
- BROWN, A., 1982, Learning and development: the problems of compatibility, acces and induction. *Human Development*, 25, 89-115.

- BRUMBY, M., 1979, Problems in learning the concept of natural selection. *J. Biol. Education*, 13 119-122.
- BRUMBY, M., 1984, Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Sci. Education*, 68 (4), 493-503.
- CHAMPAGNE, A., KLOPFER, L. y ANDERSON, J., 1980, Factors influencing learning of classical mechanics. *Am. J. of Psychology*, 48, 1074-1079.

- CHAPMAN, A., KLOPPER, L., DESENA, A y SQUIRES, B., 1981, Structural representations of students' knowledge before and after science instruction. *J. Res. Sci. Teaching*, 18 (2), 97-111.
- DEADMAN, J. y KELLY, P., 1978, What secondary boys understand about evolution, and heredity before they are taught the topics. *J. Biol. Education*, 12, 7-15.
- DRIVER, R. y ERIKSON, G., 1983, Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students conceptual frameworks. *Studies in Sci. Education*, 10, 37-60.
- DRIVER, R., 1986, Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 3-15.
- ENGEL CLOUGH, E. y WOOD-ROBINSON, C., 1985, Children's understanding of inheritance. *J. Biol. Education*, 19 (4), 304-310.
- ENGEL CLOUGH, E. y DRIVER, R., 1986, A study of consistency in the use of conceptual frameworks across different task context. *Sci. Education*, 70 (4), 473-496.
- GRUBER, H.E., 1974, Courage and cognitive growth in children and scientist. *Piaget in the classroom*, M. Schewebel and I. Raph (Eds.). London: Roulledge and Kegan Paul.
- HACKLING, M., 1982, An examination of secondary students' understanding of inheritance concepts. *Aus. Sci. Teach. J.*, 28 (1), 13-20.
- HACKLING, M. y TREGUST, D., 1984, Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *J. R. Sci. Teaching*, 21 (2), 197-202.
- HASHWEH, M.Z., 1986, Toward an explanation of conceptual change. *Eur. J. Sci. Education*, 8 (3), 229-250.
- KARGBO, D.B., HOBBS, E.D. y ERIKSON, G., 1980, Childrens beliefs about inherited characteristics. *J. Biol. Education*, 14, 137-146.
- LODGEN, B., 1982, Genetics... are they inherent learning difficulties? *J. Biol. Education*, 16, 135-140.
- NOVAK, J., 1980, Learning theory applied to the Biology classroom. *Am. Biol. Teacher*, Teacher, 42 (5), 280-285.
- OSBORNE, R.J. and GILBERT, J.K., 1980, A method for investigating concept understanding in science. *Eur. J. Sci. Education*, 2 (3), 311-321.
- POPE, M. y GILBERT, J., 1983, Personal experience and the construction of knowledge in science. *Sci. Education*, 67 (2), 193-203.
- SHAYER, M., 1974, Conceptual demands in the Nuffield-O-level Biology Course. *School Sci. Review*, 5 (195), 381-388.
- SHAYER, M. y ADEY, P., 1984, *La ciencia de enseñar ciencias*. (Ed. Narcea. Madrid).
- SMITH, E. y ANDERSON, C., 1984, Plants as producers: a case study of elementary science teaching. *Eur. J. Sci. Education*, 21 (7), 685-698.
- SOLOMON, J., 1983, Learning about energy: how pupils think in two domains. *Eur. J. of Sci. Education*, 5 (1), 51-59.
- STWART, M.A., 1983, *Studies in cognitive structure: exploring secondary school pupils' understanding of genetics*. Unpublished Ph. D. thesis. (Chelsea College: London).