

# EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS CIENTÍFICOS: ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS, COGNITIVOS Y LINGÜÍSTICOS

ASTOLFI, J.P.

Institut National de Recherche Pédagogique (INRP)

Conferencia invitada en el II Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas. Valencia 23-25 de septiembre de 1987.  
(Versión de Anna Gené).

## SUMMARY

This paper examines different aspects of topics dealt with over the last years by the team of Science Teaching in the INRP. Since this presentation is reconstructive, no claim for exhaustiveness is made.

## 1. UNA ADQUISICIÓN LENTA E INCIERTA

Muchos de los trabajos en los que nuestro grupo ha participado han puesto en evidencia el hecho de que la adquisición de conceptos por los alumnos no va a colmar un vacío de ignorancia, sino a substituir paulativamente un cuerpo organizado de ideas y de concepciones previas.

Para la mayoría de conceptos a enseñar en ciencias experimentales se han podido encontrar las características de las representaciones en los alumnos e incluso en los mismos profesores. Pienso por ejemplo en los trabajos de Viennot (1979) sobre las fuerzas; los de Tiberghien et al (1985) sobre el calor y la temperatura; los de Giordan (1983) sobre la reproducción; los de Rumelhard (1985) sobre la fotosíntesis; los del equipo del INRP sobre la energía de los ecosistemas.

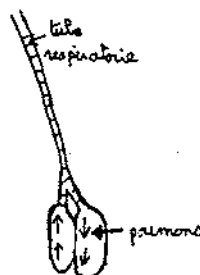
Estas representaciones entran en conflicto cognitivo con los conocimientos científicos socializados que la escuela se propone transmitir, y este conflicto debe ser resuelto positivamente para que las adquisiciones no sean solamente verbales y temporales. De lo contrario, como sucede a menudo, el saber científico que el enseñante expone al alumno y que en un primer momento parece ser comprendido e integrado es olvidado, dejando resurgir las representaciones que se creían superadas gracias a la enseñanza.

Encuestas efectuadas en la clase de 6° mediante dibujos (Aster, 1985 a) dan una idea de la manera en que los estudiantes de esta edad representan el interior del cuerpo humano. Conocen la existencia de los órganos principales: estómago, hígado, pulmones, corazón—cuyo dibujo es casi siempre estereotipado, tal como

han mostrado Kerlan y Cottet-Emard (1979)— cerebro, y algunas veces la «vejiga apendicítica» (sic). Se trata de una colección de órganos que ellos citan y que colocan dentro del cuerpo más o menos a su antojo, sin establecer en general relaciones funcionales. Todo lo más aparecen aquí o allá indicaciones como «tubo por donde van los alimentos» y «tubo respiratorio». Cuando dibujan las venas a menudo lo hacen sin ninguna relación con el corazón.

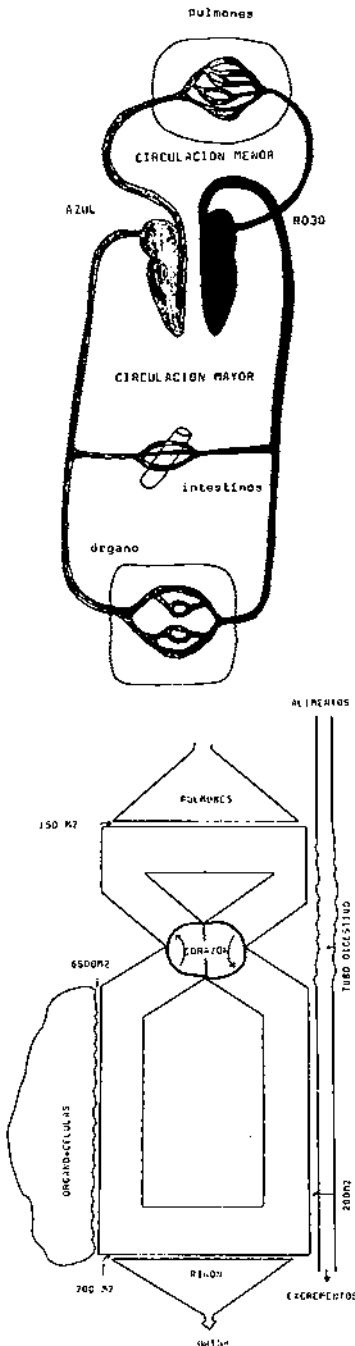
Alumnos de primero de Ciencias —mucho mayores— hacen dibujos que no son radicalmente diferentes. Ciertos detalles pueden ser más precisos (tráquea, pulmones...), pero la verdadera función de los pulmones —una superficie de intercambio entre el aire y la sangre— casi no aparece. El aparato respiratorio es concebido como una simple tubería que termina como un callejón sin salida en los pulmones. Es cierto que el dibujo tiende a reforzar los aspectos topológicos en detrimento de los funcionales, pero los escritos que acompañan a estos esquemas confirman muy a menudo este punto de vista.

figura 1



Por otra parte, cuando se facilita a los alumnos un esquema funcional sintético de la circulación de la sangre que no respeta las convenciones habituales y en el que se pide localizar la sangre oxigenada y la sangre rica en dióxido de carbono, trazan un límite de arriba abajo, incluso si esta dirección no corresponde a la esquematización adoptada (Roncin, 1986). Lo que han aprendido permanece atado a un «esquema prototípico» y los aspectos topológicos dominan aquí todavía.

figura 2



Según cómo se realice la investigación, puede ponerse más énfasis en el carácter invariante de las representaciones en una población de edad determinada, o por el contrario insistir en las características específicas de los diferentes individuos. Cuando los procedimientos de investigación utilizados —como en los trabajos evocados anteriormente— son los cuestionarios o dibujos, se obtienen resultados de la primera tendencia. El análisis detallado de secuencias grabadas de clases, tal como nosotros hemos realizado estos últimos años, ilustra más la segunda.

Es así como ha podido mostrarse, por ejemplo, la coexistencia en diferentes alumnos de la misma clase de varias concepciones coherentes relativas al régimen alimenticio del zorro, y más concretamente la discusión de sus características más o menos carnívoras. Es la disociación de las respuestas de los alumnos en el diálogo de la clase, y su agrupamiento, que ha permitido reconocer y caracterizar cuatro lógicas diferentes. Es de destacar que, contrariamente a lo que se podría pensar, sus diferencias no aparecen en realidad a lo largo del diálogo, que funciona más bien como el reverso de un conflicto sociocognitivo (Aster, 1985 b).

Caracterizamos a continuación cada una de estas cuatro lógicas:

— Para Didier, la convicción se cierra en que el zorro es carnívoro, y esto a pesar de informaciones provistas de documentación gráfica presentando las variaciones de su régimen alimenticio según las estaciones.

— François defiende el carácter exclusivamente carnívoro del zorro, pero la justifica menos por una «ley de la naturaleza y ancestral» que por los «utensilios» (garras, dientes, astucia...) que este animal posee.

— Emmanuelle establece una diferencia entre el régimen en sentido estricto correspondiente al que el zorro come cuando puede escoger (entonces es carnívoro) y el que el animal puede tener cuando se trata de sobrevivir (que no es su régimen alimenticio verdadero).

— Claire rehuye las discusiones declarando que ser carnívoro significa simplemente «un medio» de comida del zorro.

Si evidentemente el papel del profesor consiste en modificar estas representaciones que «compiten» con los conocimientos científicos, no sirve para nada forzar la andadura de los aprendizajes si los alumnos no disponen de los cuadros intelectuales que les permitan una verdadera asimilación. A menudo no se hace más que substituir las representaciones preexistentes por otras representaciones generadas por informaciones nuevas no produciendo ningún progreso.

Esto es lo que muestran las interpretaciones dadas por niños de seis años cuando, después de haber utilizado un secador de cabello para la muñeca que acaban de bañar, la maestra les pregunta qué ha pasado con el

agua de los cabellos de la muñeca (Canal, 1979). Casi invariablemente las respuestas son:

- «El agua va a la piel, a la cabeza»
- «El agua va al secador»
- «El agua ha desaparecido, se ha secado»
- «El agua ha caído al suelo».

El rechazo experimental de estas ideas (desmontando el secador, abriendo la cabeza de la muñeca...) no les convenció, ya que la explicación de la desaparición del agua por evaporación les parece más inverosímil que sus propias convicciones:

«Esto quiere decir que el agua se ha ido en humo, que no vemos (...))»

- «El agua es invisible como el hombre invisible»
- «Cuando Papá Noel es invisible, nosotros no le vemos»
- «El agua no puede volar»

## 2. UNA RED DE FORMULACIONES SUCESIVAS

La existencia de estas representaciones, la lentitud con la que se dejan abolir y las regresiones frecuentes, obligan a estar muy alerta en el momento de presentar nuevas nociones a los alumnos. Estas representaciones obligan a pasar por diferentes formulaciones sucesivas a lo largo de la escolaridad, ajustándose a los problemas biológicos abordados.

Se han realizado varios ensayos sistemáticos de formulación de nociones en diferentes niveles, y parecen ser instrumentos útiles para los enseñantes en el momento de programar sus actuaciones educativas (Host et Al, 1976); (Lalanne, 1983). Solamente es posible aquí el dar un pequeño resumen (ver tabla I) remitiéndonos necesariamente a las publicaciones.

Tabla I

### Las fundiones y su soporte anatómico

Conceptos	Formulación primer nivel	Formulación segundo nivel	Formulación tercer nivel
C11- Animales C11-1- Búsqueda de alimentos y digestión.	Todos los animales buscan los alimentos y tiran los residuos. Cada animal tiene su régimen de alimentación particular.	Los alimentos a lo largo del tubo digestivo, son licuados y transformados; los constituyentes útiles pasan a la sangre que los distribuye a los órganos. Hay una correlación entre el régimen alimenticio y la organización que le permite encontrar, fragmentar y digerir el alimento.	Las materias orgánicas dejan un depósito de carbono por calcinación, su combustión da gas carbónico y materias minerales y desprende calor y agua. Los alimentos contienen principalmente materias orgánicas y agua como los órganos de todos los seres vivos. Los primeros pueden clasificarse en cuatro grandes familias: azúcares y féculas, grasas, proteínas y vitaminas.
C112- La respiración	La respiración de los animales aéreos está caracterizada por los movimientos de ventilación del aparato respiratorio. Mueren dentro del agua. En muchos animales estrictamente acuáticos, se observa una circulación de agua entre las branquias.	Los animales acuáticos sobreviven solamente en agua aireada. La presencia de aire gaseoso o en disolución es indispensable para la vida de casi todos los organismos.	La respiración es un intercambio gaseoso que modifica la composición del aire. Se observa tanto en los animales su aparato respiratorio como en los órganos aislados eventualmente.
C113- Sangre Circulación	El pulso y los latidos del corazón son simultáneos. Que el corazón se pare o una hemorragia grave supone la muerte.	El corazón pone la sangre en movimiento. Esta vuelve de nuevo al corazón después de haber irrigado todos los órganos.	La sangre permite hacer intercambios entre todos los órganos, intercelulares, indispensables para vivir.
C114- Locomoción	Durante el movimiento (desplazamientos, cambios de posición) algunas partes de nuestro cuerpo giran alrededor de puntos fijos llamados articulaciones.	Los músculos son siempre los elementos activos de la locomoción. Accionan eventualmente un esqueleto interno, un caparazón o una concha. En todo desplazamiento el individuo se apoya en el medio (suelo, aire, agua); la forma del aparato locomotor facilita este apoyo variando según el medio y forma de desplazamiento.	Los movimientos son ordenados y coordinados por el sistema nervioso. El trabajo muscular aumenta considerablemente la consumo de oxígeno y de alimentos aportados por la sangre.
C115- Sensibilidad	Numerosos animales viven gracias a órganos de los sentidos parecidos a los humanos.	La mayor parte de los animales orientan sus desplazamientos en función de señales luminosas, térmicas, incluso cuando carecen de órganos de los sentidos parecidos a los humanos.	
C116- Reproducción animal	En la mayoría de las especies, pueden distinguirse los machos de las hembras. Estas últimas forman a las orlas o ponen huevos. El macho produce esperma y lo deposita sobre los óvulos de la hembra.	En todos los casos el huevo proveniente del contacto entre el esperma y los óvulos producidos en los ovarios de la hembra.	En el caso de algunas especies, los huevos pueden desarrollarse sin fecundación.

Sacado de HOST, Y. et AL (1976) Activités d'éveil biologique a l'école élémentaire 4. Initiation biologique Paris: INRP

Cuando se examinan con precisión diferentes enunciados establecidos en las clases para un mismo concepto, se da uno cuenta de que éstos se presentan a diferentes niveles, siendo difícil jerarquizarlos de una manera simple. Es preciso ser consciente de ello en el momento de escoger aquello que más se corresponde con la situación pedagógica particular. A modo de ejemplo, examinaremos cinco enunciados relativos a las relaciones alimentarias en un ecosistema:

- E1: Las mariquitas se alimentan de pulgones
- E2: Una cadena alimentaria debe partir de los vegetales y continuar por flechas que digan «es comido por». Los que nunca son comidos son los superpredadores. Los que son comidos son las presas.
- E3: Los seres vivos se relacionan unos con otros por el alimento. Forman cadenas alimentarias en las que el primer eslabón es siempre una planta verde, el segundo un consumidor de segundo orden o un carnívoro. Algunos animales comen los restos de los animales muertos.
- E4: Había demasiados caribús. Los caribús comen muchos líquenes. Después los líquenes escasearon, y los caribús murieron de hambre.
- E5: En un lago o río, cuando los aportes de materias orgánicas son escasos, las bacterias los descomponen. El equilibrio entre productores, consumidores, y descomponedores permite la autodepuración del agua. Cuando estos aportes son demasiado grandes, los descomponedores aumentan al igual que los predadores. El oxígeno escasea para los consumidores que suben a la superficie y mueren. El equilibrio se ha roto: El agua está contaminada.

Estos cinco ejemplos, sacados de situaciones de clase concretas, muestran una gran diversidad de planos: el plano lingüístico, el plano de desarrollo lógico y el plano epistemológico.

### *En el plano lingüístico*

Se notan en primer lugar diferencias de léxico. Si bien algunos enunciados parecen muy simples (E1, E4), otros contienen términos que sin ser muy técnicos, pueden hacer de obstáculo para ciertos alumnos incluso en el nivel de Enseñanza Secundaria Elemental (11-15 años). Por ejemplo, términos como: depender, eslabón, aportes, consumidores, equilibrio roto,...

Además la forma de unir estos enunciados es variada: E1 se presenta como una observación; E2 como una regla de construcción de cadenas alimentarias; E3 como una ley; E4 y E5 como razonamientos, es decir como concatenación de proposiciones articuladas lógicamente.

### *En el plano lógico*

Cada uno de estos enunciados puede igualmente exa-

minarse en función de las operaciones lógico matemáticas que su comprensión implica, conduciendo esto a una jerarquización que no recorta necesariamente la precedente.

E1 corresponde a una observación empírica, al menos en apariencia.

El efecto generalizante del lenguaje (particularmente del lenguaje científico) conduce efectivamente a una ambigüedad entre el nivel individual y el de la especie.

E2 y E3 corresponden a la lógica de las clases. Podemos interpretarlas como la construcción de clases de equivalencia (clases de vegetales, de presas, de superpredadores, de consumidores,...). Estas clases están unidas por la relación «ser comido por».

E4 pone en juego una causalidad compleja, con acción y retroacción entre dos eslabones de la cadena: los líquenes y los caribús.

E5 establece igualmente relaciones causales pero todavía más complejas:

— La cadena causal es más larga (varios términos en interacción).

— La cadena incluye elementos microscópicos para dos eslabones (aportes orgánicos y bacterias) que no pueden ser aprehendidos directamente a partir de medidas, mientras que E4 se refería a elementos macroscópicos observables.

### *En el plano epistemológico*

Sobre los dos ejes precedentes parece posible hacer una cierta jerarquización de los enunciados. Pero, si se examinan las cuestiones que permiten responder cada uno de los enunciados, se encuentra una diversidad todavía más difícil de organizar.

Es preciso subrayar aquí una característica frecuente de la epistemología escolar, que es la de limitarse a «enunciados declarativos» que los alumnos deben aprender sin referirse a un problema biológico y sin percibir el carácter predictivo (la función operatoria) ni los límites de validez. Si precisamos estos aspectos para los enunciados que nos ocupan, se obtiene la tabla II:

Estos ejemplos muestran que se pueden diversificar las formulaciones de un concepto, refiriéndolo por una parte a una variedad de problemas científicos y, por otra, a una variedad de prácticas sociales.

Es importante hacer comprender y sentir a los alumnos —más a menudo de lo que habitualmente se hace en la escuela— *el poder operatorio nuevo* que puede dar una formulación.

## 3. OBJETIVOS-OBSTÁCULOS A PRECISAR

Nos encontramos así, para cada concepto, por un lado frente a *representaciones resistentes* que la activi-

Tabla II

	<u>Previsión "teórica"</u>	<u>Previsión práctica</u>
E1 ¿Qué comen las mariposas?	Poderse desprender de presupuestos afectivos y sociales (la mariposa es un animal bueno, el zorro es un carnívoro sanguinario).	Incrementar las posibilidades de éxito de la cría
E2 E3 ¿Cuál es el modelo común de cadenas alimentarias diferentes?	Prever que, a pesar de su diversidad aparente, el césped, un bosque o el fitoplancton pueden tener un lugar equivalente en los sistemas tróficos	Pensar en la necesidad de iluminar un acuario mal situado, para que reciba la luz del día
E4 ¿Cuáles son las consecuencias de las variaciones en un eslabón de la cadena?	Poder hacer una lista de hipótesis relativas a los efectos previsibles de la desaparición o de la introducción de una especie.	Proponer precauciones a tomar en lo que concierne a la población cinegética o a la repoblación forestal.
E5 ¿Cuáles son los efectos de un enriquecimiento abiótico del medio?	Comprender las causas del eutrofismo de los lagos, los mecanismos de autodepuración de un río que nace de una fuente contaminada.	Encontrar una productividad óptima para una mejora en la utilización de los recursos de un ecosistema.

dad científica escolar se propone hacer superar de forma progresiva y, por otro, frente a *formulaciones múltiples* en los planos lingüístico, lógico y epistemológico. Para los enseñantes, la toma de decisión didáctica supone entonces asociar a cada superación de preconcepto —que resulta del estudio de un problema biológico— una formulación lo más adecuada posible.

Es así como se puede introducir la noción de objetivo-obstáculo (Martinand, 1986), que asocia de forma poco disonante —al tiempo que los renueva parcialmente— dos dominios habitualmente enfocados de forma distinta.

Los objetivos pedagógicos son generalmente definidos *a priori*, a partir de los contenidos de enseñanza transformados operativamente por la taxonomía clásica. Con todo, el relativo fracaso de estas tentativas para transformar verdaderamente las pedagogías, reside tal vez en la pulverización de los objetivos a las que éstas conducen, dejando a los enseñantes desprovistos de criterios para la selección de dichos objetivos.

Los obstáculos en el aprendizaje son por su parte analizados generalmente de forma más bien negativa. Tienen a exacerbar la separación respecto al conocimiento científico, las dificultades, los «bloques» de los alumnos de los que habitualmente se habla. Como si las dificultades conceptuales debieran ser concebidas

en términos de mal funcionamiento, que sería necesario reparar.

La asociación de los dos términos en la expresión «objetivo-obstáculo» supone:

— Partir de los obstáculos encontrados (de los que las representaciones forman parte) sin infravalorarlos —pues ya no habría objetivo de aprendizaje— pero tampoco sobrevalorarlos.

— Definir inversamente y de forma más dinámica el *progreso intelectual* correspondiendo a su salto eventual.

— Seleccionar, entre los diferentes obstáculos localizados, aquellos que parecen *franqueables* en el curso de la actividad, produciendo un progreso intelectual decisivo.

— Fijar como *objetivo* la superación de este obstáculo (el análisis de representaciones sirven aquí de criterio para seleccionar un objetivo adecuado).

— Situar este objetivo entre las diferentes *familias* que distinguen las *taxonomías*, el aspecto dominante de un objetivo-obstáculo se refiere siempre a una de estas familias (objetivo de actitud, de método, de conocimiento, de procedimiento, de adquisición de un lenguaje o código, ...)

— Traducir en términos *operativos* según las metodologías clásicas de formulación de objetivos.

— Construir por fin una *estrategia* de aprendizaje adecuada, así como los procedimientos de solución alternativos en caso de dificultad.

Se puede aplicar tal metodología al aprendizaje del concepto ecológico de Medio, como nosotros mismos hemos intentado en una investigación reciente (Astolfi, Drouin, 1986).

Un estudio histórico de este concepto (Canguilhem, 1965; Rumelhard, 1983) permite caracterizar las etapas, localizar las modificaciones, las rupturas, las dificultades.

Un estudio didáctico permite reencontrar algunas de las formulaciones históricas, al mismo tiempo que muestra otros tipos de representaciones de diferente tipo (medio: armonía, por ejemplo).

Su combinación permite entonces *formular diversas concepciones del Medio*. Unas correspondientes a representaciones inaccesibles desde el punto de vista científico, otras que pueden ya ofrecer aproximaciones correspondientes ya a progresos intelectuales.

El conjunto se organiza según dos ejes, tal como se muestra en la tabla III:

— *Un eje de abstracción creciente* cuyas etapas son: el paso al análisis, la transformación de una causal-

Tabla III

Diversas concepciones del medio

MEDIO - OBJETO	El medio es un lugar en el que se mueven i viven los seres vivos. A este nivel el medio aparece como un todo, no divisible en elementos distintos.
MEDIO - ARMONIA	El medio aparece como un sistema armónico en el que cada cosa ocupa su lugar. Dos ideas son subyacentes a esta concepción: la de un enraizamiento (que corresponde con la idea aristotética de "lugar propio" para cada individuo y especie) y la de un equilibrio (relacionado con una buena distribución espacial)
MEDIO - RECURSOS	El medio constituye un conjunto de ofertas que los seres vivos pueden escoger sin violencias internas por su parte. Lo que se escoja dependerá tanto de las "preferencias" de cada ser vivo, como de un mínimo esfuerzo para abastecerse
MEDIO - COMPONENTES	El medio puede definirse como un conjunto de "componentes" que constituyen sus "partes". Esta concepción que evoca analogías con la composición del aire, de la sangre o del suelo, no implica la idea de que el medio ejerza una acción sobre los seres vivos
MEDIO - FACTORES	El medio es definido como un cierto número de factores (se habla de factores del medio) relacionados entre sí. La acción de estos factores explicaría la presencia o ausencia de diferentes seres vivos así como su distribución.
MEDIO - FACTORES INTERDEPENDIENTES	Los diversos factores del medio no son considerados como si actúan de forma separada, cada uno "por su propia cuenta". La interacción puede modificar la acción de uno de estos factores en función de los demás.
MEDIO BIORELATIVO Y BICENTRICO	El medio no es considerado aquí ni aislado de los seres vivos, ni como un espacio, ni como fuente de recursos, ni como un conjunto de influencias activas. Es biocéntrico, (es decir que el medio es considerado como la proyección externa de las necesidades del organismo) y biorelativo (cada especie trata de él de manera específica e incompartible, lo que necesita).

dad lineal en interacciones complejas, la superación del aspecto substancialista del medio para enfocarlo como una relación funcional.

— *Un eje de descentración creciente* que, partiendo de la convicción no refutable y de la subjetividad intencional del animal (en términos antropomórficos) llega a una forma más elaborada de centración sobre lo viviente (ver el ejemplo de la Tique, estudiado por Canguilhem, 1985).

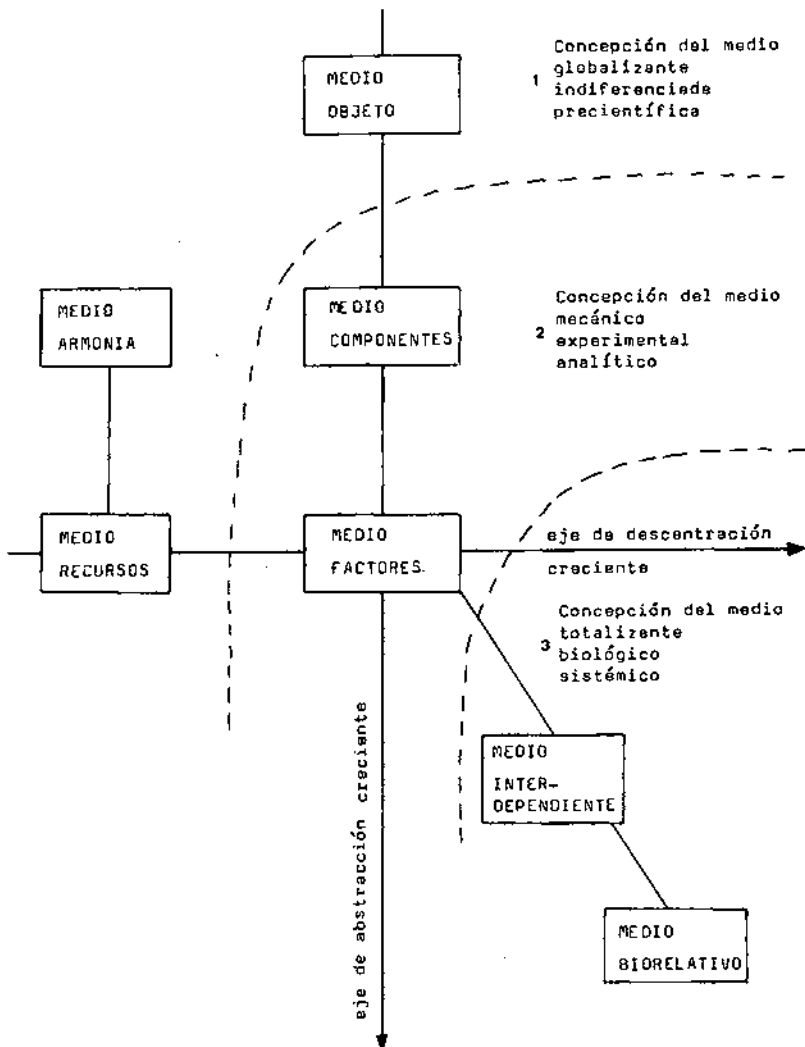
La tabla 4 (4a y 4b) retoma esta red organizada de formulaciones posibles e intenta, sistemáticamente, caracte-

terizar *para cada paso* el obstáculo epistemológico, por una parte, y el progreso intelectual correspondiente para superarlo, por otra.

La utilización didáctica de esta tabla lleva a identificar las representaciones que los alumnos se hacen del Medio y a caracterizar la formulación correspondiente. Permite así mismo definir el tipo de progreso posible y también seleccionar un objetivo de aprendizaje realista.

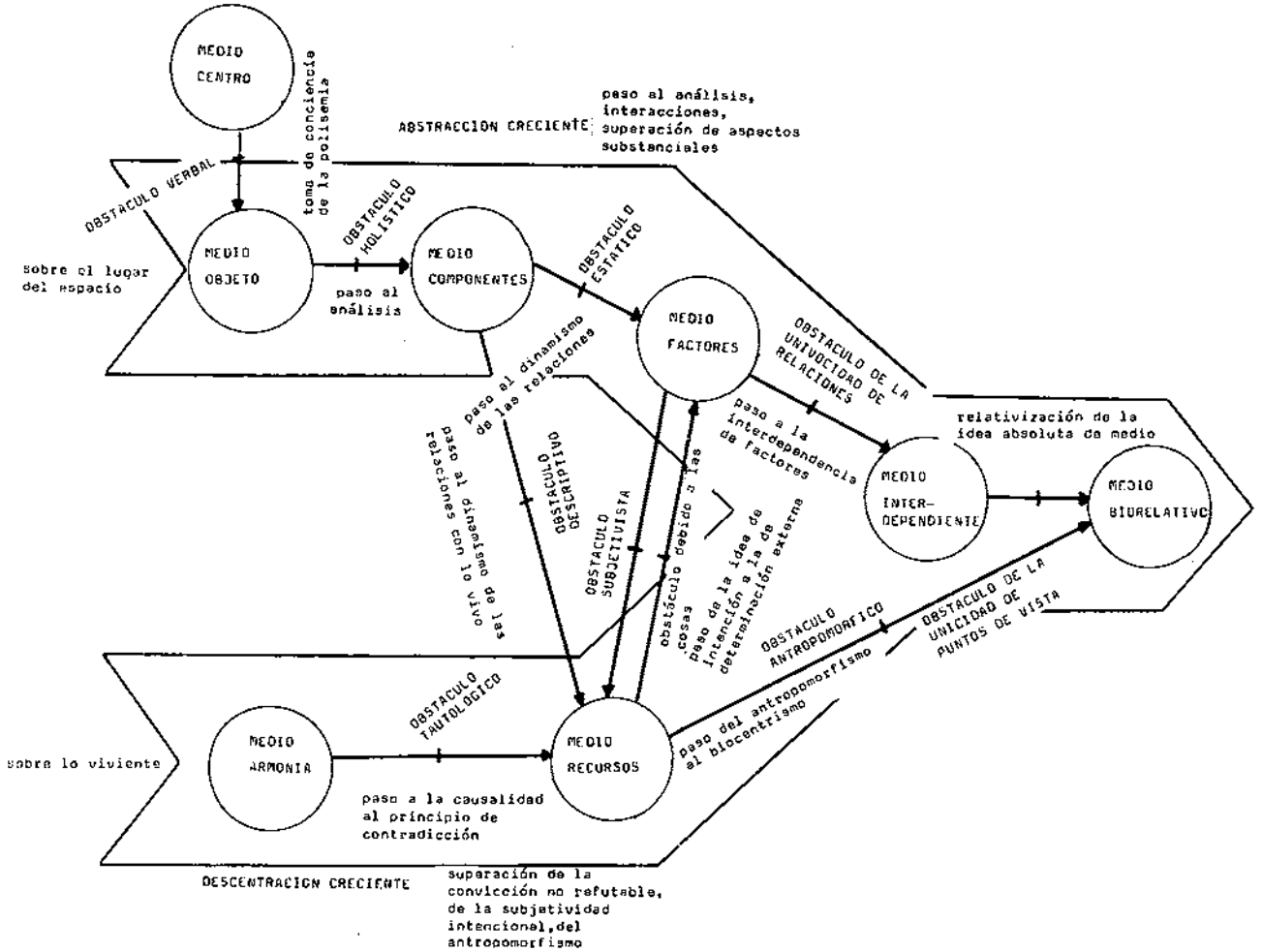
No se debería traducir este ensayo de formalización gráfica como una investigación lineal de «pasos obliga-

Tabla IV (a)  
Obstáculos epistemológicos y aprendizaje



sacado de ASTOLFI J.P.; DROUIN A.M. "Milieu" (análisis didáctico del concepto), en *Aster* nº 3, 1986

Tabla IV (b)



dos» para los alumnos. Al contrario —y la tabla lo indica— existe una red de posibles caminos. Las distinciones que se observan deben ser vistas en un simple plano lógico y proporcionan un sistema referencial que permite al enseñante:

- Situar el «registro de saber» del que disponen los alumnos.
- Intentar un proceso intelectual alcanzable en unas condiciones didácticas.

Se verá que si las formulaciones del concepto de Medio, que se encuentran a la izquierda del esquema, recogen indiscutiblemente concepciones erróneas, y las

de la derecha pertenecen a las elaboraciones conceptuales del conocimiento científico, las *formulaciones intermedias* (que son las más importantes desde el punto de vista didáctico) tienen un estatuto ambivalente. Pueden parecer insuficientes si se las observa desde la perspectiva del conocimiento científico. Son progresos intelectuales significativos cuando se las compara con los enunciados que reemplazan. Pero, después de haber sido durante un cierto tiempo una etapa positiva del pensamiento, cada una deberá —en el momento en que sea posible— ser a su vez objeto de superación: será entonces un nuevo objetivo— obstáculo en el camino de la adquisición del concepto.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTOLFI, J.P. et al., 1984a, *Expérimenter: Sur les chemins de l'explication scientifique*. (Privat: Toulouse).
- ASTOLFI, J.P., 1984b, L'analyse des représentations des élèves, voie d'une différenciation de la pédagogie. *Revue française de pédagogie*, 68.
- ASTOLFI, J.P., DROUIN, A.M., 1986, Milieu (analyse didactique du concept). *Aster*, 3.
- ASTER, Equipe de recherche, 1985a, *Formation scientifique et travail autonome*. (INRP: Paris).
- ASTER, Equipe de recherche, 1985b, *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*. (INRP: Paris).
- CANAL, J.L., 1979, in *Effets de l'introduction des activités d'éveil physico-technologiques au C.P.* (renéoté). (INRP: Paris).
- CANGUILHEM, G., 1965, Le vivant et son milieu, in *La connaissance de la vie*. (Vrin: Paris).
- GIORDAN, A., (coord.), 1983, *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*. (Peter Lang: Berne).
- GIORDAN, A., DE VECCHI, G., 1987, *Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel, (Delachaux et Niestlé: Paris).
- HOST V. et al., 1976, *Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire. 4: Initiation biologique*. (INRP: Paris).
- KERLAN, A., COTTET-EMARD, G., 1979, *L'enfant et son corps*. (CRDP: Besançon).
- LALANNE, J., 1983, *Contribution à l'étude du développement de la pensée enfantine (orientation biologique) chez les enfants de 6 à 14 ans*. Thèse de 3ème cycle. Université de Bordeaux II.
- MARTINAND, J.L., 1986, *Connaître et transformer la matière*. (Peter Lang: Berne).
- RONCIN, M., 1987, *Les idées fausses induites par le schéma usuel de la circulation du sang*. Document interne INRP.
- RUMELHARD, G., 1983, Le concept de milieu. *Bulletin Aster* 20.
- RUMELHARD, G., 1985, Quelques représentations à propos de la photosynthèse. *Aster* 1.
- RUMELHARD, G., 1986, *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. (Peter Lang: Berne).
- TIBERGHIE, A., 1985, Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique. *Revue française de pédagogie* 72.
- VIENNOT, L., 1979, *Raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. (Hermann: Paris).