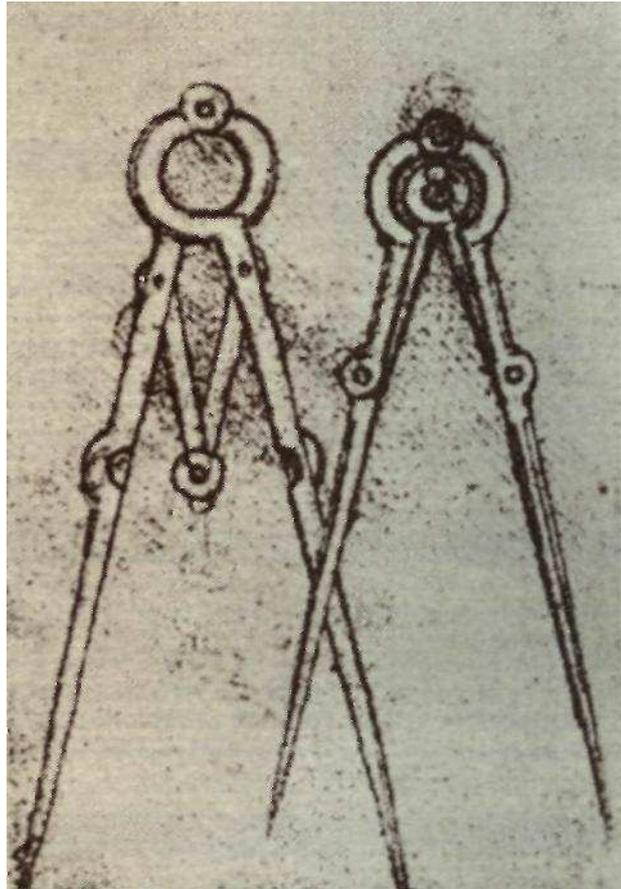


T R A D U C C I Ó N



Compás -MSH, Fol. Parte 108.

EL TRATAMIENTO DIDÁCTICO DE LOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Jean-Pierre Astolfi

EL TRATAMIENTO DIDÁCTICO DE LOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

La comprensión de las concepciones alternativas o representaciones recurrentes de los alumnos de primaria y secundaria en ciencias, pasa por un estudio de su posición teórica (piagetiana o bachelardiana) y por identificación de los "nudos" de obstáculos, cuyo análisis permite encontrar el sentido de dichas presentaciones e interpretarlas. No se trata tanto de percibir los obstáculos, "punto nodal" de las concepciones, como dificultades, sino de abordarlos desde un punto de vista didáctico, es decir, como objetivos obstáculos que facilitan el aprendizaje de las nociones científicas.

In order to understand the alternative conceptions or recurrent representations of elementary and secondary school science students, the underlying (Piagetian or Bachelardian) theoretical bases must be explored. The identification and analysis of "nodes" should reveal the meaning and allow the interpretation of such obstacles which, as the gist of the mentioned conceptions, should be perceived didactically as obstacles-objectives that facilitate, instead of hinder, the learning of scientific notions.

La compréhension des conceptions alternatives ou représentations recurrentes des élèves de la primaire et du secondaire en sciences passe par une étude de leur statut théorique (piagétien ou bachelardien) et par le repérage des "noeuds" d'obstacles, dont l'analyse permet de dégager le sens de ces représentations et d'en faire l'interprétation. Il ne s'agit donc pas tant de percevoir les obstacles, qui constituent le "noyau dur" des conceptions, comme des difficultés, mais de les aborder d'un point de vue didactique, c'est à dire, en tant qu'objectifs-obstacles facilitant l'apprentissage des notions scientifiques.

EL TRATAMIENTO DIDÁCTICO DE LOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS¹

Jean-Pierre Astolfi²

Traducción: Tomás Cortés Sánchez³

1. DE LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS A LOS OBSTÁCULOS

1.1. LA CARTOGRAFÍA DE LAS CONCEPCIONES

Desde hace veinte años, las investigaciones relativas a las concepciones alternativas de los alumnos de ciencias se han multiplicado en el mundo entero. Para cada uno de los conceptos de biología y de geología, de física y de química, han podido identificarse representaciones frecuentes, que atraviesan a menudo la formación escolar, sin ser modificadas a pesar de los esfuerzos de la enseñanza científica.

Todas esas investigaciones han permitido confeccionar una espe-

cie de "cartografía" de las concepciones, que permite a los docentes saber qué pueden esperar cuando enseñan una noción científica.

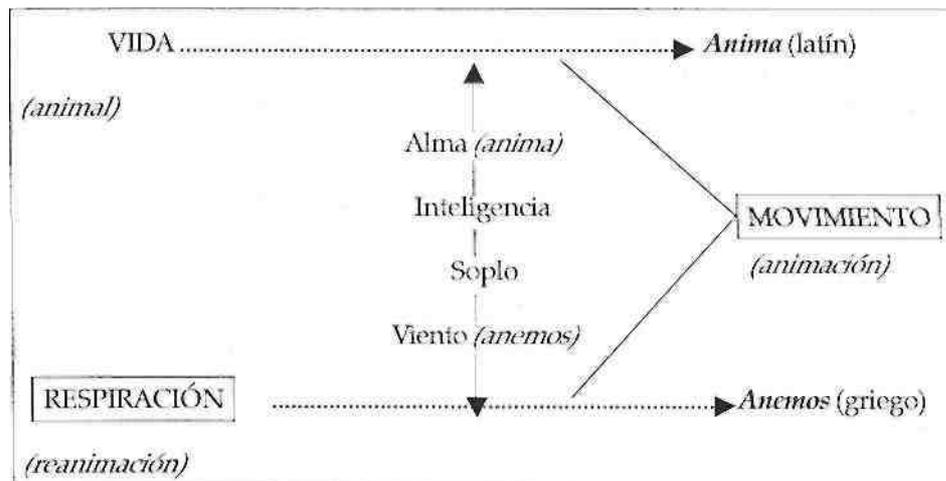
Por ejemplo, *¡o viviente!* generalmente identificado por los alumnos, aun en la enseñanza secundaria, tan sólo en función del criterio de movimiento. Una rata blanca, una serpiente o un caballo se perciben fácilmente como seres vivos, pero porque respectivamente la primera «camina y se mueve», la segunda «se arrastra» y el tercero «participa en los rodeos». Por esta razón, con mucha frecuencia se considera igualmente como seres vivos a los juguetes que funcionan con pilas o por fricción,

1. Conferencia dictada en el marco del Primer Congreso de Enseñanza de la Física celebrado en la Universidad de Antioquia, 1998. Nombre del texto en francés: "Le traitement didactique des obstacles épistémologiques"
2. Profesor de Ciencias de la Educación, Universidad de Rouen (Francia)
3. Profesor Asistente, Escuela de Idiomas de la Universidad de Antioquia.

los ventiladores, las cascadas y las nubes, etc. La representación depende en este caso de la falta de diferenciación entre el movimiento autónomo del ser vivo y los movimientos provocados de los objetos técnicos. Las propiedades características de lo viviente, tales como el crecimiento o la reproducción, no se tienen en cuenta aun siendo conocidas. Pero, ¿no está hasta nuestro propio vocabulario moldeado por esta concepción de lo viviente, como lo refleja la comparación etimológica de los términos *animal*, *animado* y *viento* (*anemos*)? El uso metafórico de lo viviente para calificar el movimiento es por lo demás constante, incluso en los manuales escolares, en los que por lo general se designa a la Tierra como *planeta vivo* por razones análogas.

Las concepciones sobre *la respiración* son muy parecidas a las que se tienen de lo viviente, pues los alumnos admiten que algunos «objetos» que se les muestra respiran, aun cuando no se los considera seres vivos, como, por ejemplo, el guijarro con un orificio profundo «*por el que puede entrar el aire*». Algunas respuestas pueden interpretarse como si la respiración fuera una versión mínima de la vida, en armonía con las antiguas ideas sobre el soplo vital, por lo que tendríamos que añadir el alma (*anima*), ligada a la idea de agitación de la inteligencia, a la anterior lista etimológica (véase Tabla 1).

Tabla 1.
Concepciones sobre la respiración



Respecto a las ideas de los alumnos sobre *la reproducción y la fecundación*, se encuentran muchas concepciones relacionadas con la historia de la biología. Las explicaciones dadas sobre la «fabricación de los bebés» nos recuerdan los antiguos debates sobre el preformismo y la epigénesis. Algunos niños creen que es la madre la que proporciona, con el óvulo, el material del que surgirá el hijo, reduciendo el espermatozoide del padre a la única función de "animarlo": «*el bebé existe ya en el vientre de la madre sin vida, y se desarrolla después del apareamiento*», «*el germen del bebé se encuentra en una bolsa, en la que el esperma va a entrar para darle vida*» (concepción ovista). Por el contrario, otros niños piensan que el espermatozoide cumple el papel esencial, reduciendo a la madre a una función esencialmente nutritiva: «*el padre proporciona la semilla en el espermatozoide, y la madre la alimenta y la desarrolla*» (concepción animalculista). Aun cuando se atribuye a los dos gametos la misma importancia, el problema no queda por ello totalmente resuelto, pues a menudo las representaciones de la genética se construyen sobre la noción de mezcla.

Las concepciones de *la digestión* también son clásicas y recurrentes. Hasta el final de la formación escolar, e incluso entre muchos adultos cultos, una proporción considerable de individuos (del 50 al 80%) utiliza un modelo en forma de "tubería continua" entre los procesos de la digestión y de la excreción, al pedirles que representen rápidamente el recorrido que hace por el cuerpo un vaso de cerveza que acaba de ser bebido. Ello se debe a que la idea del paso de sustancias a través de la pared intestinal (así como a través de los capilares sanguíneos o de los tubos excretores de los nefrones), aun siendo conocida, resulta poco inteligible y manipulable. A esto se agrega la concepción de una digestión de los alimentos sólidos a lo largo del tubo digestivo, basada en el modelo de una única transformación física por descomposición en fragmentos microscópicos, a pesar de la presentación de las experiencias de Réaumur y de Spallanzani. Se puede pensar que la representación de las enzimas digestivas a través de un esquema en forma de tijeras, adoptada en muchos manuales, viene a reafirmar esta idea resistente (véase Figura 1).

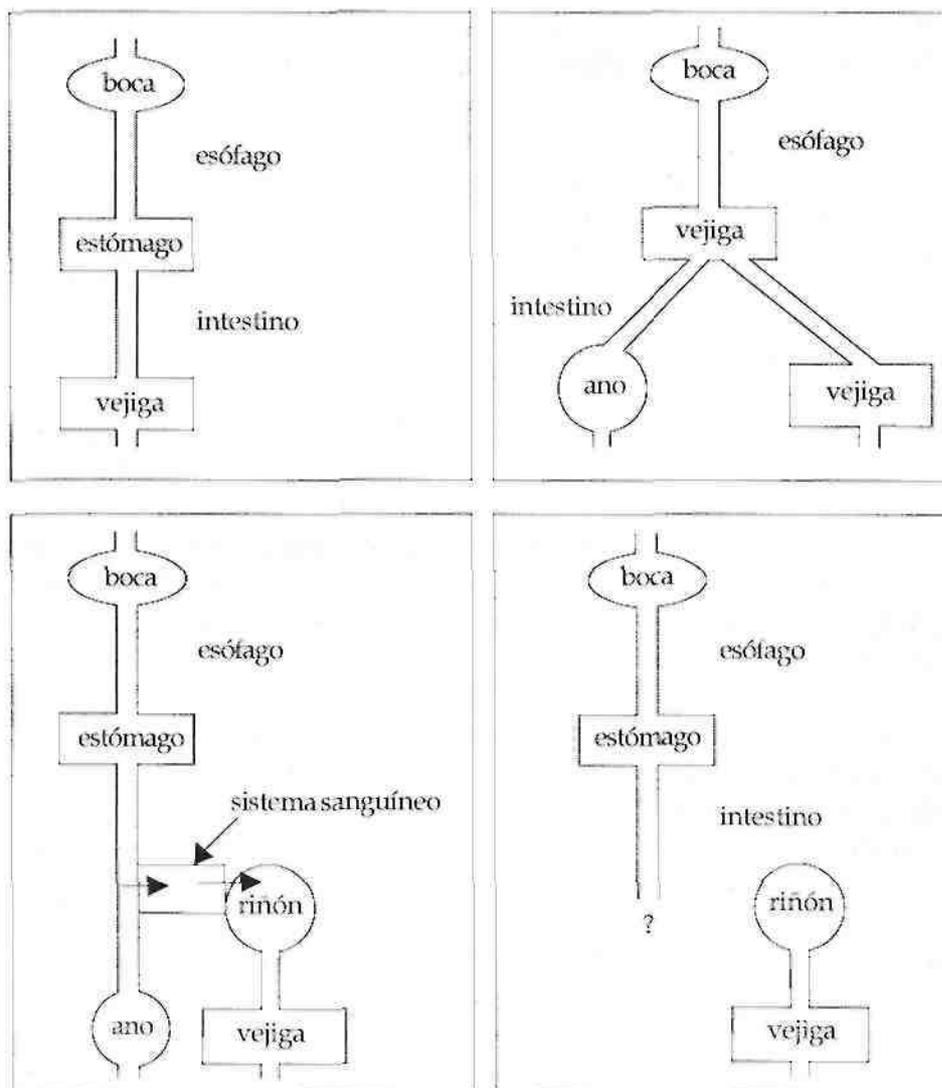


Figura 1. Representaciones del aparato digestivo.

Sería fácil continuar con este catálogo relativo a las concepciones de los alumnos sobre otras nociones científicas, pero esos temas son ya bastante conocidos y no constituyen el objeto de este artículo.

1.2. UNA DOBLE SIGNIFICACIÓN Y UNA NATURALEZA AMBIGUA

La significación de las concepciones alternativas de los alumnos es doble:

- Por un lado, es la de una *desviación del saber erudito*, el cual da el contrapunto de los conocimientos escolares por adquirir. Las concepciones alternativas suscitan el interés del docente porque ocupan el mismo "nicho ecológico" que los saberes científicos cuyo aprendizaje persigue. Desde este punto de vista pues, la representación *se opone al objetivo*, ya que la misma impide alcanzarlo fácilmente;
- Pero su significado es al mismo tiempo el de *explicaciones funcionales* que, para el alumno, "operan" desde hace mucho, por lo general desde la infancia. Desde este punto de vista, la representación ya no es lo que se opone al objetivo, dado que esta ocupa *el centro mismo del proyecto didáctico* y de las transformaciones intelectuales que el docente se esfuerza por estimular.

Esta doble significación obliga al docente a *descon/iarde* las concepciones de los alumnos, ya que éstas pueden alejarse constantemente de sus objetivos, y *al mismo tiempo a buscarla expresión de dichas concepciones por parte del grupo de alumnos*, con el fin de poder tratarlas mejor.

Pero más allá de las constataciones empíricas renovadas regularmente, el carácter teórico de esas representaciones está lejos de ser claro, pues no se dejan leer como tales en las producciones de los alumnos (respuestas a cuestionarios, entrevistas, dibujos solicitados, desciframiento de secuencias...), sino que *se infieren de manera indirecta*, en función de marcos teóricos variables según los investigadores.

- Algunos se basan en la psicología de Piaget, mientras que otros se refieren a la epistemología de Bachelard, aunque las problemáticas de estos dos autores sean claramente divergentes y no deberían confundirse (véase Tabla 2). La perspectiva piagetiana lleva a

considerar las concepciones como representativas de una cierta *fase del desarrollo* y como testimonio del desarrollo cognitivo en curso, es decir, como características del pensamiento del niño y del adolescente. Desde la óptica bachelardiana se interpretan más bien como los retornos regulares del *pensamiento común*, por lo que dichas concepciones se refieren, por ende, tanto a los adultos como a los alumnos. Es decir, según Piaget, las concepciones son *el futuro de la razonen* desarrollo, mientras que, según Bachelard, constituyen *el pasado de la razón* siempre dispuesta a la regresión. El primero insiste en la *ligereza* potencial de nuestra inteligencia, y el segundo en su *peso* experiencial.

Tabla 2
Problemáticas de las concepciones desde dos marcos teóricos diferentes

Gastón BACHELARD Palabra clave: «RECTIFICAR»	Jean PIAGET Palabra clave: «DESARROLLAR»
Pensamiento común Obstáculos Ruptura Ascesis Psicoanálisis del conocimiento objetivo	Esquemas Representaciones Desequilibrio Coordinaciones Reequilibrio sobrestimativo
Epistemología genética (regional)	Epistemología histórica (estructural)

- En segundo lugar, se plantea el problema de saber si las concepciones deben ligarse a una *psicología individual* si, por el contrario, intervienen a través de los sujetos *representaciones sociales* de las que cada cual es sólo una manifestación singular. Ello se da por ejemplo con las concepciones de la genética, muy ampliamente sobredeterminadas por imágenes sociales, por un "inconsciente colectivo" del que es reflejo el discurso de los alumnos.

- En tercer lugar, las concepciones de los alumnos pueden considerarse en parte como *esquemas de carácter invariante*, que manifiestan un determinado estado de la estructura cognitiva, y en parte como *estrategias adaptativas*, frente a la diversidad de las situaciones de cuestionamiento escolar, *la parte invariante se almacena en memoria semántica a largo plazo y suministra indicaciones sobre el funcionamiento intelectual del alumno. La parte adaptativa es más bien activada en memoria de trabajo, cuando dicho alumno se esfuerza por satisfacer las demandas del profesor, busca aprobación o espera alguna satisfacción. Se trata entonces del proceso normal de la interacción didáctica.*

1.3. LOS OBSTÁCULOS, "PUNTO NODAL" DE LAS CONCEPCIONES

Las investigaciones más recientes tratan de superar lo que hemos llamado el punto de vista "cartográfico", para reconocer, detrás de concepciones que se refieren a campos científicos distintos, la presencia regular de los mismos obstáculos en número limitado. Las representaciones aparecen, pues, como manifestaciones sucesivas, bajo envolturas variables y bajo los mismos modos de pensamiento más profundos. Esos obstáculos presentan efectivamente un carácter más general y transversal que las representaciones, y son ellos los que las explican y las estabilizan en lo más profundo, constituyendo así una especie de «*punto nodal*» de las concepciones. Diversas representaciones, relativas a nociones sin vínculo aparente, pueden surgir así en el análisis como los puntos de emergencia de un mismo obstáculo.

Inversamente, una representación expresada en un determinado contexto puede comprenderse gracias al juego combinado de varios obstáculos que, en otro contexto, se manifiestan de forma diferente. El modelo del iceberg permite entender las concepciones como la parte visible en la superficie de un sistema de pensamiento cuyos obstáculos forman la parte sumergida.

El análisis de los obstáculos permite *extraer el sentido* de las representaciones y construir su interpretación. Sin caracterización satisfactoria de dichos obstáculos, las representaciones se reducirían a un simple

inventario razonado de las ideas encontradas en los alumnos. El caleidoscopio sería entonces más importante que la revelación de la estructura. La breve lista que sigue, y que no pretende ser exhaustiva, da una idea de los obstáculos más frecuentes que están en juego tras las representaciones de los conceptos de la biología:

- *Primacía de la percepción* sobre lo conceptualizado: lo visible, lo brillante, lo animado, las explicaciones por la gravedad (los alimentos y la sangre/que "bajan" por el cuerpo).
- Uso del *pensamiento por pares* que permite proceder a alternativas binarias simples (o... o): oposición entre lo viviente y lo no viviente, disyunción entre los gases y los otros estados de la materia...
- *Sobrevaloración* de los elementos "buenos" con relación a otros considerados malos o peligrosos: valorización de lo viviente respecto a lo no viviente, desvalorización de los gases (peligrosos) y de la química (artificial)...
- *Reducción* de lo viviente a lo mecánico y a lo fabricado (tuberías continuas, bomba cardíaca, importancia de los autómatas en la historia de la biología... y, en la actualidad, del modelo de inteligencia artificial, etc.).
- Atribución de una *intención* (finalismo, antropomorfismo).
- Explicaciones por *transformaciones sin trabas*, factibles en todos los sentidos: mezcla de elementos (herencia), "metamorfosis" posible de las especies (monstruos y unicornios que resultan de todo tipo de intermediarios y de ensamblajes...).

1.4. OBSTÁCULO NO SIGNIFICA DIFICULTAD

Como vemos, los obstáculos más resistentes no son necesariamente dificultades, sino más bien, y muy a menudo, *facilidades que se otorga la mente* para pensar los fenómenos. Cuando el pensamiento encuentra una dificultad, éste es por lo general sensible a aquello con lo que "tropieza" y que lo frena o lo detiene. El obstáculo corresponde, al contrario, a un *funcionamiento económico del cerebro* que pone en juego un sistema de explicación rústico y sencillo, por cierto, pero

inmediatamente disponible y "cómodo" para el sujeto. El obstáculo es una forma del conocimiento, decía Bachelard, quien se esforzó por describir lo que nos cuesta siempre deshacernos de él. Si hay dificultad, ésta consiste en evitar rechazar el uso del sentido común, en obligarnos a construir una respuesta elaborada cuando creemos disponer de una respuesta "lista para pensar". Así comprendemos mejor que los obstáculos estén particularmente arraigados, puesto que *cambiarlos* implica, en cierta forma, abandonar una parte de sí mismo. Podemos describir seis características principales de los obstáculos de la siguiente manera:

- *su positividad*: el obstáculo no es ignorancia, ni un bloqueo psicológico, sino que implica una "saturación" de conocimientos previos, inmediatamente movilizados equivocadamente por la mente. Es un tejido de errores contruidos, positivos, arraigados, solidarios. Sobre este tema se han mencionado los "esquemas peligrosos".
- *su facilidad*: el obstáculo es una facilidad que se concede la mente para seguir razonando de manera sencilla, "inmerso" en la comodidad intelectual, gracias al juego fácil de analogías, de metáforas (demasiado) satisfactorias, de pares de oposiciones binarias, etc.
- *su interioridad*: contrariamente a lo que sugiere la etimología (*obstare*: mantenerse delante), el obstáculo no es aquello contra lo cual vendría a "tropezar" el pensamiento, sino que está en el pensamiento mismo, en las palabras, en la experiencia cotidiana, en el inconsciente... El error ocupa el centro mismo del acto de conocer y es la sombra proyectada de la razón, hasta el punto de que no se puede soñar con un aprendizaje sin obstáculo.
- *su ambigüedad*: toda representación es a la vez una herramienta necesaria y una fuente potencial de errores. Los obstáculos no lo son en sí mismos, ya que los razonamientos que movilizan pueden a priori ser válidos. Se hablará más bien de una *función obstáculo* cuando esos modos de pensamiento legítimos se utilizan para la resolución de un tipo de problemas para los que no se adecúan. Lo que constituye un obstáculo es el uso ilegítimo, fuera de sus límites de validez, de un determinado sistema cognitivo, que por lo demás también tiene sus virtudes.

- *su polimorfismo*: <z\ carácter proteiforme del obstáculo lo lleva a dimensiones y adherencias múltiples, pues no se limita al campo racional, sino que a menudo extiende ramificaciones hacia los planos afectivo, emocional, fantasmático, mítico... ia menos que no sean estas dimensiones las que contaminen el razonamiento científico! Posee pues una "carga simbólica" y se caracteriza por un "realismo glotón".
- *su recursividad*: sólo retrospectivamente el obstáculo se nos presenta como lo que es. Es el pasado de la razón, cuando ésta se vuelve sobre sí misma para juzgarse. Por ello decía Bachelard que no hay que confundir los "fundamentos" con los "comienzos". El fundamento es recurrente: permite identificar a posteriori el comienzo como el balbuceo infantil que era, y que se revela como tal *in fine*, por lo que nos cuesta trabajo creer que hayamos podido permanecer durante tanto tiempo presos de esa idea que ahora nos parece tan evidente. Tomar conciencia de los obstáculos nos vuelve modestos y nos lleva a la ironía, e incluso a reírnos de nosotros mismos.

1.5. EL EJEMPLO DE LAS TRANSFORMACIONES DE LA MATERIA

Las transformaciones de la materia, tanto físico-químicas como biológicas (digestión, respiración, fotosíntesis), sobre las que hemos dirigido investigaciones, nos permitirán ilustrar el funcionamiento mental de los obstáculos. Ya hemos observado concepciones reiteradas de alumnos en campos nocionales aparentemente distintos:

- la concepción de un vínculo directo entre estómago y vejiga para explicar los fenómenos digestivos, acompañada de una concepción mecánica de las transformaciones digestivas (modelo de las "tijeras");
- la concepción de la respiración reducida a fenómenos de ventilación concebidos como "llamadas de aire" en las cavidades y orificios, en los que el aire penetra simplemente «*porque hay un hueco*».

Se puede añadir otras dos representaciones frecuentes que constituyen un sistema con las anteriores, por la intervención de los mismos obstáculos:

- El cierre de los ciclos biológicos de un ecosistema se concibe con base en el modelo de la descomposición mecánica de lo viviente en pequeños fragmentos microscópicos, fragmentos de los que se nutren los vegetales que los aspiran con sus raíces «*como con pitillos*». Los fenómenos de mineralización se evacúan así, de tal manera que habría que hablar de "reciclaje" (como del reciclaje industrial del vidrio), más que de verdadero ciclo. La idea de fotosíntesis queda por fuera de tal representación.
- Los gases no se conciben como pertenecientes a la materia, de la misma manera que los sólidos y los líquidos, sea porque no se es consciente de su existencia o porque se los considera de naturaleza diferente (al igual que la luz), o bien porque se los percibe como una categoría específica de materia, dotada con propiedades particulares (por ejemplo, la de no tener peso).

Estas diversas concepciones se solidarizan mediante el juego complejo de un "nudo" de obstáculos que explican su coherencia y su resistencia; este nudo

- a) Separa los fenómenos nutritivos -considerados como los que ponen en juego sólidos y líquidos- y los fenómenos respiratorios y fotosintéticos -los cuales sólo afectan a los gases-;
- b) Evita tener que pensar que algunos seres vivos puedan fabricar su sustancia a partir de un gas (que además se considera nocivo);
- c) Permite la "economía" de los procesos tanto químicos (ya que bastan las transformaciones mecánicas), como energéticos.
- d) Presenta la ventaja de obedecer a una *forma adecuada* («la cosa funciona»), satisfactoria para la inteligencia.

Este "nudo" de obstáculos puede esquematizarse de la siguiente manera (Figura 2):

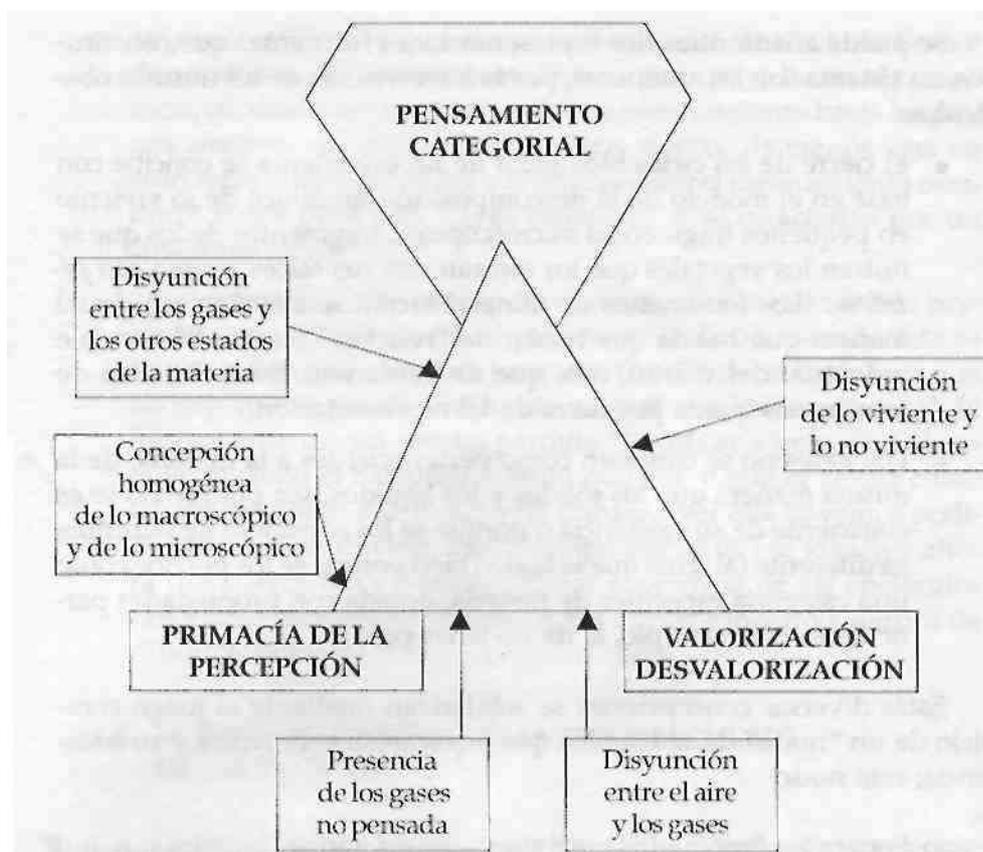


Figura 2. Esquema del "nudo" de obstáculos.

Este esquema nos permitirá comprender lo que ocurre con un curso que trabaja sobre la fotosíntesis, al que el profesor propone un documento procedente del Instituto Nacional de Investigación Agronómica (INRA), que explica cómo obtener tomates cultivándolos sin suelo y en invernadero. Este documento indica que «el incremento de CO_2 en el aire del invernadero tiene como consecuencia un rápido crecimiento y una mejor calidad de los frutos, mayor cantidad de tomates por planta, así como un aumento en el peso y calibre de los mismos».

Pierre-Yves, al ser interrogado, no puede aceptar la idea de un " CO_2 nutritivo". Cuando la profesora le pide, a manera de argumento, que lea en voz alta el documento, él permanece mudo y desconcertado:

Prof.: ¡Explícanos por qué no estás de acuerdo!

Pierre-Yves: Bueno, el CO₂ es el dióxido de carbono. Es el gas que expulsan las plantas y ¡no lo... el que absorben!

Prof.: Bueno, ¿qué...? Cuando el INRA aumenta la cantidad de dióxido de carbono, ¿qué ocurre con los tomates? ¿Qué te dice el texto?

R-Y: (*Mira hacia el texto*)

Prof.: ¿Qué se consigue cuando se aumenta la cantidad de dióxido de carbono?

P-Y: (*Mueca...*)

Prof.: ¿Qué te dice el texto?, ¿Qué se obtiene? (*Muestra el texto*)

P-Y: ...

Un compañero: Se logra un aumento de masa, de volumen y además de materia.

Prof.: Sí, tenemos más tomates y más grandes. ¿Queda claro?

P-Y: Sí... (*con resignación*)

Pierre-Yves no puede literalmente leer la hoja que tiene ante sus ojos, pues ésta contradice por completo sus concepciones de la nutrición vegetal. Es su compañero el que lee en su lugar y su aceptación final está lejos de ser entusiasta. Sin embargo, ese mutismo no significa en absoluto ausencia de actividad intelectual; al contrario, el alumno queda perplejo ante la divergencia que no sabe cómo resolver entre sus ideas personales y los datos suministrados.

Gaél se aplica mucho más activamente a examinar las *composibilidades* ús las cosas y propone un extraño dibujo (véase Figura 3) en el que combina las ideas que Pierre-Yves no logra conjugar. Según sus concepciones personales, ella hace salir el CO₂ por las hojas del tomate (como un gas respiratorio) y, como el profesor acaba de explicar el valor nutritivo de ese gas para las plantas, lo hace entrar de nuevo en la planta por las raíces ¡como un elemento nutritivo!. Este esquema en círculo auna concepciones previas y conocimiento nuevo de una forma biológicamente descabellada, pero mentalmente satisfactoria, ya que obedece a una "forma adecuada": *¡funciona!*



Figura 3. Dibujo de Gaél, quien se propone representar su comprensión del "CO2 nutritivo": el CO2 sale por las hojas del tomate y regresa a la planta por sus raíces.

Juliette se muestra como una alumna más dócil. En primer lugar, da una respuesta conforme a las expectativas de la profesora, aceptando que el incremento de CO₂ en la atmósfera permite obtener mejores tomates. Sólo cuando otra alumna evoca el carácter nocivo de ese gas, Juliette se corrige («Creo que Audrey lleva razón») y explica entonces «que habría demasiado CO₂ y no suficiente oxígeno, y que la planta se asfixiaría como un ser humano». Abandona la respuesta aprendida y vuelve de alguna manera a su propio pensamiento, que contenía el obstáculo en estado latente, y la analogía con el hombre interviene como argumento complementario.

Amina, sin embargo, contesta sin rodeos: «No tiene nada de extraño, pues nosotros también bebemos agua con gas» (sic).

Este ejemplo muestra así que diversas modalidades de errores aparentes (incluyendo los que se deducen del silencio) reflejan en realidad verdaderos esfuerzos intelectuales de los alumnos por adaptar sus representaciones de un fenómeno a una situación didáctica nueva: por contradicción disonante, por compromiso integrador o por regresión aparente. Tan sólo Amina no ha visto obstáculos.

2. EL TRATAMIENTO DIDÁCTICO DE LOS OBSTÁCULOS

2.1. *LA RESISTENCIA ES CARACTERÍSTICA DE LOS OBSTÁCULOS*

Todo lo anterior demuestra que la resistencia es característica de los obstáculos, por lo que no podemos esperar superarlos con el sencillo aporte magistral de un saber científico "verdadero". A decir verdad, un obstáculo epistemológico no se resuelve nunca definitivamente, pues siempre puede volver a surgir en una determinada situación, con una forma u otra. El objetivo último del trabajo didáctico no es la superación del obstáculo, como esperamos siempre de alguna manera, sino más bien su *identificación como tal* por parte del alumno, y el control vigilante que ejercerá a partir de entonces sobre el mismo.

Como, una vez más, dice Bachelard : «*El hombre culto es como un zurdo obligado a usar la mano derecha*», y también: «*Hay que pensar contra el cerebro*» (!).

2.2. *LOS USOS DIDÁCTICOS DEL CONFLICTO SOCIO-COGNITIVO*

La idea de *conflicto cognitivo*, desarrollada por Piaget, describe el hecho de que un mismo sujeto puede disponer, sin dificultad, de sistemas heterogéneos de interpretación del mundo, a veces lógicamente contradictorios entre sí, pero gracias a los cuales puede dar cuenta de situaciones y de experiencias diferentes. Cuando dichas explicaciones "locales" entran en conflicto, ello puede conducir a una regresión hacia uno de los términos, al "olvido" de un componente, o a una superación positiva de la oposición. El conflicto cognitivo no es la causa del progreso intelectual, pero con frecuencia es su palanca, cuando es asumido como tal.

La idea de *conflicto socio-cognitivo*, desarrollada por sus sucesores, muestra que los sistemas de explicación son igualmente heterogéneos de un individuo a otro. Por medio de experimentos repetidos, ellos han

demostrado que los sujetos sometidos a un problema por resolver pueden manifestar un progreso intelectual significativo, aun cuando ninguno de ellos posea la "respuesta acertada". Para ello es preciso que al mismo tiempo se encuentren en situación de *conflicto* respecto a las respuestas contrastadas que proporcionan, y en situación de *cooperación* respecto a la necesidad de acuerdo para construir una respuesta común. El motor del progreso -ya que ninguno está más adelantado que los demás y no puede ser imitado- sólo puede encontrarse en el mismo *proceso de interacción*. La razón del progreso estaría ligada al hecho de que los distintos puntos de vista opuestos son defendidos por sujetos co-presentes y que interactúan. En esas condiciones, aumenta su probabilidad de ser simultáneamente tomados en cuenta y abordados, mientras que algunos rasgos pueden ser "olvidados" fácilmente cuando un solo individuo examina mentalmente diversas facetas del problema. Éste se ve obligado a considerar las ideas de su compañero tanto como las suyas propias, para lograr una estructuración que conjugue las divergencias. En otras palabras, la existencia de un conflicto socio-cognitivo en el seno del grupo estimula las posibilidades de conflicto cognitivo para cada uno (o para algunos) de sus miembros. El conflicto con carácter *interpersonal* debe volver a presentarse con base en el modo *intrapersonal* para que se ponga en marcha un proceso intelectual de resolución.

Pero esta noción de conflicto socio-cognitivo ha sido con frecuencia interpretada a la ligera como una banal confrontación de las ideas de los alumnos en una clase. De todo ello ha resultado cierta decepción, que ha llevado a algunas investigaciones a abandonar la pista, tal vez de manera precipitada.

Sin duda, hoy en día es mejor explorar seriamente las condiciones de su eficacia, tras haber fijado lúcidamente sus límites. Las dificultades que aparecen son de tres tipos principalmente:

1. En clase, las situaciones de interacción no se controlan de manera tan precisa como en el laboratorio. Sugerir debates a los alumnos no basta para suscitar verdaderos conflictos, sobre todo porque ellos se "pegan" fácilmente a sus "posiciones" escolares ya establecidas. Las situaciones experimentales son efectivamente

"calculadas" para provocar interacciones que los sujetos sólo puedan superar mediante una *resolución cognitiva y no relacional*, es decir, sin aceptar las ideas de otro por conformidad o por complacencia afectiva.

2. Los trabajos psicológicos se centran en las etapas del desarrollo intelectual global, es decir, en un cambio de "estadio" (conservación de las longitudes o de las cantidades). Nada indica que ocurra exactamente lo mismo cuando se trata de un aprendizaje nocional relacionado con una determinada disciplina o un contenido específico. Lo que se ha concluido respecto al *sujeto epistémico* no se puede aplicar sin cautela al grupo. El *alumno* de la situación *didáctica* no se ajusta perfectamente al *sujeto* de la situación *psicológica*.
3. El proceso de renuncia presenta ciertamente un *aspecto racional*, pero no se limita al mismo en absoluto, lo que puede explicar que las refutaciones por lo general se ignoren o se descarten. Al ser la *denegación* parte integrante de la idea misma de obstáculo epistemológico, es comprensible que un resultado aislado sea reinterpretable en la representación del alumno, que es apta para asimilar muchos más datos nuevos de lo que se piensa. Al igual que existen escasas experiencias cruciales en historia de las ciencias, no vemos cómo pueda haber en didáctica argumentos absolutos que obliguen a los alumnos a un cambio de representación.

Resumiendo, la noción de conflicto socio-cognitivo se ha visto a menudo empobrecida, reducida a la expresión de ideas contradictorias entre alumnos y a su puesta en contradicción lógica. Ello equivale a olvidar que el conflicto no es un enfrentamiento "guerrero" de concepciones opuestas, entre las que una acabaría por imponer su ley a los alumnos. *Obligar no es con vencer*, y de nada sirve que cada uno se quede en sus trece, si los puntos de vista suscitados no se interiorizan, como alternativas de las que cada cual "pese" mentalmente los términos.

Es esencial tener en mente que el rechazo al argumento y la denegación forman parte integrante de la idea de obstáculo. Las resistencias son previsibles, los rodeos y las evitaciones son moneda corriente. La "prueba" aportada por la argumentación del que está convencido no puede forzar a la mente de los demás a someterse tan sólo en función

de dimensiones afectivas y personales. El ambiente del curso incide bastante en ello, pues hay que contar con mucha confianza y con el respeto suficiente como para "lanzar" las ideas sin reticencia. Por esto mismo, la implicación "en primera persona" es una condición esencial. No basta con destruir lógicamente el sistema de pensamiento de los alumnos para que otro sistema les parezca más explicativo.

2.3. LA NOCIÓN DE OBJETIVO-OBSTÁCULO

La noción de objetivo-obstáculo busca, como su nombre indica, hacer interactuar trabajos y reflexiones, a menudo divergentes, que se han realizado, con objetivos pedagógicos unos, y con las representaciones de los alumnos otros. Esto renueva tanto la concepción de los objetivos como la de los obstáculos (véase Tabla 3 y Figura 4).

- los obstáculos ya no se caracterizan de forma negativa, ya que se examinan las *condiciones de su superación posible*. Son considerados más dinámicamente por constituir un *reto* conceptual más que un *impedimento* para el aprendizaje;
- en cuanto a los objetivos, ya no se definen, en forma behaviorista, a través tan sólo de los comportamientos observables que se buscan («*el alumno debe ser capaz de[...]»*), sino que se centran en mayor medida en los *procesos de transformación intelectual* que se persiguen.

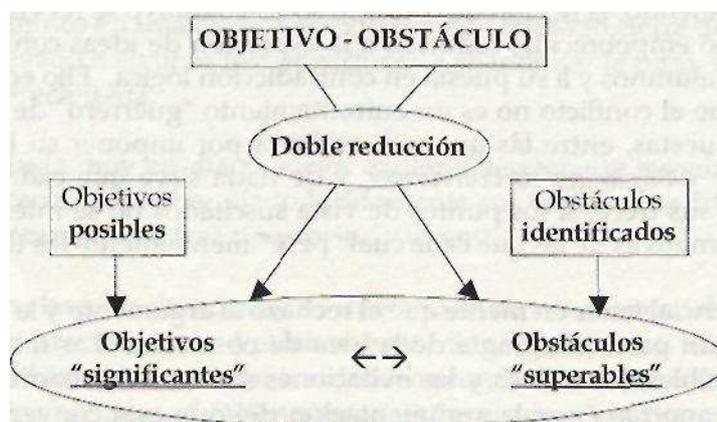


Figura 4. Esquema que sintetiza la noción de objetivo-obstáculo.

Esta visión más positiva de los obstáculos por superar no implica subestimarlos (pues se vengarían rápidamente en contrapartida), ni sobrevalorarlos, sino que lleva a *diagnosticarlo?*, que parecen superables, en un momento dado del programa, siempre que se organice en torno a ellos una estrategia didáctica coherente. La idea de objetivo-obstáculo funciona pues *como un modo de selección*, entre los numerosos objetivos posibles, de los que parecen pedagógicamente "interesantes".

Tabla 3
Concepciones behaviorista y constructivista de los objetivos.

OBJETIVOS OPERACIONALES	OBJETIVOS OBSTÁCULOS
Marco <i>behaviorista</i>	Marco <i>constructivista</i>
Formulación <i>a priori</i> , a partir sólo de los contenidos	Formulación <i>insitu</i> , a partir de los obstáculos regulares
Caracterizados en forma <i>estática</i> por un comportamiento observable	Caracterizados en forma <i>dinámica</i> por un progreso intelectual
<i>Divergencia</i> 'de los objetivos posibles (demasiado) numerosos	<i>Convergencia</i> sobre objetivos seleccionados y calibrados
«En la medida en que los obstáculos tienen una significación epistemológica profunda, parece legítimo hacer de su superación los verdaderos objetivos conceptuales» (Martinand, 1986)	

La utilización didáctica de los objetivos-obstáculos es variada, ya que estos pueden funcionar de tres maneras complementarias:

1. Como un modo de selección del objetivo de una secuencia. Así como se construyen habitualmente secuencias de enseñanza alrededor de la progresión de una noción, es posible también contemplar otras mejor "calibradas" en torno a la superación de un obstáculo. Ya hemos visto que una presentación nocional, por muy lógica y coherente que sea desde el punto de vista del análisis

sis de la materia enseñada y de su repartición en elementos, no es a menudo suficiente para modificar las representaciones de los alumnos y hacerles superar los obstáculos.

2. Como una herramienta para regular las intervenciones didácticas. Los objetivos-obstáculos en este caso sirven más bien al docente como tabla de lectura para comprender lo que dicen y hacen los alumnos, para ver mejor con qué dificultades se enfrentan, y para orientar por consiguiente sus intervenciones. Si, en este caso, cada objetivo-obstáculo no es el eje de una sesión particular, la referencia consciente a un reducido número de ellos permite regular mejor la actividad didáctica y evaluar el aprendizaje a partir de la observación continua del grupo.

Estos dos primeros puntos de vista son además complementarios, puesto que la resistencia de los obstáculos es tal que es útil abordarlos tanto en forma global (a partir de secuencias específicas), como en forma local (retomando las cosas en diversos contenidos específicos).

3. Como una referencia para la construcción curricular. La gestión didáctica de los obstáculos puede verse también de forma distinta, como una salida posible para construir una verdadera "pedagogía en espiral", cuando las mismas nociones aparecen repetidamente a lo largo de los programas escolares sucesivos. Los objetivos-obstáculos constituyen referencias que permiten identificar precisamente el progreso intelectual que se logra cada vez que se reinicia la materia, lo que puede contribuir a despertar el interés de los alumnos por temas que, de otro modo, perderían rápidamente su atractivo.

BIBLIOGRAFÍA

ASTOLFI, J.-P. «El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos». En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 6, No. 2. (1988).

_____ «El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos». En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 12, No. 2. (1994).

_____ *L'erreur, un outil pour enseigner*. París: ESF, 1997.

_____ «Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos de ciencias: la forma de franquearlos didácticamente». En : PALACIOS, C; ANSOLEAGA, D. y AJO, A., (eds.). *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias*. Madrid: CIDE, 1993.

ASTOLFI, J.-P, (éd.). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles: De Boeck, 1997.

ASTOLFI, J.-P y DEVELAY, M. *La didactique des sciences*. París: PUF, ¿Que sais-je?, 1989. Traducción portuguesa: *A didática das ciencias*. Campiñas (Brasil, SP): Papirus, 1990.

ASTOLFI, J.-P; PETERFALVI, B. y VÉRIN, A. *Comment les enfants apprennent les sciences*. París: Retz, 1998.

BEDNARZ, N. y GARNIER, C. *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa: Agence d'Arc, 1996.

DEMOUNEM, R. y ASTOLFI, J.-P *Didactique des sciences de la vie et de la terre: fondements et références*. París: Nathan, 1996.

DOISE, W. y MUGNY, G. *Le développement social de l'intelligence*. París: InterÉditions, 1981.

FABRE, M. *Bachelard éducateur*. París: PUF, 1995.

GIORDAN, A. y DE VECCHI, G. *L'origine des savoirs*. Neuchatel, París: Delachaux et Niestlé, 1987.

MARTINAND, J.-L. *Connaître et transformer la matière*. Berne: Peter Lang, 1986.

PERRET-CLERMONT, A.-N. *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*. Berne: Peter Lang, 1979.

SANNER, M. *Du concept au fantasme*. París: PUF, 1983.

