



# Características de una metodología investigativa para el aprendizaje constructivista y significativo de las Ciencias Naturales de Bachillerato (\*)

Rafael Yus Ramos (\*\*)  
I.B. Mixto de Nerja (Málaga)

## RESUMEN

En este artículo, se presenta algunos rasgos que caracterizan la aplicación de una metodología investigativa, destinada a un aprendizaje constructivista y significativo de las Ciencias Naturales en el nivel medio. Dicha metodología parte de las implicaciones didácticas que derivan de las aportaciones de la psicología evolutiva y la psicología del aprendizaje, concretándose en el uso de estrategias que proponen la construcción personal de los conceptos, entre las que destaca, la utilización de cuadernos-guía, que propongan un aprendizaje por descubrimiento dirigido.

El objeto de esta comunicación es, presentar algunas características derivadas del estudio que un grupo de profesores pertenecientes al Seminario Permanente de Ciencias Naturales de la Axarquía, y acogidos a la presente convocatoria de Proyectos de Experimentación de la Consejería de Educación, estamos realizando, con el fin de diseñar una metodología investigativa para el aprendizaje constructivista y significativo de las Ciencias Naturales (en adelante CCNN) en el Bachillerato, en la línea de las últimas aportaciones de la investigación de la enseñanza de las Ciencias, y con la pretensión de aportar nuestro esfuerzo en la definición de aspectos metodológicos fundamentales de la enseñanza de las Ciencias Na-

turales, en el marco de la Reforma de las Enseñanzas Medias.

Es preciso considerar algunos de los componentes más esenciales de la génesis del modelo investigativo, que va definiéndose, cada vez más, como nuevo paradigma de la enseñanza de las Ciencias. Básicamente, se trata de aplicar una metodología acorde con la forma de trabajo de los científicos, es decir, con el llamado «método científico», acorde con el proceso de producción de conocimientos o *productos* científicos. Sin embargo, este planteamiento ya subyacía, aunque con fuertes componentes empiristas, en el llamado movimiento de reforma del curriculum, de los años 60. Ahora no se plantea la disyuntiva proceso-producto, por

(\*) Proyecto de Experimentación MA-27.

(\*\*) I.B. Mixto de Nerja.  
Carretera de Málaga-Almería, s/n.  
Nerja (Málaga).

otra parte tan íntimamente ligados, sino que se trata de la propia génesis del conocimiento. De este modo, se incorpora las aportaciones de la psicología del aprendizaje. Desde una perspectiva piagetiana, aparece el problema de los requerimientos cognitivos de los conceptos (Shayer, 1984), en función del desarrollo psicoevolutivo del alumno, lo que influiría como criterio en la selección de contenidos y estrategias de aprendizaje. Por otra parte, y desde una perspectiva ausubeliana, aparece la importancia de las representaciones de los alumnos, en la adquisición de un conocimiento significativo (Ausubel, 1978), lo que, articulado en el modelo cognitivo de los constructos (Kelly, 1970), nos lleva a una concepción constructivista del aprendizaje. Según esta orientación, el alumno construye su propio conocimiento, lo contrasta con la experiencia, y los reestructura, según el resultado de su análisis. Desde la investigación de la enseñanza de las ciencias, y sobre la base de los anteriores planteamiento, se preconiza la necesidad de una metodología que provoque en el alumno un cambio conceptual y metodológico de forma similar a como se producen las revoluciones científicas, los cambios de paradigmas (Gil, 1983).

En esta línea se ha ido concretando en nuestro país, un nuevo modelo didáctico que ha cristalizado en el área de la Física y Química (Furio, Gil, Carrascosa, Hierrezuelo, etc.), cuyos resultados vienen a validar estos supuestos. Una visión más amplia de esta metodología, aplicable a otras etapas del desarrollo madurativo del alumno, lo encontramos en Cañal y Porlán (1986), quienes preconizan un Modelo Global. Sin embargo, es preciso adoptar posiciones críticas ante la avalancha de estas nuevas aportaciones, evitando así que se convierta en una moda o slogan (en palabras de Gil, 1986), que conduzca a una incorrecta aplicación de dicha metodología, y a unos resultados nefastos y, por tanto, a un desconcierto o desencanto del profesorado, como ha sucedido en otras ocasiones.

Sin embargo, es constatable que, mientras este modelo va siendo investigado en la Didáctica particular de la Física y Química de Bachillerato, no ocurre así con las Ciencias Naturales de este mismo nivel. Hay varias circunstancias que pueden explicar este fenómeno: la escasez de investigaciones de las

didácticas especiales, escasa formación del profesorado en disciplinas auxiliares, el peso del paradigma ambiente y aspectos derivados de la propia epistemología de estas ciencias, diferente de la Física y Química.

El objeto de nuestro Proyecto es contribuir a la definición de la metodología investigativa, en el caso particular de la enseñanza de las Ciencias Naturales. Dicho Proyecto consta de varias fases (documentación, diseño de materiales, aplicación y evolución), con lo que esperamos aportar una alternativa didáctica que permita un aprendizaje constructivista y significativo de esta materia en los adolescentes de Bachillerato.

#### **Algunas dificultades de la metodología investigativa en el caso de las CCNN**

Coincidimos con Gil (1986), en que actualmente es imposible concebir un modelo de aprendizaje uniforme, aplicable por igual a todas las materias y edades. Independientemente de que esto pueda ser deseable para muchos profesionales, ávidos de recetas y de simplificaciones del proceso de enseñanza-aprendizaje, lo cierto es que cada asignatura, y aún cada ciencia, tiene sus propias características, su propia epistemología, derivadas de las características singulares del objeto de estudio. Por otra parte, el modelo investigativo aparece definido para el caso particular de las Ciencias Experimentales, ya que se trata de favorecer que el alumno trabaje de forma similar (aunque no igual) a como lo hacen los científicos. Es evidente que éste no es extrapolable a etapas tempranas del desarrollo psicoevolutivo del alumno. Por tanto, parece que este modelo queda restringido para el caso particular del adolescente del nivel medio de aprendizaje, en el que ya es posible el uso del razonamiento hipotético-deductivo, esencial para el desarrollo de las actividades científicas.

Como indicábamos anteriormente, frente a esta visión estricta, se ha venido esgrimiendo argumentos a favor de una concepción más amplia de este modelo (Cañal, Porlán, 1986), aplicable a cualquier edad o materia. Naturalmente, ello obliga a matizar términos; así, se entiende por investigación algo más común que la investigación científica: la búsqueda, la indagación, etc., lo que no tiene por qué ir

aparejado con la emisión de hipótesis, sino otras formas de razonamiento, más cercano al «sentido común».

Centrándonos en el caso particular de las Ciencias Naturales en el nivel medio, hemos de hacer las siguientes consideraciones de partida:

a. Actualmente, son muy escasas las investigaciones sobre Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza, y dentro de éstas, es notorio el claro abandono de los problemas didácticos de la Geología, frente a los de Biología. Esta situación puede deberse a varias circunstancias, entre las que destacamos, las siguientes:

- El predominio de los componentes biológicos en los enfoques naturalísticos globalizadores, usuales en los nuevos currículos de CCNN de Bachillerato.

- La propia dificultad de estas ciencias, en las que muchos fenómenos no son directamente observables, a causa de una limitación en la escala del espacio (ej. dificultad de acceder al interior de la Tierra), como del tiempo (ej. dificultad de acceder a fenómenos paleontológicos). Por otra parte, hemos de considerar la velocidad en que se suceden los fenómenos geológicos, difíciles de comprender en la reducida escala de la vida de una persona.

De este modo, la Geología, va quedando relegada a un segundo y obsoleto plano, sólo recurrible bajo planteamientos geográficos.

b. En el terreno de la investigación sobre los errores conceptuales, ya se ha constatado (Serrano, 1986), el gran desequilibrio entre los estudios sobre conceptos físico-químicos y los biológicos. Nosotros añadiríamos que esta diferencia es ya abismal, para el caso de los conceptos geológicos. Entre los temas investigados en biología destacan: conceptos de fisiología vegetal (fotosíntesis, respiración, nutrición, crecimiento, transporte), ecología (ecosistemas, redes tróficas), el Cuerpo Humano (digestión, circulación, sexualidad), genética (herencia, genética mendeliana) y evolución (selección natural, teoría).

c) En la Didáctica de las Ciencias Naturales, y aún en la formación universitaria, aún gravitan concepciones decimonónicas, basadas en la observación de la Naturaleza. Bajo la importancia que se le otorga a la observación, subyace una concepción inductivista de la Ciencia, claramente superada hoy día (Pop-

per, 1967). De otra parte, y en relación con otras ramas de estas mismas ciencias, aún, están presentes concepciones empiristas de barniz inductivista, en la creencia de que toda verdad científica ha de ser demostrable experimentalmente, negando así otras formas de razonamiento científico. Esto ha llevado a polarizar las didácticas en dos bandos: los que preconizan la importancia de la observación de la Naturaleza, y los que priman la importancia de los experimentos de laboratorio. Los primeros suelen acoger de buena gana los planteamientos de didáctica en ambientes extraescolares: investigación del medio, estudio del entorno, itinerarios naturalísticos, escuelas de la Naturaleza, granjas escuelas, aulas de la naturaleza, acampadas naturalísticas, etc., y están acogidos al paradigma de la Educación Ambiental. Entre los segundos están los activistas, profesores preocupados por aspectos técnicos, tales como: prácticas de laboratorio, modelos didácticos interactivos, enseñanza asistida por ordenador, etc.

Sin embargo, un denominador común de todos estos planteamientos, es la ausencia de situaciones que favorezcan el trabajo científico, sobre todo, en lo que se refiere a la emisión de hipótesis y diseño de experiencias así como una ausencia del pensamiento divergente.

d). Los últimos avances en la Didáctica de las Ciencias Naturales, han ido de la mano de planteamientos derivados del paradigma medio-ambiental. En efecto: a la lógica reacción de rechazo de la enseñanza de una Naturaleza muerta, asfixiada por las paredes del aula, o a lo sumo por los frascos del museo escolar, se le ha unido nuevos planteamientos sobre ética ambientalista. De esta suerte, se puede constatar, por el volumen de artículos y comunicaciones a congresos, la preponderancia y aceptación de aportaciones en este sentido, la mayor parte de las cuales se verifican en ambientes extraescolares, en contacto con una naturaleza más o menos alterada. De este modo, aparecen los itinerarios naturalísticos, granjas-escuelas, acampadas naturalísticas, escuelas de la naturaleza, etc., que van a desembocar en un reencuentro con el objeto de estudio, anteriormente plastificado en los libros de texto y frascos de alcohol.

A pesar de este gran avance, y de la importante articulación de la enseñanza libresco con los problemas sociales del medio ambiente, lo

cierto es que son pocas las aportaciones que incorporan los nuevos planteamientos sobre Didáctica de las Ciencias, siendo frecuente en estos currícula, caer en concepciones inductivistas, con el predominio de actividades exploratorias, basadas en la creencia de que la observación proporciona elementos para generar ciencia.

e) A la hora de diseñar estrategias de instrucción para las CCNN, mediante una metodología investigativa, similar a la que vienen desarrollando algunos autores, en el campo de la Física y Química (Furio, Gil, Hierrezuelo, etc.), observamos algunas dificultades. Entre ellas, destaca la imposibilidad de reproducir muchos fenómenos biológicos/geológicos, a la escala directamente observable, o bien la dificultad de diseñar sistemas de medición y de control de variables para dichos fenómenos. Otro problema es el tiempo que se precisa para determinadas experiencias, como puede ser la germinación, o un ciclo biológico. Esto último obliga a complicados sistemas de investigaciones paralelas, a largo plazo, que impiden una adecuada temporalización de las actividades y una adecuada secuencia en la adquisición de los conocimientos, que caracteriza a los nuevos currícula de Ciencias.

f). Cualquier programa de un currícula de CCNN ha de contemplar, por sus características propias, un contacto más o menos asiduo con la Naturaleza. Las salidas al campo no pueden dejarse para una buena estación o para cuando haya apoyo económico. No pueden ser consideradas estas salidas como una actividad extraescolar más, sino que han de estar debidamente articuladas en una secuencia que comience y termine en el aula (Yus, 1986). De este modo, la salida al campo ha de incorporarse en la secuencia de actividades encaminadas a la adquisición de conceptos, mediante una metodología investigativa.

g). En la CCNN es fundamental la imagen. Mientras que en otras ciencias, la Naturaleza se abstrae mediante símbolos y modelos de diversa índole, en Geología y Biología se trabaja con imágenes. Estas pueden ser reales (seres vivos en su medio natural, o bien en cautividad, o bien muertos: museo escolar), reproducidos fielmente (diapositivas, películas, vídeo), o lo que es más frecuente, simplificaciones de la realidad (dibujos, esquemas). Esto nos lleva a la importancia de las fuentes

documentales, el uso adecuado de medios audiovisuales, así como la observación de animales y plantas libres o en cautividad. Por ello, en esta materia, la supresión del libro de texto, por la inadecuación a los nuevos planteamientos, debe llevar aparejada una solución alternativa, que permita disminuir el nivel de codificación de las descripciones y sirvan como punto de partida para el desarrollo de actividades científicas encaminadas a la obtención de conceptos.

### Estado actual de nuestros estudios

Partiendo del análisis de nuestra propia práctica docente, en la que detectamos una serie de deficiencias, responsables del fracaso en el aprendizaje de las CCNN, hemos iniciado un proceso de actualización de nuestros métodos, incorporando de una forma crítica, las aportaciones que, desde la perspectiva de la investigación educativa en el campo de las Ciencias, vienen ofreciendo algunos grupos de profesores de Física y Química.

De este modo, hemos adoptado el método del «Cuaderno-Guía» (Gil, 1982) en los que distinguimos:

*La Guía del Alumno:* en la que figura una secuencia de actividades propuestas, según una lógica interna, que pretende alcanzar los esquemas conceptuales, a partir de la interacción de las representaciones de los alumnos con la evidencia de dichas actividades. De este modo, solemos comenzar con actividades que desencadenen o planteen interrogantes. Una vez creado dicho interrogante, invitamos al alumno a esgrimir una explicación razonable o hipótesis, y luego pedimos el diseño de una experiencia demostrativa, o bien aportamos fuentes documentales, para contrastar con dichas hipótesis. Las actividades se desarrollan alternando trabajos individuales con debates en el seno de equipos de no más de 5 alumnos, al término de los cuales se hace una puesta en común y una confrontación de resultados, según el modelo de «diálogos socráticos». La consecuencia óptima de esta secuencia es la adquisición de uno o varios esquemas conceptuales que posteriormente han de ser aplicados a situaciones distintas, que aparecen en otras actividades o problemas planteados al efecto.

Las actividades que se proponen son diver-

sas. Solemos comenzar con un vídeo-fórum, que suscitan los problemas, o bien una demostración de un fenómeno por el profesor. Luego utilizamos actividades con material de laboratorio, salidas a los alrededores del centro (en horario lectivo), trabajos bibliográficos, diseños de experiencias, proyectos a largo plazo, etc. y cuyo denominador común es el debate, según la técnica Philips 66.

*La Guía del Profesor*: elemento de gran significación para nosotros, ya que éste no debe entenderse sólo como un instrumento útil para facilitar al profesor estrategias de instrucción. A nuestro juicio, su principal cometido estriba en el hecho de que obliga a explicitar el modelo didáctico utilizado, constituye un nexo entre objetivos y contenidos, justifica el por qué de las distintas actividades y la conexión entre unos y otros, en función de un objetivo a conseguir.

Actualmente trabajamos en un currículum de 1º de BUP, en el que desarrollamos 8 unidades temáticas, cuyos contenidos hemos seleccionado, a tenor de la estructura de las Ciencias, el sujeto que aprende y la relación con la sociedad. De este modo, seleccionamos aquellos temas que son adecuados para el nivel de desarrollo psicoevolutivo en que se encuentran los alumnos y aquéllos que más necesitan como elementos de juicio para participar en los planteamientos ambientalistas. Por otra parte, los contenidos se organizan según una secuencia o hilo conductor de carácter dinámico o evolutivo, a fin de evitar una visión estática de la Naturaleza. De igual modo, recurrimos a las representaciones ecológicas, para evitar la disyunción geología-biología, alternando la síntesis (visión integrada) con el análisis (visión de la diversidad de la Naturaleza).

Nuestro trabajo se desarrolla normalmente en el laboratorio, si bien hacemos ciencia en otros espacios (aula, alrededores del centro, patio, jardines, etc.). No obstante, el laboratorio es esencial, pues allí los alumnos disponen de un pequeño taller, con herramientas, indispensables para la fabricación del instrumental de sus experimentos; además disponen de acuarios, terrarios, aviarios, anfibiarios y fitarios, para sus observaciones biológicas. Por último, disponen de la dotación normal de un laboratorio de Ciencias.

Al término de este trabajo, y mediante el

diseño de una evaluación investigativa, en la que usamos un grupo control, en el que se imparte una enseñanza transmisiva tradicional, se analizarán una serie de variables, extraídas de nuestra hipótesis de trabajo, con lo que intentamos comprobar la validez de esta metodología, para el caso particular de las Ciencias Naturales.

#### REFERENCIAS

- AUSUBEL, D.P. (1978). «*Psicología evolutiva: un punto de vista cognoscitivo*» Ed. Trillas, México.
- CAÑAL, P. y PORLAN, R. (1986). «Enseñanza-Aprendizaje por Investigación: la urgente necesidad de un modelo didáctica global. *IV Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela*, Sevilla, p. 311.
- CARRASCOSA, J. et al. (1985). «La metodología de la superficialidad». *Enseñanza de las Ciencias*, vol.3, (2), p.113.
- FURIO, C. et al (1984). «Un currículum de Física y Química para las Enseñanzas Medias, basado en la investigación didáctica: primeros resultados» *IV Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela*, Sevilla, p. 321.
- GIL, D. (1982). «*La investigación en el aula de Física y Química*» Ed. Anaya, Madrid.
- GIL, D. (1983). «Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias» *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 1 (1), p. 26.
- GIL, D. (1986). «El aprendizaje como investigación: ¿Nuevo modelo o nuevo slogan superficial?». *IV Jornadas de Estudio sobre Investigación en la Escuela*, Sevilla, p. 329.
- HIERREZUELO, J. et al. (1986). «La Ciencia de los Alumnos» Ser. *Monografías del CEP de la Axarquía*, Vélez-Málaga.
- KELLY, G.A. (1970). «*The psychology of personal constructs*» Norton and Co., New York.
- POPPER, K. (1967). «*La lógica de la investigación científica*» Ed. Tecnos, Madrid.
- SERRANO, T. (1986). «Representaciones de los alumnos en Biología: estado de la cuestión y problemas de su investigación en el aula» *IV Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela*, Sevilla, p. 157.
- SHAYER, M. et al. (1982). «*La Ciencia de enseñar Ciencias*» Ed. Narcea, Madrid.
- YUS RAMOS, R. (1986). «Análisis y tipificación de los Itinerarios Naturalísticos, como recursos, desde la propia práctica docente». *IV Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela*, Sevilla. p. 275.

**SUMMARY**

*In this article on present some characteristics of a investigative methodology destined to a constructivist and significative learning of Natural Sciences to Secondary level. This methodology start of the didactics implications of the evolutive psychology and the psychology of learning contributions, concreted to the use of strategies of personal constructing of concepts, like using of «exercise books», that proposit a learning for a guidet discovery.*

**RÉSUMÉ**

*Dan cet article, on present quelques caractéristiques d'une méthodologie investigative, adressée à l'apprentissage constructivist et significatif des Sciences Naturels dans 1 maoyen niveau. Cette méthodologie part des implications didactiques qui devienent des apportations de la psychologie évolutive et la psychologie de l'apprentissage, d'une manière concrète à l'usage d'estrategies qui proposit la construction personnel des concepts, entre les qui détachent l'utilisation de «capiers-guide», qui proposit un apprentissage par la decouvert dirigée.*