

La transición desde un pensamiento simple hacia un pensamiento complejo en la construcción del conocimiento escolar

J. Eduardo García Díaz

Grupo Didáctica e Investigación Escolar

Dpto. de Didáctica de las Ciencias de la Universidad de Sevilla(*)



RESUMEN

En el presente artículo se desarrollan las hipótesis sobre el conocimiento escolar deseable planteadas en la propuesta curricular "Investigando Nuestro Mundo", sobre todo en lo que se refiere a la perspectiva metadisciplinar presente en dicha propuesta. En concreto se analizan tres categorías metadisciplinarias relativas a la transición desde un pensamiento simple hacia un pensamiento complejo: organización, causalidad y cambio.

La propuesta curricular Investigando Nuestro Mundo

En relación con el proyecto curricular IRES (Grupo Investigación en la Escuela, 1991a y 1991b; Porlán, 1993; García, 1994) se inicia, a partir del año 1991, la elaboración de una propuesta curricular para el área de Conocimiento del Medio y para los ámbitos transversales (Educación Ambiental, Educación para la Salud...) denominada *Investigando Nuestro Mundo* (INM en lo sucesivo) (García y García, 1992a). Esta propuesta, tal como se ha reformulado en estos últimos años, se confi-

gura en torno a un conjunto de *principios didácticos* que sintetizan los planteamientos propios del citado proyecto curricular.

En primer lugar, se trata de trabajar en el aula un conocimiento escolar deseable que, originado en la integración didáctica de diferentes formas de conocimiento, suponga una reconstrucción crítica y una mejora del conocimiento cotidiano, en el sentido de *complejizarlo* para así capacitar a los individuos para su participación en la gestión de los problemas socioambientales propios de la sociedad contemporánea. Por tanto, no se considera el conocimiento cotidiano como un conocimiento homogé-

(*) Facultad de Ciencias de la Educación
Avda. Ciudad Jardín, 22. 41005 Sevilla.



neo, "natural" e inmutable, sino como un saber determinado socialmente, que evoluciona en interacción con otras formas de conocimiento y con los diversos problemas que un medio incierto y cambiante plantea a los sujetos.

En segundo lugar, se plantea que dicho conocimiento escolar debe tener como referente, además de los saberes científico y cotidiano, una determinada perspectiva filosófica-ideológica sobre el mundo que dé sentido a la intervención educativa. Al respecto, se adopta la perspectiva de la *epistemología de la complejidad* (Morin, 1986, 1987, 1988, 1992 y 1994; Martínez, 1993; García, 1995). Dicha perspectiva es, ante todo, una actitud y un método, es decir, una búsqueda de las articulaciones e interdependencias entre los conocimientos, hasta ahora divididos y compartimentados. Propone un cambio en nuestra forma de comprender el universo, una reorganización del saber y una nueva manera de dirigir la indagación sobre el mundo. Representa una actitud abierta, antirreduccionista y relativizadora, que huye del dogmatismo y del uso de recetas simplificadoras, que admite la existencia de incertidumbres, paradojas y contradicciones. Supone una búsqueda de nuevas formas de formular y enfrentar los problemas, más que de nuevas verdades que nos expliquen la realidad. También supone reconocer la complementariedad de conceptos que el pensamiento simplificador tiende a dicotomizar: orden-desorden, sujeto-objeto, unidad-diversidad, causa-efecto, estructura-función, apertura-cierre, científico-cotidiano, estabilidad-inestabilidad, etc. En esencia, el principio de la complementariedad *"subraya la incapacidad humana de agotar la realidad con una sola perspectiva, punto de vista, enfoque, óptica o abordaje, es decir, con un solo intento de captarla. La descripción más rica de cualquier entidad, sea física o humana, se lo-*

graría al integrar en un todo coherente y lógico los aportes de diferentes personas, filosofías, métodos y disciplinas" (Martínez, 1993, p. 131).

Este principio de la complementariedad se acompaña de una *ontología sistémica*, que integra, en un mismo marco conceptual, elementos que proceden de los campos disciplinares clásicos: entidades físicas, entidades biológicas, entidades antrosociales y artefactos tecnológicos. Los elementos componentes de la realidad se explican como partes de sistemas o como sistemas en sí mismos, estando todo en función de todo, de manera que cualquier ente no podrá ser visto de forma aislada, sino a través de su posición y de su función en la organización del conjunto.

La adopción de esta perspectiva supone la elaboración de un marco teórico de referencia explícito, diferente de las propuestas disciplinares y de los planteamientos predisciplinares, que se corresponde con un conocimiento metadisciplinar, es decir con un sistema de ideas que adopta la forma de una cosmovisión, y que comprende unas categorías generales para entender el mundo. La elaboración de esta cosmovisión se plantea como un proceso de construcción social del conocimiento, en el que el saber se elabora a través de la reestructuración activa y continua de las ideas que se tienen del mundo, proceso interactivo que supone entender la dinámica de aprendizaje como el resultado de la negociación de los significados y de la reflexión compartida.

Para dar un sentido a dicho proceso se propone, como eje orientador de la selección y formulación de los contenidos escolares, la transición desde formas simples de pensamiento, caracterizadas por una causalidad mecánica, el centramiento en lo inmediato y evidente, una organización aditiva de la realidad y una concepción rígida y estática del orden en el mundo, ha-

cia otras más complejas, caracterizadas por una causalidad interactiva, un enfoque relativista, una organización sistémica de la realidad y una concepción dinámica y flexible del orden en el mundo. Estas dimensiones (concepción de la diversidad-grado de centramiento en lo evidente, organización, cambio y estabilidad) constituyen un elemento organizador esencial en el tratamiento de los contenidos escolares, funcionando como un *conocimiento metadisciplinar de referencia*.

La propuesta INM es, por tanto, una propuesta metadisciplinar, en el sentido en que Zabala (1993) define el término metadisciplinar: organización de los contenidos escolares según una lógica no disciplinar en la que lo disciplinar se emplea como un medio más para conocer una realidad global. En definitiva, se trata de un cambio de enfoque: la ciencia disciplinar no es el objetivo último de la educación ni el referente exclusivo para la determinación del conocimiento escolar. Los problemas que se deberían trabajar en la escuela son los problemas relevantes para los ciudadanos, no los problemas científicos, de forma que no se trata de acercarse a lo social desde la ciencia, sino a la ciencia desde lo social (Porlán, 1993; Del Carmen, 1994), teniendo el conocimiento científico-técnico el papel de un medio más que el de un fin en la formulación del conocimiento escolar deseable.

En tercer lugar, la perspectiva compleja adoptada determina, asimismo, una cierta forma de organizar y construir el conocimiento escolar. El conocimiento escolar se entiende como un *conocimiento organizado y jerarquizado, procesual y relativo*, como un sistema de ideas que se reorganiza continuamente en la interacción con otros sistemas de ideas, y que se concreta curricularmente en forma de tramas de contenidos y de diferentes niveles de formulación. Estos sistemas se construyen, en el

proceso educativo, de manera gradual y progresiva, a partir de la continua reestructuración de las concepciones que tienen los alumnos. La construcción del conocimiento escolar, el cambio de las ideas, no se centra, por tanto, en la incompatibilidad existente entre el conocimiento cotidiano y el científico, sino entre formas simples y formas complejas de pensamiento cotidiano (García, 1995). Los obstáculos epistemológicos a considerar serían aquéllos que dificultan la transición de lo simple a lo complejo (causalidad mecánica y lineal, centramiento en lo evidente y próximo a la experiencia del sujeto, concepción aditiva de la organización del mundo, etc.).

La metodología didáctica que aparece como más adecuada para facilitar la construcción del conocimiento escolar, dentro de esta perspectiva, es la que se basa en la investigación del alumno, entendiendo dicha investigación como un proceso de tratamiento de problemas, distinto al científico, en la medida en que está centrado en facilitar aprendizajes y no en explicar la realidad, empleando, en el contexto escolar, no sólo los recursos procedimentales que ya existen en la ciencia (observación, experimentación) sino otros generados en diferentes actividades humanas (debates dirigidos, dramatizaciones, juegos de simulación, etc.). Se propone, por tanto, una investigación que no se identifica mecánicamente con la investigación científica, que trata problemas socioambientales abiertos y complejos, que, aunque está dirigida por el profesor, supone la consideración continua de los intereses y de las ideas de los alumnos y que se desarrolla en una secuencia de actividades en "espiral", proceso en el que se da tanto la repetición de unos momentos similares en el tratamiento de los problemas (las pautas metodológicas como invariantes) como la reformulación progresiva de dichos problemas (García, 1994). Por tanto el itinerario

rio didáctico que sigue el alumno integra, a la vez, tres procesos: la reformulación y el tratamiento de los problemas que se investigan (metodología didáctica), la construcción gradual y progresiva de los contenidos mediante la transición de unos niveles de formulación a otros y la regulación del ajuste entre la intervención del profesor y la evolución de las ideas de los alumnos (evaluación).

Esta manera de organizar y construir el conocimiento escolar se concreta, por tanto, en unos posibles itinerarios didácticos, en unas *hipótesis sobre la posible progresión del conocimiento escolar*, de forma que, al mismo tiempo que los problemas son investigados por los alumnos, éstos avanzan sucesivamente desde unos niveles de formulación a otros, ajustándose ambos procesos mediante la evaluación continua de lo que sucede en el aula. En INM se plantea, por tanto, una *hipótesis curricular integradora* de los contenidos, de la metodología didáctica y de la evaluación. En lo que sigue, desarrollaremos más extensamente, en relación con los aspectos conceptuales, la propuesta de transición de lo simple a lo complejo que constituye la hipótesis de progresión central de INM.

Los conceptos metadisciplinarios y su relevancia didáctica

La propuesta de un conocimiento metadisciplinar supone una superación de la dicotomía, tan frecuente en el ámbito educativo, entre lo disciplinar y lo interdisciplinar. Pero ¿es factible la construcción de un marco de referencia metadisciplinar? Para debatir este problema resulta imprescindible discutir sobre el grado de generalidad de las representaciones que los humanos tienen del mundo, tema muy controvertido en los ámbitos psicológico, epis-

temológico y didáctico, estando aún abierto el debate sobre si, además de las estructuras conceptuales propias de cada dominio o ámbito de experiencia de los sujetos, existen o no estructuras comunes a dichos dominios. Los autores se dividen entre una u otra opción, por lo que estaríamos ante una dicotomía muy relevante para la determinación y construcción del conocimiento escolar, en la medida en que se crea o no en la posibilidad de construir conocimientos generales utilizables en diferentes contextos y con distintas tareas. Los partidarios del carácter esencialmente específico del conocimiento sostienen que la cognición humana sería una *cognición fragmentada* (Claxton, 1994), en la que el conocimiento se atomiza en "paquetes" de información, en teorías específicas de dominios, que se refieren a contenidos y situaciones concretos (Rodrigo, 1994).

Los partidarios de la segunda perspectiva consideran el *conocimiento humano como un todo*, interesándose por la búsqueda de las posibles estructuras cognitivas generales que subyacen en la actuación de los sujetos en los diferentes escenarios en los que ocurre su comportamiento. Para los autores de tradición piagetiana, existen mecanismos lógicos comunes a diferentes dominios, relacionados con el proceso madurativo biológico. Sin embargo otros autores señalan que las posibles estructuras generales no se identifican con las estructuras lógicas piagetianas, sino con un conocimiento de tipo *metadominios* -aprendido al transferir nociones de unos dominios a otros- diferente a dichas estructuras lógicas y a las concepciones dispersas que tienen los sujetos sobre el mundo. Como ejemplos de argumentos en favor de este planteamiento cabe señalar:

- Parece que un alto nivel de instrucción influye en la actuación de los individuos, de forma que, ante una tarea perteneciente a un dominio no conocido, se

comportan de manera diferente a los novatos con un menor grado de instrucción, lo que supone que intervienen no sólo estructuras cognitivas específicas de un dominio sino también estructuras más generales situadas en ese nivel intermedio entre las estructuras lógicas piagetianas y las dispersas concepciones alternativas (Gómez, Pozo y Sanz, 1995). Por otro lado, se admite un cierto grado de transferencia, cuando se señala que cuanto mayor sea la riqueza de la estructura cognoscitiva, tanto mayor será la funcionalidad de estas estrategias ante nuevas situaciones de aprendizaje, es decir, cuanto más cosas conozcan significativamente los sujetos mayor será la probabilidad de que puedan construir significados nuevos. En el mismo sentido, y en el ámbito de las investigaciones sobre resolución de problemas, se ha detectado la existencia de pautas procedimentales generales, útiles en diferentes dominios (Eylon y Linn, 1988).

- También se ha indicado que hay que superar, para que ocurra el cambio conceptual, ciertas restricciones estructurales comunes a las teorías implícitas o intuitivas en diversos dominios, asociadas a conceptos como el de *interacción* o el de *sistema en equilibrio dinámico* (Pozo et al., 1992; Pozo, 1994a y 1994b).

- Por otra parte, parecen existir categorías epistemológicas comunes al procesamiento en distintos dominios (Pozo, 1994b). En el mismo sentido Vosniadou (1994) distingue entre teorías específicas de dominio y teorías-marco, supuestos epistemológicos y ontológicos que fundamentan las teorías específicas de dominio; y Chi, Slotta y de Leew (1994) plantean un conjunto de categorías ontológicas que se utilizan para la categorización de todos los objetos y entidades del mundo.

- De igual forma, Rodrigo (1994) plantea la necesidad de contar con la existencia de invarianzas cognitivas comunes a

diferentes dominios, de un cierto universalismo en la construcción del conocimiento, para así poder explicar la flexibilidad del comportamiento humano en la interacción individuo-medio. En el mismo sentido, Claxton (1994) reconoce que, si bien en las primeras fases del desarrollo humano es muy adaptativa la focalización en dominios específicos (modularidad), en fases posteriores se produce una mayor diferenciación y flexibilidad intradominio, un establecimiento de nuevas relaciones interdominios, apareciendo formas de conocimiento cada vez más explícitas y generales.

Estas aportaciones apuntan hacia una superación de la dicotomía conocimiento específico-conocimiento general, integración que se hace explícita en el enfoque del *constructivismo mediacional* (Martí, 1994), que sostiene que la existencia de principios y mecanismos específicos que guían la construcción del conocimiento en distintos dominios no invalida, sin embargo, la existencia de mecanismos generales. Desde nuestro punto de vista, ésta última posición sería más coherente con el tratamiento del problema desde la perspectiva de la complejidad. Para Morin (1992), las ideas se organizan en sistemas de ideas, de forma que cada idea concreta sólo cobra sentido en la medida en que forma parte del sistema. Cada elemento del sistema (unidades informacionales-simbólicas) tiene un significado que viene dado por el lugar que ocupa en la malla de interacciones, cada significación es resultado del juego de interacciones mutuas entre todos los elementos intervinientes. Por otro lado, todo sistema de ideas es un sistema abierto, que se reorganiza continuamente en la interacción con otros sistemas. De esta forma, en un sujeto concreto podrían darse diferentes sistemas de ideas (hipótesis de la fragmentación por dominios), que, al estar interconectados, se complementan,

configurando organizaciones de ideas más generales (hipótesis de las estructuras generales de conocimiento). El sistema cognitivo en su conjunto tendría una organización global, independientemente de que se adapte a las situaciones concretas. Por tanto, no se deben confundir los datos que proceden de adaptaciones concretas del sistema a tareas concretas con la idea de un aparato cognitivo aditivo y compartimentado, noción que no tiene ningún sentido desde la lógica de los biosistemas.

Esta visión psicológica y epistemológica del problema puede complementarse con un argumento procedente de la historia de la ciencia: los conceptos "puente", las ideas comunes a diferentes parcelas del saber, han estado de una u otra manera siempre presentes en la evolución del conocimiento científico. Por una parte, en la misma creación científica hay trasvase de ideas de unos campos a otros. De hecho, muchos de los grandes cambios en la ciencia han tenido lugar a partir de la selección, recombinación e integración de ideas preexistentes que estaban en compartimentos separados del quehacer científico, o a partir del uso de analogías, en las que se han construido teorías en una disciplina partiendo de ideas ajenas a la misma. Por otra, en las interfases entre las disciplinas existen problemas que requieren, bien la creación de un campo disciplinar intermedio (biofísica, bioquímica, psicología social, etc.), bien la actuación interdisciplinar (caso, por ejemplo, de las ciencias ambientales o de la salud), lo que ha supuesto un continuo trasiego de ideas de unas disciplinas a otras y la generación de múltiples conceptos que son utilizados indistintamente en diversos campos del saber. Este continuo trasvase de información es característico de ciencias que trabajan con distintos niveles de organización del mundo, como es el caso de la biología.

Este intercambio y utilización de ideas de diverso origen se traduce, en la perspectiva sistémica, en un *conocimiento metadisciplinar general*. Así, Bertalanffy (1976) mantiene que en las diferentes ciencias se da una clara convergencia conceptual, llegando investigadores de campos muy diferentes a unos conceptos generales muy similares, por lo que resulta imprescindible la búsqueda de los principios subyacentes a los diferentes conocimientos, así como la formación de *generalistas*, que puedan actuar como expertos en principios básicos interdisciplinarios. En ese mismo sentido, De Rosnay (1977) describe una serie de nociones básicas que aparecen a menudo en los modelos biológicos, económicos o ecológicos: sistema, energía, flujos y ciclos, redes de intercambio, equilibrio, evolución, etc.; nociones que permiten hablar de un enfoque común a todas estas disciplinas.

En definitiva, parece que aportaciones originadas en diversos campos del saber apuntan hacia la existencia tanto de estructuras conceptuales propias de cada ámbito como de estructuras generales comunes, que dan coherencia a la visión del mundo que tiene cada sujeto. Asumimos, pues, que tiene sentido y es posible proponer, en el medio escolar, la construcción de una visión general del mundo, de unas *categorías de conocimiento generales* que se basan en un criterio de homología fundamental, en el sentido de que los sistemas, sean físicos, biológicos o sociales, comparten unas dimensiones y categorías que son comunes a todos ellos (Martínez, 1993).

Estas categorías son tanto conceptuales como procedimentales y actitudinales, y constituyen un marco de referencia no disciplinar, utilizable en diferentes dominios, que posibilita la superación de la dicotomía novatos-expertos, la disociación entre diferentes formas de conocimiento, la dis-

yunción entre la cultura humanista y la científico-técnica, y la contraposición entre la reflexión filosófica y la objetividad científica. El conocimiento metadisciplinar alude a conceptos como sistema, cambio, interacción o diversidad y a procedimientos y valores relativos a una visión relativizadora, autónoma y solidaria del mundo.

En el caso de los *conceptos metadisciplinares* nos referimos a unas nociones generales que no son simples analogías o metáforas, modelos descriptivos vacíos de contenido, ni tampoco meros formalismos ornamentales o planteamientos mesiánicos o esotéricos, sino que se refieren a las entidades reales y a la manera de analizarlas y comprenderlas. Son conceptos integradores, que se basan en la complementariedad de los términos opuestos, de forma que la diversidad no se puede entender sin la unidad, los sistemas sin las partes que interactúan, el carácter dinámico de los entes sin su organización, etc. Además se originan en la búsqueda de lo que hay de común en las propiedades de los sistemas físicos, biológicos y sociales, en las transferencias de conocimientos de unas disciplinas a otras, así como en la reflexión metadisciplinar sobre esos aspectos. Se trata, pues, de comprender un mismo objeto desde diferentes perspectivas, mediante un lenguaje compartido que posibilite el acercamiento entre los conocimientos parciales, que permita la traducción y la correspondencia de las ideas, la reconstitución del todo a partir de sus elementos constitutivos y la inserción de un objeto complejo en su entorno.

Proponemos, por tanto, una formación generalista compatible con la diversidad del conocimiento. La diversidad del conocimiento comporta no sólo variedad de especializaciones, sino también polivalencia y desarrollo de competencias generales, pues una organización social basada en especialistas que no saben de nada ajeno

a su campo, se adaptaría mal a la aleatoriedad propia de nuestro mundo y al principio de que todos los ciudadanos deben participar activamente en la gestión de los problemas socioambientales.

El interés escolar de estas nociones resulta evidente, al emplearse como categorías organizadoras del conocimiento escolar, pues ayudan a construir sistemas conceptuales para la interpretación de la realidad, que permiten una visión de conjunto y que ayudan a procesar la incertidumbre y la ambigüedad propias de un medio diverso y cambiante. De ahí su papel relevante en la selección y organización del conocimiento escolar, de manera que las aportaciones del conocimiento científico y del cotidiano, relativas a un cierto problema o tópico, se interpretarían en función de dicho marco de referencia más general. Por tanto, en relación con las tramas conceptuales que se elaboren, los conceptos metadisciplinares funcionan como nudos básicos de la red, y en relación con las jerarquías conceptuales serían los conceptos de más alto nivel. De todas formas hay que insistir en considerar el conocimiento metadisciplinar como un marco de referencia para la determinación del conocimiento escolar, y no como el contenido que deba aprender el alumno. Es un enfoque, una guía, más que una colección de respuestas.

Por otro lado, si se considera que el alumno debe construir gradualmente el conocimiento, la progresión que se proponga como deseable debe tener en cuenta las dificultades inherentes a la elaboración de los conceptos metadisciplinares, por lo que éstos actúan, en relación con los niveles de formulación de los contenidos escolares, como un eje que orienta la construcción de cualquier concepto (García, 1994). Es decir, la evolución del conocimiento escolar se fundamenta en la transición desde lo simple a lo complejo antes mencionada. Y dicha transición supone la

construcción de conceptos como los de interacción o sistema, lo que conlleva un cambio conceptual radical, según la terminología propuesta por Pozo (1994a y 1994b), dada la incompatibilidad existente entre la forma simple de ver el mundo existente en los alumnos y la complejidad de la propuesta.

La utilización de un marco metadisciplinar como el propuesto para la determinación del conocimiento escolar implica, por tanto, situar la evolución de las ideas de los alumnos en un *gradiente de complejidad* (García, 1995), así como la elaboración de unas hipótesis de progresión que tengan en cuenta dicho gradiente. En efecto, cuando analizamos las ideas de los alumnos encontramos una serie de características comunes a las distintas explicaciones, que nos permiten referirnos a la evolución de estas ideas en términos de una progresión desde una perspectiva simple del mundo hacia una más compleja. Partiendo de la propuesta de Correa, Cubero y García (1994), vamos a considerar, en el análisis que sigue, tres dimensiones para la descripción de las dificultades de aprendizaje y de su posible evolución en ese gradiente de complejidad: la manera que tienen los sujetos de categorizar los elementos y las relaciones que configuran el medio, la explicación causal de los fenómenos que se dan en el medio, y la consideración del cambio y la estabilidad.

La transición de lo simple a lo complejo

En relación con la *dimensión organizacional* el medio es, para muchos alumnos, bien un *medio-escenario*, es decir, el medio percibido como un fondo homogéneo e indiferenciado donde todo se entremezcla sin una organización aparente, bien un *medio-aditivo* en el que éste se

entiende como la mera suma de sus elementos componentes (Astolfi y Drouin, 1986).

En el caso del primero, el medio es un contexto global, donde no se reconocen sus partes componentes, sino que se percibe como un todo indiferenciado, como el lugar en el que se realizan actividades que son significativas para el sujeto: el pinar al que se acude con la familia para comer los fines de semana, el parque en el que se juega a la pelota, el barrio en el que está el colegio, etc. Por otro lado, los alumnos muestran una concepción aditiva del medio cuando aluden a un inventario de lo que hay en él y cuando realizan una descripción de dichos elementos (Astolfi y Drouin, 1986). Así, el medio es el aire, la tierra y el agua; los distintos animales que hay en un cierto lugar; las casas, los coches y las calles. Esta perspectiva consiste, en definitiva, en una aproximación al mundo íntimamente ligada a la categorización que los individuos realizan del mismo, pero una categorización en la que no se percibe el carácter organizador de las relaciones entre los objetos. Esta concepción del medio se complejiza en la medida en que se reconocen más relaciones entre los elementos componentes de la realidad: la localización espacial y temporal de las cosas, sus semejanzas y diferencias, o determinadas relaciones causales consideradas de forma aislada. El hecho de categorizar no sólo los elementos sino también determinadas relaciones supone ya una cierta comprensión de la organización del medio, aunque a niveles muy elementales. Así, por ejemplo, en el caso de la evolución de las ideas de los alumnos en relación con tópicos como la ecología, la problemática ambiental o el estudio del medio urbano se aprecia una transición desde la concepción del medio como un conjunto de elementos sueltos hacia la idea del medio como una suma de relaciones que

pueden llegar a constituir una red (Peterfalvi et al., 1986; Leach et al., 1991; García et al., 1991; García, 1995).

El que los alumnos manifiesten algunas ideas sobre la organización aditiva del medio no significa, sin embargo, que comprendan todo el medio según esa perspectiva; lo que ocurre, más bien, es que caracterizan sólo los elementos y las relaciones presentes en contextos concretos, sin generalizar dicha caracterización a otros contextos. Así, pueden describir detalladamente su barrio, sin que ello suponga que han construido categorías generales aplicables a cualquier otro barrio. Las perspectivas del medio-escenario y del medio-aditivo no han de ser entendidas, por tanto, como pasos consecutivos en un proceso evolutivo, ni siquiera como alternativas contrapuestas, ya que las explicaciones de un mismo individuo pueden mostrar características de ambas perspectivas. De esta manera, muchos alumnos describen y ordenan aquellas parcelas del medio que les resultan más significativas, mientras que otras aparecen como un medio indiferenciado.

En todo caso, la transición hacia un *enfoque sistémico* de la organización del medio parece un proceso complejo y difícil (García, 1995), que no ocurre espontáneamente sino que tiene que ser provocado en el medio escolar. Dicho proceso debe tener en cuenta un conjunto de obstáculos que implican cambios conceptuales radicales: la superación del egocentrismo y de lo perceptivo, el reconocimiento de la interacción, la comprensión de que existen niveles de organización diferentes de lo que podemos percibir por nuestros sentidos (el mesocosmos) como son el micro y macrocosmos. En efecto, la categorización que los alumnos realizan del mundo está muy mediatizada por el centramiento en lo evidente y lo próximo a la experiencia personal, así como por el carácter tácito de dicho conocimiento. Resulta, pues, ne-

cesario que la actividad escolar incida en procesos como el paso desde lo implícito a lo explícito, es decir, en la toma de conciencia o reflexión sobre el propio conocimiento (metacognición), en el incremento de la capacidad de control y gestión del contenido del aprendizaje y de los propios procesos de aprendizaje (aprender a aprender), así como en el incremento de la capacidad para el intercambio de ideas y para la elaboración de significados compartidos.

Un aspecto básico en dicha transición es el aumento de la cohesión interna, de la organización, de los sistemas de ideas que tienen los alumnos, pues no se trata de sustituir sistemas de ideas poco organizados por los sistemas de ideas muy organizados de la ciencia, sino de mejorar el grado de organización de los primeros siguiendo las pautas de la transición propuesta. Al respecto, el alumno debe de ser entrenado no sólo en el análisis de realidades concretas sino también en el estudio de lo que tienen en común las diferentes realidades descritas, es decir, en el proceso de transferencia del conocimiento de unos dominios a otros y en la construcción de conceptos metadisciplinarios, así como en la reflexión sobre la forma en que se construye el propio conocimiento (García, 1995). Sólo de esta manera es posible conseguir que se produzca un cambio de la consideración que tienen los alumnos sobre la naturaleza del saber, con la transición desde una concepción del conocimiento dogmática y estática hacia otra relativa y dinámica.

La escuela también debe posibilitar el logro de una descentración creciente, de una visión relativa y dinámica de la realidad. El centramiento en lo evidente y próximo a la experiencia de los sujetos se manifiesta de múltiples formas: los alumnos describen los hechos naturales y sociales por sus rasgos más sobresalientes y super-

ficiales, sobrevaloran la importancia de las situaciones que les resultan familiares y de aquello con lo que tienen vinculaciones afectivas, y subvaloran las más alejadas de la experiencia cotidiana. La forma en que perciben el medio está muy determinada por una perspectiva antropocéntrica en la que lo humano es el referente fundamental. Por otra parte, su experiencia respecto al medio socionatural no se origina sólo en el contacto directo con la realidad circundante, sino que muchas de las creencias explicitadas se corresponden con unos determinados estereotipos sociales, ligados, sobre todo, a la televisión o al cine.

La intervención educativa puede determinar una evolución en la manera que tienen los alumnos de aproximarse a la naturaleza, desde las posiciones arriba descritas, más centradas en lo próximo y evidente, hacia una mayor descentración y diversidad. Esta transición supone, pues, entender que en el mundo hay niveles de organización que no se perciben directamente por los sentidos (lo muy pequeño o lo muy grande), focalizarse más en el proceso que en el objeto y diferenciar claramente entre lo posible, lo real y lo necesario. Estos cambios se sintetizan en la idea de la transición desde una perspectiva única del mundo al "poliperspectivismo", caracterizado no sólo por la capacidad de adoptar distintas perspectivas sino además de hacerlas complementarias (Azcarate, 1995).

En esta evolución hay dificultades que no se podrían considerar auténticos obstáculos epistemológicos, pues sólo la familiarización con la temática produce ya un cambio de las ideas de los alumnos. Así, por ejemplo, los alumnos, al describir los seres vivos, las relaciones ecológicas o la función que desempeña cada elemento en la naturaleza, manifiestan una aproximación a la realidad natural en la que dichos elementos, relaciones y funciones no se

reconocen en igual medida, pues se le concede más relevancia a los componentes, relaciones y funciones más conspicuos, más familiares, más próximos a la vida cotidiana y a los estereotipos sociales predominantes; sin que dicha aproximación constituya una dificultad insalvable en la escuela (García, 1995).

Sin embargo, sí podríamos considerar determinadas dificultades que, desde nuestro punto de vista, constituyen obstáculos epistemológicos importantes:

- No comprender el papel que juegan las entidades del microcosmos y del macrocosmos en la organización y el funcionamiento de la naturaleza, lo que supone no entender los procesos que ocurren a nivel molecular y celular, la función de los descomponedores o del biotopo, o la capacidad de reajuste de los ecosistemas.

- No reconocer que un evento ocurre, simultáneamente, en los diferentes niveles de organización de la materia, pudiendo tener un significado diferente según el nivel de organización de la materia que se considere. Este obstáculo supone, por ejemplo, que los alumnos no entiendan que una misma relación ecológica (depredador-presa, por ejemplo) pueda ser, según la perspectiva que se adopte (individual, poblacional o ecosistémica), antagónica o complementaria, destructiva u organizadora.

Respecto a la *dimensión causal*, la causalidad más frecuente entre los alumnos es la *causalidad mecánica y lineal*, causalidad que puede constituir un serio obstáculo en la construcción de los conceptos relativos al conocimiento del medio (Leach et al., 1991; García, Rivero y Vaca, 1994; Correa, Cubero y García, 1994; García, 1995). La causalidad lineal se caracteriza por su unidireccionalidad y por la dependencia mecánica y simple que se establece entre los elementos del medio. Los sujetos no aprecian que varios factores puedan in-

cidir en un mismo hecho, ni la reciprocidad que se establece en las relaciones que se dan entre los elementos del medio.

Son ejemplos de causalidad lineal ideas del tipo: los organismos vivos son moldeados por el medio en que viven (sin apreciar que también los organismos modifican su medio en la interacción), los humanos modifican el medio (y no que también el medio actúa sobre los seres humanos), las plantas dependen del suelo para vivir (pero el suelo no es modificado por las plantas), los depredadores dependen de las presas para subsistir (pero la población de presas no "necesita" a la de depredadores para ajustar su crecimiento a las condiciones del medio), la selva ecuatorial existe porque en ese lugar se dan las condiciones adecuadas (y no que es la propia selva ecuatorial la que crea las condiciones adecuadas para su existencia) (Develay y Ginsburger-Vogel, 1986; García, Rivero y Vaca, 1994). De igual manera, los alumnos no ven la interdependencia entre todos los elementos implicados en los procesos de contaminación, pues no reconocen que los factores que intervienen en un problema ambiental interactúan en red (Brody, 1991; García y García, 1992b). Esta dificultad para entender el carácter global e interdependiente de los fenómenos se incrementa por la falta de dominio de escalas espaciales y temporales alejadas de la experiencia cotidiana. Es el caso, por ejemplo, de los problemas de comprensión de fenómenos como el de la destrucción de la capa de ozono o el de la fuga radioactiva de Chernobil, que implican el uso de una escala planetaria, y la comprensión de cambios muy rápidos (reacciones químicas) y muy lentos (dinámica atmosférica, transformación de un isótopo radiactivo).

También en investigaciones referidas a la didáctica de nociones físico-químicas se constata que la transición desde la causalidad

lineal y mecánica a la interacción no es un cambio fácil (Martín, 1994; Pozo, 1991 y 1994b), señalándose cómo los alumnos tienden a recurrir a esquemas causales muy simples, en los que la relación entre la causa y el efecto es lineal y en un único sentido para explicar los acontecimientos, lo que lleva a considerar que, en el caso de la transición desde la causalidad lineal unidireccional a la interacción, hay una restricción estructural común a las teorías implícitas referidas a distintos dominios.

En definitiva, las formas más complejas de la causalidad (*interacción, recursividad*) no aparecen en las ideas que explicitan los alumnos antes de la instrucción. Ello se debe, principalmente, a dos razones: lo difícil que resulta la elaboración de la noción de interacción y la falta de experiencia en el manejo de lo no evidente, de lo lejano en el tiempo y en el espacio y de lo posible. La relevancia de este obstáculo se hace más patente si consideramos que la construcción de la idea de interacción es esencial para que se produzca la transición desde una visión simple a otra compleja del mundo. Al respecto, y partiendo de los datos obtenidos en un estudio reciente (García, 1995), podría plantearse una hipótesis de progresión para la construcción de la noción de interacción en la que los alumnos pasarían gradualmente desde una causalidad lineal a una causalidad en la que se reconoce que hay una influencia recíproca entre dos elementos contiguos, situados en el mesocosmos, y desde ésta al reconocimiento de una relación causal en la que hay muchos elementos conectados en red, con interacciones que se dan al mismo tiempo en el micro, meso y macrocosmos, asumiendo, finalmente, que la interacción implica la organización del sistema.

En cuanto a la *dimensión dinámica*, referida a la noción de cambio, el problema central de los alumnos es el de su con-

cepción estática del medio y la no conservación del objeto en el cambio. Ya el sentido común nos dice que las especies no cambian, que las montañas están siempre igual, que a la primavera sucede el verano y que a lo largo de los días repetimos una y otra vez las mismas rutinas. Evidentemente, nuestro marco de referencia espacio-temporal facilita la construcción de una *concepción fijista del mundo*, en la que la realidad socionatural es más un escenario inmutable que un medio cambiante. Por ello, los alumnos sólo reconocen los cambios muy evidentes y próximos a su experiencia cotidiana, que destacan del fondo estático y más o menos indiferenciado que constituye su medio.

Así, por ejemplo, pueden comprender la existencia de cambios en la naturaleza, siempre que en dichos cambios el objeto que se transforma sea un objeto bien conocido y la transformación sea claramente perceptible. Las dificultades comienzan cuando no se conserva la naturaleza del objeto que se transforma: el agua de los diferentes momentos del ciclo del agua no es la misma agua, es decir, no se conserva su misma naturaleza química cuando hay un cambio de estado. Sobre todo hay una gran dificultad para comprender aquellos cambios cíclicos en los que el objeto que cambia no es un objeto del mesocosmos, en los que el cambio se produce a una escala espaciotemporal muy diferente a la usada cotidianamente por los seres humanos o cuando se trata de entender cambios que presentan tanto una componente cíclica como otra evolutiva (cambios irreversibles y "helicoidales"), con el problema añadido de la comprensión de procesos que, como la sucesión ecológica o la evolución biológica, implican conceptos como el de interacción o el de coevolución (evolución conjunta).

Asimismo, los alumnos manifiestan, en general, una visión de la estabilidad y del orden muy rígida y estática (García, Rivero

y Vaca, 1994; Correa, Cubero y García, 1994; García, 1995), así como una fuerte resistencia a entender que un objeto puede mantener su identidad en transformaciones en las que la conservación no es directamente observable (Pozo, 1994a y 1994b; Martín, 1994). Este enfoque del orden y de la estabilidad se concreta en un principio que organiza las ideas de los alumnos: la ley del "todo o nada" (García, 1995), por la que una realidad concreta funciona de una manera determinada o no funciona (no hay equilibrio basado en el cambio), está completa (tiene todos sus elementos componentes) o deja de existir como tal realidad.

Esta visión rígida y estática de la estabilidad y el orden en la naturaleza supone un auténtico obstáculo para que los alumnos comprendan conceptos como los principios de conservación de la masa, de la energía, de la cantidad de movimiento; que el que una cosa contamine o no depende de la interacción de muchos factores; que los sistemas vivos y sociales tienen la capacidad de reorganizarse y mantener su estabilidad en el cambio. Estaríamos así, de nuevo, ante una dificultad general presente en las ideas de los alumnos, que hace muy difícil entender el equilibrio en los sistemas físico-químicos, y aún más la comprensión del equilibrio en los sistemas que se auto-organizan (sistemas biológicos y sociales), dificultad que requiere una intervención escolar centrada en la comparación de diferentes tipos de cambios (físico-químicos, biológicos y sociales).

La transición de lo simple a lo complejo, que hemos resumido en los párrafos precedentes, no debe entenderse como el rechazo de lo simple, sino como la incorporación-integración de lo simple en lo complejo. Esta reflexión implica una utilización abierta y flexible de las propuestas realizadas, pues se trata de evitar un uso superficial, mecánico y simplificador del

planteamiento de un conocimiento escolar fundado en nociones metadisciplinarias; teniendo en cuenta que los conceptos metadisciplinarios deben estar claramente caracterizados antes de diseñar los contenidos escolares, así como la gran variedad de itinerarios didácticos que se pueden dar en la escuela, en función de cada contexto y de cada alumno concreto. Una aplicación rígida y lineal de estos planteamientos puede producir un efecto indeseado: restringir y encorsetar la manera de construir el conocimiento por parte de los alumnos; lo que llevaría a un nuevo divorcio entre la cultura académica y las ideas que los alumnos emplean en su vida cotidiana. Lo que se pretende es que los profesores tengan un marco de referencia para la programación de los contenidos escolares que tenga una estructura epistemológica clara y coherente, que se decante por un determinado modelo de desarrollo humano y que facilite la ayuda pedagógica a los alumnos en relación con dicho modelo.

REFERENCIAS

- ASTOLFI, J.P.; DROUIN, A.M. (1986). Milieu. *Aster*, 3, 73-110.
- AZCARATE, P. (1995). *El conocimiento profesional de los profesores sobre las nociones de aleatoriedad y probabilidad. Su estudio en el caso de la Educación Primaria*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Cádiz.
- BERTALANFFY, L. von (1976). *Teoría General de los Sistemas. Fundamentos, desarrollo y aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- BRODY, M.J. (1991). Understanding of pollution among 4th, 8th, and 11th grade students. *Journal of Environmental Education*, 22 (2), 24-33.
- CHI, M.T.H.; SLOTTA, J.; LEEW, N. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4 (1), 45-69.
- CLAXTON, G. (1994). *Educación mentes curiosas: el reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Visor.
- CORREA, N.; CUBERO, R.; GARCIA, J.E. (1994). Construcción y desarrollo de nociones sobre el medio ambiente. En RODRIGO, M.J. (Ed.), *Contexto y desarrollo social*. Madrid: Síntesis.
- DEL CARMEN, L. (1994). Ciencias de la Naturaleza, ¿área curricular o suma de disciplinas? *Infancia y Aprendizaje*, 65, 7-17.
- DE ROSNAY, J. (1977). *El macroscopio. Hacia una visión global*. Madrid: Editorial AC.
- DEVELAY, M.; GINSBURGER-VOGEL, Y. (1986). Population. *Aster*, 3, 19-72.
- EYLON, B.; LINN, M.C. (1988). Learning and instruction: an examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, 58 (3), 251-301.
- GARCIA, F.F. et al. (1991). Aproximación a las concepciones sobre la ciudad a partir del concepto de equipamiento urbano. *Investigación en la Escuela*, 14, 63-86.
- GARCIA, J.E. (1994). El conocimiento escolar como un proceso evolutivo: aplicación al conocimiento de nociones ecológicas. *Investigación en la Escuela*, 23, 65-76.
- GARCIA, J.E. (1995). *Epistemología de la Complejidad y enseñanza de la Ecología. El concepto de ecosistema en la Educación Secundaria*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Sevilla.
- GARCIA, J.E.; GARCIA, F.F. (1992a). Investigando nuestro mundo. *Cuadernos de Pedagogía*, 209, 10-13.
- GARCIA, J.E.; GARCIA, F.F. (1992b). *Orientaciones didácticas para la Educación Ambiental en la Educación Secundaria*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- GARCIA, J.E.; RIVERO, A.; VACA, M. (1994). Concepciones de los alumnos de Secundaria relativas a las nociones de interacción ecológica y ecosistema. En *Actas del II Congreso Andaluz de Educación Ambiental*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- GOMEZ, M.A.; POZO, J.I.; SANZ, A. (1995). Students' Ideas on Conservation of Matter: Effects of Expertise and Context Variables. *Science Education*, 79 (1), 77-93.
- GRUPO INVESTIGACION EN LA ESCUELA (1991a). *Proyecto Curricular IRES (Investigación y Renovación Escolar)*. (Versión provisional). Introducción y cuatro vols. Sevilla: Díada.
- GRUPO INVESTIGACION EN LA ESCUELA (1991b). Un proyecto de investigación y renovación escolar. *Cuadernos de Pedagogía*, 194, 34-38.

- LEACH, J.; DRIVER, R.; SCOTT, P.; WOOD-ROBINSON, C. (1991). *Progression in conceptual understanding in pupils from age 5 to 16: Cycles of matter, flows of energy and interdependency and classification of organisms in ecosystems. A report to the National Curriculum Council*. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Leeds University.
- MARTI, E. (1994). Constructivismo y pensamiento matemático. *II Seminario sobre Constructivismo y Educación*, Tenerife, diciembre.
- MARTIN, R. (1994). *El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes de Magisterio*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Sevilla.
- MARTINEZ, M. (1993). *El paradigma emergente: hacia una nueva teoría de la racionalidad científica*. Barcelona: Gedisa.
- MORIN, E. (1986). *El Método I: La Naturaleza de la Naturaleza*. Madrid: Cátedra.
- MORIN, E. (1987). *El Método II: La Vida de la Vida*. Madrid: Cátedra.
- MORIN, E. (1988). *El Método III: El Conocimiento del Conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- MORIN, E. (1992). *El Método IV: Las Ideas. Su hábitat, su vida, sus costumbres, su organización*. Madrid: Cátedra.
- MORIN, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- PETERFALVI, B.; RUMELHARD, G.; VERIN, A. (1986). Relations alimentaires. *Aster*, 3, 111-189.
- PORLAN, R. (1993). *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Díada.
- POZO, J.I. (1994a). El cambio conceptual en el conocimiento físico y social: del desarrollo a la instrucción. En M.J. RODRIGO (Ed.), *Contexto y desarrollo social*. Madrid: Síntesis.
- POZO, J.I. (1994b). El cambio sobre el cambio: hacia una nueva concepción del cambio conceptual en la construcción del conocimiento científico. *II Seminario sobre Constructivismo y Educación*. Tenerife, diciembre.
- POZO, J.I.; PEREZ, M.P.; SANZ, A.; LIMON, M. (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 57, 3-22.
- RODRIGO, M.J. (1994). Etapas, contextos, dominios y teorías implícitas en el conocimiento social. En M.J. RODRIGO (Ed.), *Contexto y desarrollo social*. Madrid: Síntesis.
- VOSNIADOU, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4 (1), 45-69.
- ZABALA, A. (1993). Los enfoques didácticos. En COLL, C. (Comp.), *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Graó.

SUMMARY

In this article the hypothesis over desirable school knowledge, contained in the curricular proposition "Investigando Nuestro Mundo", are developed, specially in relation to the metadisciplinary perspective considered in that proposition. Three metadisciplinary categories are analysed relative to the transition from a simple to a complex thinking: organisation, causality and change.

RÉSUMÉ

On développe les hypothèses sur la connaissance scolaire souhaitable contenues dans la proposition curriculaire "Investigando Nuestro Mundo", surtout en ce qui concerne la perspective métadisciplinaire de cette proposition. Plus précisément on analyse trois catégories métadisciplinaires relatives à la transition d'une pensée simple à une pensée complexe: l'organisation, la causalité et le change.