

En este artículo se sitúa la ciencia actual como una construcción de conocimiento que incorpora la complejidad y se realiza desde un marco de valores. Se plantean las finalidades de la ciencia escolar desde la complejidad entendiéndola como una actividad cuya finalidad consiste en la construcción significativa de nuevas maneras de pensar, hablar, sentir y actuar que permiten explicar y transformar el mundo. Se profundiza en el significado de construir un pensamiento complejo, de plantear un conocimiento en que razón y emoción son elementos complementarios y, así mismo, en el significado de una ciencia escolar que eduque para la acción.

## Ciencia escolar y complejidad\*

M. Izquierdo; M. Espinet;  
J. Bonil y R. M. Pujol

Universidad Autónoma de Barcelona

pp. 21-29

### Ciencia y complejidad

Desde el siglo XVII la forma de pensar el mundo y con ella la construcción del conocimiento, condicionado por el peso de la ciencia clásica, ha seguido un enfoque fundamentalmente determinista y ha aplicado una lógica mecanicista, basada en la racionalidad cartesiana. Bajo dicha óptica, los hechos y fenómenos se han estudiado fraccionándolos en pequeñas partes y analizando sus características parciales. Esta manera tradicional de abordar la realidad ha permitido analizar lo concreto y, sin duda, ha implicado un importante avance para el conocimiento humano. Es una forma de ver y pensar el mundo que, en el siglo XX, incluso desde la propia ciencia, ha puesto de manifiesto que ofrece dificultades importantes. Una forma de resolver estas tensiones ha consistido, por un lado, en la incorporación de la complejidad en el desarrollo científico y por otro, en la aceptación de que la actividad cien-

tífica se encuentra íntimamente ligada al contexto y por lo tanto a valores determinados.

### Ciencia y pensamiento complejo

A lo largo de todo el siglo XX y desde ámbitos científicos muy diversos se ha manifestado una evolución hacia el análisis de los fenómenos contemplando un orden flexible relacionado con un equilibrio dinámico y una reorganización permanente sujeta a la indeterminación como una forma de superación de las dificultades derivadas del dominio de una visión mecanicista en la ciencia.

Estos diferentes ámbitos científicos han dirigido su actividad hacia la descripción, así como también la explicación y la predicción de los fenómenos considerándolos como sistemas dinámicos. Emerge así una nueva voluntad dentro de la misma ciencia de capturar el significado de los cambios en ellos mismos y no como comparación entre dos estados estáticos

\* Este artículo ha sido elaborado en el marco del grupo Complex del Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona. Dicho grupo está financiado por el MCYT-BSO2001-2488-CO2-01. El grupo está constituido por Bonil, J.; Calafell, G.; Fonolleda, M.; Gómez, A.; Guilera, M.; Izquierdo, M.; Márquez, C.; Espinet, M.; Roca, M.; Sanmartí, N.; Sarda, A.; Tarín, R. M.; Tomás, C. y Pujol, R. M. (coord.).

del sistema, antes y después del cambio. Esta evolución ha dejado atrás una retórica determinista que describía a los sistemas en términos mecánicos (con sus partes y sus mecanismos de reordenación). La visión mecanicista explicaba el cambio a partir de la comparación del sistema tal como es antes y después de la intervención (con lo cual anulaba, de hecho, el cambio y destacaba la conservación). Ahora, al imaginar a los sistemas “en acción”, es necesario aceptar que el resultado de los cambios no siempre puede predeterminarse, que muchos cambios (los que ahora interesan) son abiertos, y que no es posible determinar con exactitud todas las variables de los sistemas después del cambio a partir de su valor antes del cambio. Es en este sentido que interesa más la evolución que el equilibrio (cuyas leyes ya han sido establecidas y continúan vigentes) debiéndose admitir que en dicha evolución de los sistemas interviene el azar con un resultado indeterminado.

Así por ejemplo una evolución de estas características se ha producido en la física, en la que la teoría de la relatividad y la teoría cuántica han trascendido la visión cartesiana del mundo y de la física newtoniana. Desde la biología, la teoría ecológica y el estudio de los mecanismos de regulación y autoperpetuación de los organismos vivos, constituyen otros ejemplos que han emergido desde visiones incompatibles con el determinismo. También desde la filosofía de la ciencia la idea de que la verdad existe en sí misma y puede confirmarse desde la experimentación o desde la razón ha sido rebatida resaltando que son los humanos quienes construyen la interpretación de la realidad desde criterios internos racionales o desde criterios externos sociales.

Por otro lado, desde las teorías sociales, desde la psicología e incluso desde la pedagogía existen aportaciones que pueden interpretarse en la misma perspectiva dado que cuestionan la división sujeto-objeto, plantean el aprendizaje desde un enfoque sociocultural, o proponen modelos ecológicos para desplegar el currículo.

La ciencia moderna se encuentra actualmente en un proceso de cambio que implica

una nueva forma de pensar el mundo que Morin denomina pensamiento complejo (Morin 1994, 1996, 2001; Morin et al. 2002) y que, según él, sin abandonar los principios de la ciencia clásica (orden, separabilidad y lógica), los integra en un esquema más amplio y rico, que incorpora la incertidumbre y la organización.

### *Ciencia y valores*

La ciencia moderna ya no se considera a sí misma como el resultado de una “contemplación del mundo”, sino que se concibe como una intervención activa en él para transformarlo según una finalidad vinculada a unos determinados valores. Por ello, la interpretación de lo que ocurre como consecuencia de la intervención en los fenómenos es también, hasta cierto punto, incierta porque requiere tener en cuenta las diversas finalidades humanas que la pueden haber impulsado. Actualmente resulta totalmente imposible mantener la pretendida “neutralidad axiológica de la ciencia”.

Los valores que guían la actividad científica se pueden situar en tres ámbitos: ético, sociopolítico y epistemológico. La dimensión ética supone aceptar que la ciencia se encuentra condicionada por la tensión entre el interés individual y el colectivo, y por lo tanto por un modelo de ciudadanía en donde la responsabilidad resulta un valor central.

La dimensión sociopolítica lleva a considerar que la ciencia se encuentra también sometida a la tensión entre el rol y el estatus de los científicos y de los ciudadanos viéndose así condicionada por un modelo de progreso social en donde la equidad resulta un valor central. Finalmente, la dimensión epistemológica supone aceptar que la actividad científica construye un conocimiento que es en sí mismo un valor. Se considera así que los propios hechos científicos están cargados de valores (epistémicos, en este caso), puesto que son los que guían las acciones. Los valores son pues condiciones de posibilidad de los hechos y por lo tanto de las ciencias que se ocupan del mundo.

## Finalidades de la ciencia escolar desde la complejidad

Exponer la ciencia escolar a las necesidades del paradigma de la complejidad supone aceptar el ensayo de interpretar la enseñanza y aprendizaje de las ciencias que tiene lugar en la escuela desde otra forma de aproximarse y explicar los fenómenos del mundo. De este modo el paradigma de la complejidad actúa como un referente conceptual que permite integrar los principios de la complejidad de forma significativa para comprender, diseñar y así innovar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales y experimentales (Pujol, 2001).

La actividad científica escolar se configura como un contexto en donde intervienen en constante interacción un alumnado, unos docentes y unos saberes todos ellos dirigidos hacia una finalidad común como es la educación de los ciudadanos. La complejidad introduce en dichos ámbitos unos focos de atención que animan a realizar cambios en nuevas direcciones. Por un lado, la perspectiva de la complejidad obliga a plantear nuevos temas, hechos y modelos científicos a trabajar con el alumnado derivados de concebir los fenómenos como sistemas complejos y nuevos énfasis en la necesidad de establecer puentes con disciplinas diferentes y sus correspondientes modelos interpretativos. Por otro, introduce nuevas dimensiones en la forma de imaginar la formación del pensamiento científico del alumnado orientándolo hacia la formación de un pensamiento complejo y del lenguaje necesario para expresarlo y conformarlo. Imaginar la ciencia escolar desde la complejidad obliga también a recuperar de una manera más radical la acción sobre el medio y darle un enfoque más estratégico y por lo tanto ecológico. Finalmente el paradigma de la complejidad anima a recuperar el papel de las emociones como elemento central en el proceso de construcción de conocimiento científico al que puede entonces calificarse de sabio.

La ciencia escolar se plantea, en consecuencia, capacitar a los ciudadanos para pensar, hablar, sentir, y actuar frente a los retos que pre-

senta nuestro tiempo. Hacer ciencia en la escuela se constituye así como una actividad en el marco de un sistema social complejo cuya finalidad consiste en la construcción significativa de nuevas maneras de pensar, hablar, sentir y actuar que permiten explicar y transformar el mundo que nos rodea.

Guidoni (1985) en un pequeño artículo insinúa tres dimensiones irreducibles asociadas a la ciencia escolar: pensar (representar el mundo mediante modelos teóricos), hacer (experimentar, adquirir vivencias) y comunicar (generar lenguajes diversos). Las acciones humanas con sentido “si algo tira de nosotros” como dice Eco (1999) ponen en relación estas tres dimensiones y generan conocimiento, de manera que se hace lo que se piensa y se siente, se piensa sobre lo que se hace y se siente, se dice lo que se piensa, lo que se hace, y lo que se siente” etc. Si lo que “tira de nosotros” en una intención transformadora con una finalidad que “vale” la pena, el conocimiento generado no es arbitrario porque puede valorarse en función de los resultados de la intervención. Es “sabio” porque se fundamenta en una “dinámica de conocer” que forma parte del desarrollo de la persona y que se abre constantemente hacia la emergencia de nuevas capacidades gracias a la adquisición de criterios que permiten tomar decisiones, a la manera de bucles recursivos que enriquecen la experiencia.

Los conocimientos científicos se han generado así; los criterios se han consensuado y han dado lugar a una cultura específica, en el seno de la cual los conceptos se han articulado en Modelos que dan sentido a las acciones y a los lenguajes que se comunican y se enseñan. En el momento actual, cuando la sociedad de la información pone a la ciencia al alcance de todos, queda clara la diferencia entre “lo sabio” y “lo enciclopédico”: lo primero es dinámico, evolutivo, abierto y no se capta a través de la información; lo segundo es, simplemente, pedante, porque no alcanza a ser “experiencia” ni permite actuar. Si la escuela opta por el saber sabio, que es complejo pero no arbitrario, las ciencias que enseña han de hacer que el alumnado sea competente en los aspectos propios de la acti-

vidad científica: pensar, hacer, y también sentir para tomar decisiones. Los alumnos de una escuela con estas características formarán parte de una auténtica “sociedad del conocimiento”, solidaria y transformadora.

### Ciencia escolar y pensamiento complejo

La perspectiva de sistema complejo adaptativo, de visión dialógica y hologramática permiten estructurar un marco para interpretar los fenómenos naturales sobre los que trata la ciencia escolar. Aportan argumentos para cambiar el tipo de problema que se plantean en el aula, dejando de tener sentido plantear cuestiones centradas en los estados y tomando relevancia aquellas que se centran en los procesos e incorporan la indeterminación. Sitúa la actividad científica escolar como una actividad sometida a continuas fluctuaciones que en su dimensión global la convierten en una hipótesis de trabajo que necesita regularse de forma continuada en función del contexto científico, el social y el de aula.

#### *Incorporar la perspectiva de los sistemas complejos*

Incorporar la perspectiva sistémica compleja en la actividad científica escolar supone situar los fenómenos objeto de estudio desde una perspectiva dinámica en la que confluyen simultáneamente multitud de causas y efectos mediadas por un componente significativo de indeterminación y en la que no se renuncia a una dimensión temporal que orienta el diseño de mecanismos que faciliten los procesos de modelización científica del alumnado. Desde dicha perspectiva el estudio de un elefante, por ejemplo, debe abordarse como el resultado de un diálogo continuo entre una estructura, unas funciones y un flujo; ello significa dejar de ver el elefante como una “forma” para verlo como una “historia”.

En este marco la indeterminación toma relevancia puesto que se desconocen aquellos ele-

mentos que compartirán la historia del sistema, y como se orientará su futuro. Ello conlleva contemplar al elefante sujeto continuamente a nuevas variables (*la presencia de un depredador que le hiera, una sequía importante, el traslado a un zoológico...*), y a respuestas desconocidas (*unas heridas que quizás se curen, encuentro de nuevas reservas de agua, la muerte durante el traslado...*).

Situar los fenómenos del mundo desde la complejidad significa verlos como espacios de confluencia de múltiples causas y múltiples efectos que se relacionan entre sí en una amplia trama de redes multidimensionales. Con ello, siguiendo con el ejemplo del elefante, la causalidad lineal (*si llueve el estrato herbáceo aumenta y el elefante puede alimentarse y continuar con vida, ...*), debe dejar paso a la existencia de múltiples relaciones multicausales productoras de múltiples efectos, que al confluir pueden amplificarse o limitarse creando un contexto en el que su impacto aumenta de forma indeterminada (*si bien al llover se da un aumento del estrato herbáceo, puede que la lluvia desencadene una plaga que provoque la muerte de los depredadores aumentando considerablemente el número de otros herbívoros que compitan con el elefante limitando sus posibilidades alimenticias*).

Ver el mundo como un sistema complejo comporta, así mismo, que la irreversibilidad adquiere un carácter fundamental ya que la evolución del sistema se orienta en un eje temporal. Ello supone partir de la dimensión individual del elefante para ver su historia como especie; una perspectiva que muestra el elefante como un punto discontinuo en la línea de continuidad de la evolución y en la que el tiempo es una variable fundamental.

#### *Incorporar la perspectiva dialógica*

Incorporar la perspectiva dialógica en la actividad científica escolar supone plantear que los fenómenos están en constante dinamismo derivado de un diálogo continuo con su entorno. Con ello se torna fundamental el diálogo entre medio interno y medio externo, entre orden y desorden, entre equilibrio y cambio. Lo

fundamental, en el caso del elefante, es verlo como un proceso continuado de transformación de sí mismo y de transformación del medio; ver que su organización responde a las posibilidades de desarrollarse en un ambiente en función de los límites que éste impone y de la información genética que posee, permitiendo que pueda “ser” y, consecuentemente, vivir o, por el contrario, impedir que “sea” y, por lo tanto, morir.

La perspectiva dialógica conlleva entender que la actividad científica escolar debe ser dinámica no solo ante los cambios que se producen en el conocimiento científico, sino también frente los que se plantean en el contexto en el que se desarrolla, estableciendo un diálogo constante que estimule un proceso de regulación permanente. El valor dialógico aporta la conciencia de que formar al alumnado como miembro de la ciudadanía requiere un diálogo continuado con los modelos que la propia ciencia va elaborando y, paralelamente, con otros ámbitos de conocimiento como camino para favorecer una percepción compleja de los fenómenos del mundo.

Significa, así mismo, considerar que si bien existen preguntas y respuestas propias que le dan identidad, ésta debe tener presente sus limitaciones para explicar la totalidad de un fenómeno. Así, por ejemplo, si bien puede abordarse el tema de la alimentación planteando el significado de una dieta equilibrada, desde la educación científica no puede obviarse que no existe un modelo único social de alimentación y que plantearlo no es suficiente para que el alumnado adquiera unos hábitos alimentarios encaminados a gozar de una mejor salud. Educar para gozar de salud va mucho más allá de considerar el equilibrio de nutrientes, conlleva incorporar elementos de relación social, de bienestar personal que configuran un concepto de calidad de vida que incluye, entre otros, el de una alimentación correcta.

### ***Incorporar la perspectiva hologramática***

Pensar en los fenómenos objeto de estudio desde una visión hologramática convierte en

relevante el constante diálogo entre lo macro y lo micro. Supone aceptar, en su formulación más simple, que un sistema está formado por un conjunto de partes y que a la vez dentro de cada parte está todo el sistema. Ello plantea la necesidad de no perder de vista las diferentes escalas de análisis de los fenómenos para poder viajar entre ellas sin perder de vista sus conexiones, algo que es indisoluble de la incertidumbre y el dinamismo puesto que es imposible conocer las múltiples conexiones. Como consecuencia, abordar el estudio del elefante, supone establecer continuas relaciones entre lo que se ve o nivel meso (el elefante) y los niveles micro (órganos, sistemas o aparatos, células...) y macro (población, comunidad, ecosistema,...).

### ***Nuevos temas y modelos para la ciencia escolar***

Los temas y modelos de la ciencia escolar se ven afectados al incorporar la perspectiva de la complejidad. Los temas deberán ser, ahora, temas que requieren un enfoque sistémico y que tienen en cuenta el azar y la indeterminación y con ello, la emergencia de nuevas entidades que dan razón de las características de los sistemas. En otras publicaciones (Izquierdo et al, 1999a, 1999b) se ha justificado la necesidad de vertebrar el programa de ciencias alrededor de “Modelos Teóricos” que relacionan las ideas principales en un campo científico con sus ejemplos paradigmáticos gracias a “hipótesis” que son, en realidad, las reglas de juego (del hacer, del sentir, del pensar y del decir) que han sido consensuadas por la comunidad científica. Si bien creemos que esta propuesta continua siendo válida consideramos imprescindible incorporar el interés por los aspectos dinámicos de los sistemas como una de las grandes “ideas” que configuran la “manera de mirar” de la ciencia actual. Con ello se deberán reacomodar las que hasta ahora constituían la trama conceptual clásica centrada en la “conservación” (puesto que éstas continúan vigentes) e identificar nuevos hechos paradigmáticos,

Los “Modelos” que articulan las intervenciones docentes han de promover una activi-

dad científica escolar que tiene en cuenta las interacciones entre la ciencia y la técnica y entre la tecnociencia y la sociedad. Es fácil darse cuenta que esto no puede alcanzarse sólo desde las ciencias; comprender bien estas relaciones requiere la participación de las otras asignaturas y el diseño de nuevos currículos de “convergencia CTS”. Ya no tiene sentido la independencia de las diferentes disciplinas del currículo y se abre la perspectiva de nuevas interacciones entre ellas a partir de las cuales emerjan nuevas entidades “interdisciplinarias” y nuevos Modelos teóricos “complejos” que den cuenta de los hechos CTS más representativos.

### Ciencia escolar y emociones

En general la racionalidad, la seriedad, la neutralidad, el estudio, la objetividad, la regularidad, se entienden como algo divergente a la creatividad, la imaginación, la emoción, el sentimiento, la intuición, la irrepetibilidad, el desorden, la libertad. Constituye una perspectiva que obstaculiza comprender el mundo como una construcción e interpretación humana que sigue unas reglas que permiten construir libremente estrategias, utilizando los límites y las barreras establecidas; unas reglas que permiten activar la creatividad que es racional y también intuitiva, integradora de pensamiento y sentimiento. Situados en la perspectiva científica, hacer ciencia supone crear modelos teóricos y ello es algo indisociable del imaginar, del emocionarse, del saborear el reto de pensar nuevas ideas con las que elaborar nuevas hipótesis que permitan avanzar en la construcción de nuevos conocimientos.

Al igual que la ciencia, la ciencia escolar no supone tan solo un proceso de construcción de modelos teóricos. Pensar en átomos, por ejemplo, no significa pensar en bolas que giran unas alrededor de las otras en un orden jerárquico. Implica emocionarse planteando una pregunta significativa, ejercitar la creatividad para encontrar una respuesta haciendo una inmersión en el nivel micro, en “aquello que no veo pero puedo imaginar”. Supone entrar en tensión

emocional para contrastar la propia representación creada con la elaborada por los otros compañeros, ejercitar la imaginación para comprender sus formas de ver la cuestión, y conjuntamente tener la satisfacción de formular una respuesta; todo ello para, posiblemente, poner en crisis la representación creada en un inicio y hacerla evolucionar generando nuevas preguntas.

La ciencia escolar conlleva activar permanentemente un proceso de construcción intelectual que está en un constante diálogo entre certeza e incerteza, orden y desorden, rigor y creatividad, y que no está exento de emoción y creatividad. Un proceso en el que se articula la relación entre diversidad de niveles sistémicos dado que pone en contacto lo macro, “lo que vemos y nos plantea preguntas”, y lo micro “lo que no vemos pero nos permite elaborar explicaciones” que nos ayudan a explicar el macro.

Es una forma de entender la ciencia escolar que no pierde de vista la perspectiva emocional dado que desarrolla la curiosidad, valora la interacción social, establece un diálogo entre estabilidad y cambio, posibilita crear el propio conocimiento científico a través de un diálogo permanente entre el rigor y la creatividad (Mayer, 2002). Es un planteamiento de la ciencia escolar que presupone que la emoción y la creatividad no se repelen con la construcción del conocimiento científico en la escuela, un conocimiento sabio, que se disfruta, se saborea y es útil para vivir, inventar y crear un futuro más equitativo y sostenible.

### Ciencia escolar y acción

Enseñar y aprender ciencias debe ser una actividad que capacite a los individuos para construir su forma de sentir, pensar, hablar y actuar sobre el mundo, tomando los modelos científicos como uno de los posibles puntos de referencia. La ciencia escolar se configura así como una acción transformadora de unos mismo a la vez que se desarrolla como acción transformadora del mundo abierta a un futuro indeterminado porque acompaña a la persona

que aprende en su camino vital. Esto supone aceptar que la actividad científica que se promueve en la escuela ha de establecer una interacción con el mundo natural mediante instrumentos que son tanto artefactos como “maneras de hacer y de decir” y que depende de valores diversos: éticos, epistémicos, y sociales, que se han de tener en cuenta. Imaginar el conocimiento como acción es también consecuencia de haber concebido así, previamente, al lenguaje. Así por ejemplo cuando la ciencia da nombre a las cosas, define la entidades de las que se ocupa; pero, con ello, aunque aparentemente dice lo que son estas entidades, en realidad dice lo que podemos hacer con ellas. Dar nombre, definir, es actuar y no es una acción inocua, sino que está cargada de teoría y de valores.

La ciencia escolar, sin embargo, no puede obviar la necesidad de formar a la ciudadanía para participar de la intervención y transformación social. En esta tarea de educar para la acción ciudadana, ubicarse en el marco de la estrategia ecológica de la acción resulta útil en cuanto que ayuda al alumnado a situarse en la complejidad de la confluencia de intereses que se dan en una sociedad plural y democrática. Desde dicha óptica, las propuestas de acción ciudadana que puedan generarse en el aula, pasan a ser uno de los múltiples factores que una comunidad ha de considerar ante una toma de decisiones. Es un proceso creativo en el que la elaboración de propuestas toma más relevancia que el resultado final al que, posteriormente, pueda llegarse en otros ámbitos. Con ello el alumnado puede entender que participar en un proceso de decisión colectiva no supone necesariamente que se asuma la propuesta presentada.

Así, por ejemplo, desde la educación científica son muchas las veces en las que se abordan temáticas que al relacionarse con aspectos sociales, ambientales, de consumo, etc., terminan, más allá de lo científico, razonando propuestas de acción colectivas. No sirve de nada concretar en clase posibles acciones colectivas de uso del parque que está junto a la escuela. Lo interesante es elaborar propuestas considerando que dicho parque es un punto de confluencia

de personas, colectivos e intereses, que dichas propuestas son unas de tantas que quizás están en contradicción con las elaboradas por otros, que deben darse a conocer teniendo presente que en una sociedad democrática se avanza mediante la tolerancia y el diálogo, y pensando que la opción final puede que sea otra.

### Ciencia escolar y lenguaje

En el marco de la ciencia y también de la actividad científica escolar el lenguaje permite la emergencia de nuevas explicaciones, dar nombre a las relaciones observadas y a las nuevas entidades que las justifican y por eso se trata de una herramienta para cambiar la manera de mirar los fenómenos de mundo (Izquierdo & Sanmartí, 2003). El lenguaje científico en la escuela permite relacionar el “hacer” con el “pensar” y con el “sentir” de modo que todo aquello que se hace, se habla, se siente, se escribe o se piensa en la clase debe de estar relacionado y ha de tener sentido. En las clases de ciencias los alumnos aprenden poco a poco a utilizar modelos científicos escolares y los términos especializados que forman parte de dichos modelos.

Antes de empezar cualquier clase tenemos ya las palabras, pero éstas no son aún términos científicos” ni tan sólo “conceptos”. En un primer momento el alumnado empieza a hablar de los fenómenos con sus propias palabras las cuales van cambiando a medida que adquieren más capacidad de actuar, lo cual requiere nuevos conceptos y modelos. No tiene así sentido aprender términos y teorías que solo son palabras vacías, aprendidas de memoria, sin posibilidad de utilizarlas para explicar fenómenos diversos y para actuar.

Ello supone desterrar la idea de que el lenguaje científico que se utiliza es preciso, unívoco y austero. En efecto, según Lemke (1997) la comunicación y la precisión de los términos que se usan mantienen una relación de indeterminación. Esto significa que las palabras que usan los que las crean tienen un significado en el contexto de la acción perdiendo así este significado para aquellos que las toman como des-

cripciones unívocas u explicaciones verdaderas de los fenómenos del mundo. La actividad científica escolar ha de ser una actividad de creación de lenguaje vinculado a la experiencia y a la acción gracias a la cual las palabras de la ciencia adquieran el significado práctico y axiológico que les corresponden.

Las preguntas y las predicciones sobre los fenómenos naturales que el alumnado puede hacer a cada nivel educativo son sin duda diferentes que las de los científicos pero también generan conocimiento en el proceso de observar, experimentar, hablar y escribir; transformando así sus pensamientos al comunicarlos. Construir modelos científicos en la escuela desde la perspectiva compleja supondrá animar al alumnado a plantearse preguntas que permitan enfocar en aspectos nuevos de la realidad promocionando así el desarrollo de un pensamiento complejo. A través de la identificación y selección de preguntas el profesorado podrá iniciar procesos de construcción de modelos que aporten una visión compleja, hologramática o dialógica de los fenómenos del mundo, como se verá en otro artículo dentro de este mismo número.

## A modo de conclusión

El paradigma de la complejidad aporta una nueva perspectiva que plantea nuevos retos enriqueciendo así la reflexión desde la didáctica de las ciencias de las finalidades, los contenidos, los problemas, los valores y el lenguaje de la ciencia escolar. En este artículo se han incluido algunas reflexiones sobre aquellos aspectos de la actividad científica escolar que se muestran más relevantes desde la perspectiva compleja como son la necesidad de desarrollar un pensamiento complejo, y la importancia de la acción, las emociones, y el lenguaje en el aprendizaje de las ciencias. Quedan por afrontar, sin embargo, los retos que el paradigma de la complejidad plan-

tea a la propia didáctica de las ciencias como disciplina, aspecto éste que no por menos importante deberá abordarse en otro momento.

## REFERENCIAS

- ECO, U. (1999). *Kant i l'ornitorinc*. Barcelona: Destino.
- GUIDONI, P. (1985). On Natural Thinking. *International Journal of Science Education*, 7 (2), pp. 133-140.
- IZQUIERDO, M.; ESPINET, M.; GARCIA, P.; PUJOL, R. M., y SANMARTÍ, N. (1999a). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 79-92.
- IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999b). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- IZQUIERDO, M. y SANMARTÍ, N. (2003). Fer ciència a través del llenguatge. *Aprende ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Edicions 62, 9-28.
- LEMKE (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- MAYER, M. (2002). Ciudadanos del barrio y del planeta. En: F. Imbernon (Ed.) *Cinco ciudadanía para una nueva educación*. Barcelona: Graó.
- MORIN, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- MORIN, E. (1996). Por una reforma del pensamiento. *Correo de la Unesco*, Febrero.
- MORIN, E. (2001). *La mente bien ordenada. Repensar la reforma, reformar el pensamiento*. Barcelona: Seix Barral.
- MORIN, E.; CIURANA, E. R., y MOTTA, R. (2002). *Educación en la era planetaria: El pensamiento complejo como método de aprendizaje en el error y la incertidumbre humana*. Valladolid: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Valladolid.
- PUJOL, R.M. (2001). Les ciències més que mai poden ser una eina per a formar ciutadans i ciutadanes. *Perspectiva Escolar*, 257.

#### SUMMARY

This article situates current science as a process of knowledge construction which incorporates complexity within a value framework. The final goals of science education are analysed from the perspective of complexity. Science education is thus understood as an activity whose main aim is the meaningful construction of new ways of thinking, speaking, feeling and acting, all of them allowing the explanation and transformation of the world. These new constructs allow one to explain and transform the world. The article delves further into the meaning of constructing complex thinking, of establishing knowledge where reason and emotion are complementary elements, and the need that science education includes action education as well.

#### RÉSUMÉ

Dans cet article la science actuelle se situe comme une construction de connaissances qui incorpore la complexité et se réalise dans un cadre de valeurs. On y expose les finalités de la science scolaire depuis la complexité comprise en tant qu'activité dont la finalité consiste à la construction significative de nouvelles façons de penser, parler, sentir et agir qui permettent d'expliquer et transformer le monde. On approfondit dans la signification de construire une pensée complexe, d'exposer une connaissance où raison et émotion sont des éléments complémentaires et aussi dans la signification d'"une science scolaire qui éduque pour l'action.