

En este artículo se plantea el paradigma de la complejidad como un marco orientador que posibilita comprender y posicionarse participativamente en el mundo actual. En primer lugar, dado que la transversalidad y la corriente de "Ciencia, Tecnología y Sociedad", constituyen propuestas en esta dirección, se analizan sus características principales diferenciándolas de las que aporta el paradigma de la complejidad. En segundo lugar se profundiza en las aportaciones que dicho paradigma hace para, finalmente, apuntar algunos aspectos relativos a su repercusión para la didáctica de las ciencias.

Un nuevo marco para orientar respuestas a las dinámicas sociales: el paradigma de la complejidad*

pp. 5-19

J. Bonil; N. Sanmartí;
C. Tomás y R. M. Pujol

Universidad Autónoma de Barcelona

Introducción

Los fenómenos del mundo son complejos. En ellos convergen multitud de elementos, y múltiples y variadas interacciones en procesos en los que el dinamismo es constante. Un mundo en que la interacción entre la perspectiva social y la natural ha dado lugar a un modelo de organización social que refleja una crisis profunda.

La injusticia social y la insostenibilidad ecológica presentes en el mundo actual reclaman la construcción colectiva de nuevas formas de sentir, valorar, pensar y actuar en los individuos y en las colectividades que posibiliten a toda la ciudadanía del planeta alcanzar una vida digna en un entorno sostenible. Buscar nuevas formas de abordar las relaciones entre las personas y de éstas con la naturaleza

constituye un reto en todos los campos humanos: en el económico, en el político, en el ecológico, en el social... En realidad, constituye un reto para el pensamiento humano y, consecuentemente, un reto sobre como afrontar la educación en general y en concreto la educación científica.

En la actualidad mundial todo está interconectado y los conflictos sociales y ecológicos no son tan sólo cuestiones locales o parciales de algunas colectividades, sino verdaderos problemas globales. Ante ello es necesario un cambio de perspectiva, que oriente nuevas maneras de abordar el conocimiento de la realidad y que permita tomar decisiones para construir nuevas maneras de afrontar la vida. Los valores dominantes y el peso del determinismo y el positivismo se muestran inadecuados para comprender y resolver las nuevas

* 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.).

cuestiones que van surgiendo, así cómo para crear nuevos caminos para avanzar.

El conocimiento científico forma parte del bagaje cultural de la humanidad y la ciudadanía tiene derecho a conocerlo no solo para descubrir el placer de ver el mundo desde su perspectiva, sino también para conocer las posibilidades de predicción e intervención sobre el mismo que desde ella se ofrecen. La educación científica del siglo XXI debe potenciar la formulación de preguntas sobre los fenómenos naturales y la búsqueda de respuestas mediante un juego de pensamiento y acción característicos de la actividad científica. Sin embargo, no puede obviar que debe aportar a los individuos elementos para construir nuevas formas de sentir, pensar y actuar, alternativas a las dominantes, aportando a la ciudadanía elementos para la construcción de un mundo más justo y más sostenible.

Si bien existen planteamientos educativos que, desde ámbitos distintos, se orientan en esta dirección, en este artículo se plantea el paradigma de la complejidad como un marco orientador más amplio que posibilita comprender el mundo y adquirir criterios para posicionarse y participar en su transformación. En primer lugar, dado que la transversalidad y la corriente de "Ciencia, Tecnología y Sociedad", constituyen propuestas en esta dirección, se analizan sus características principales diferenciándolas de las que aporta el paradigma de la complejidad. En segundo lugar se profundiza en las aportaciones que dicho paradigma hace para, finalmente, apuntar algunos aspectos relativos a su repercusión para la didáctica de las ciencias.

Respuestas distintas a las dinámicas sociales establecidas

La educación no se realiza en el vacío, sino en el contexto sociocultural en el que se desarrolla. La educación puede entenderse como un elemento de reproducción social y cultural, transmisor de la cultura dominante, pero puede también concebirse como factor transformador de la sociedad (Sanmartí y Pujol, 2002). La rea-

lidad no es un simple producto de estructuras o sistemas, sino mucho más; es la construcción que de ella se hace en el día a día. Desde dicha concepción, el modelo de sociedad se construye continuamente en base a la interacción de los individuos que la componen. Ello permite pensar en una educación que es un órgano reproductor, pero, a la vez, un elemento capaz de crear nuevas formas de ver el mundo, nuevas formas de pensarlo y nuevas formas de actuar, incluso alternativas a las existentes.

Las propuestas emprendidas en la búsqueda de acciones educativas transformadoras de la realidad social son múltiples. En este apartado tan solo se han escogido dos de ellas dada la relevancia que, desde la educación científica, han tenido y tienen para construir respuestas a la dinámica social. Se ha tomado el concepto de transversalidad, y junto a él el de temas transversales, dada su especial importancia en las etapas educativas de Infantil y Primaria. Se ha considerado, así mismo, el concepto de alfabetización científica y dentro de ella la corriente denominada "Ciencia, Tecnología y Sociedad", como un motor importante para ofrecer respuestas a los problemas planteados en la sociedad, desde la etapa de Educación Secundaria. Ambas se plantean con el propósito de situarlas como agentes de cambio social y poderlas comparar con las aportaciones que hace el paradigma de la complejidad.

La transversalidad y los temas transversales

El concepto de transversalidad y con él los denominados temas transversales fueron introducidos por la LOGSE (1990), en el sistema educativo de nuestro país. Respondían a un proyecto de sociedad y de educación, plenamente justificado dentro del marco social en que se desarrolla la educación obligatoria. Constituían una opción ideológica propugnadora de un modelo de escuela, de educación y de sociedad.

La transversalidad afianzaba un modelo de escuela que considera la realidad externa y la entiende como un elemento más de la sociedad que es generador de nuevas ideas y factor trans-

formador de ambas. Junto a ello, propugnaba un modelo de educación conectado con la vida, basado en la comprensión y en la acción; promovía visiones globales, estimulaba un aprendizaje en el que el alumnado se sintiera partícipe, y un estilo de trabajo orientado a desarrollar la autonomía y la cooperación.

Así mismo, la transversalidad orientaba un determinado modelo de sociedad. Respondía a las medidas tomadas, desde los gobiernos de los países desarrollados, para contribuir a paliar los efectos indeseables del desarrollo, especialmente en sus propias sociedades. En este sentido, como muy bien señaló Yus, (1996), todos los transversales presentaban una orientación antropocéntrica destinada a la preservación de los intereses humanos como especie y una orientación etnocéntrica que buscaba paliar los problemas derivados del modelo de desarrollo actual en los grupos dominantes, ignorando los costes humanos y ambientales que ese mismo desarrollo ocasiona en otros grupos, particularmente, en los más desfavorecidos del mundo.

El concepto de transversalidad posibilitó contemplar, y de hecho se contempló fue por sectores del profesorado, desde una perspectiva distinta. Desde ella, si bien se planteaban cuestiones derivadas del actual modelo de desarrollo y se perseguían paliarlas, paralelamente, se abría un camino para formular la necesidad de un cambio en la finalidad y dinámica de la sociedad. Una perspectiva desde la que la transversalidad y los temas transversales se constituyeron en motor de cambio social.

La defensa de que el concepto de transversalidad debía estar presentes en la dinámica de la vida de los centros y en todas las áreas curriculares abría grandes interrogantes sobre la organización de la escuela y la articulación de las materias. El fuerte carácter actitudinal otorgado a los temas transversales, estrechamente ligado a una dimensión ética y propiciador de la autonomía moral del alumnado, introducía un conjunto importante de posibilidades educativas en los contenidos del currículo y en la forma de plantear el proceso de enseñanza/aprendizaje.

Sin embargo, la transversalidad y con ella los temas transversales no plantearon ni ofrecieron herramientas para un cambio importante en los contenidos del currículo. Con ello se inició el peligroso camino de la moralización, perdiéndose una importante oportunidad para propiciar una transformación en la forma de pensar y actuar en el mundo. Con la derogación de la LOGSE, los transversales han dejado de ser una cuestión importante para el sistema educativo reglado y ha quedado relegada, sobre todo en la escuela Infantil y Primaria, a una función educativa desvinculada del currículo.

Alfabetización científica y la corriente "Ciencia, Tecnología y Sociedad"

En la actualidad, y paralelamente al movimiento de transversalidad, desde amplios ámbitos relacionados con la educación científica se reivindica la importancia de la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía justificando su importancia en base a múltiples argumentos. Se habla de su necesidad como respuesta a cuestiones socioeconómicas, culturales y de autonomía personal; como elemento imprescindible para ver la utilidad de la ciencia y la tecnología en la vida cotidiana; como valor necesario para la participación social ante la toma de decisiones públicas relacionadas con la ciencia y la tecnología y como responsabilidad ética personal y colectiva.

Si bien existe un consenso general en relación a la importancia de la alfabetización científica y tecnológica no existe una visión universal de dicho concepto. Para Reid y Hodson, (1989), es un concepto asociado a la idea de hacer accesible, interesante y significativa la ciencia escolar, de dar más relevancia al deseo, la necesidad y el interés de saber ciencia, y de propiciar el saber ciencia. Un concepto que en su planteamiento va unido a la comprensibilidad y la equidad dado que no excluye a nadie.

En un estudio reciente (Kemp, 2002), se analiza la opinión de distintos expertos del campo de la Didáctica de las Ciencias, entorno al concepto de alfabetización científica y tecno-

lógica, agrupando las respuestas en tres dimensiones: Una dimensión conceptual en la que se señala como elementos más citados la importancia del concepto de ciencia y el de relaciones entre ciencia y sociedad; Una dimensión procedimental en la que se destacan como rasgos más relevantes la obtención y uso de la información científica, la aplicación de la ciencia en la vida cotidiana, la utilización de la ciencia para propósitos sociales y cívicos, y la divulgación comprensible de la ciencia al gran público; y una dimensión afectiva en la que se insiste en elementos como el aprecio a la ciencia y el interés por ella.

Son bastantes los que señalan que la corriente "Ciencia, Tecnología y Sociedad" (CTS) constituye la manera más sólida de afrontar el reto actual de la alfabetización científica y tecnológica. Acebo y otros (2003), defienden el papel central de la CTS para contextualizar una ciencia escolar que ayude al alumnado a tomar decisiones informadas y razonadas sobre problemas relacionados con la ciencia y la tecnología en la sociedad y, por tanto, que les posibilite participar activamente como ciudadanos responsables.

La corriente "Ciencia, Tecnología y Sociedad" constituye una opción ideológica que en sus inicios partió del análisis hecho desde la sociología. Desde ella y como respuesta al espíritu triunfalista del impacto social asociado a los logros del lanzamiento del Sputnik (1957), se propuso tomar en consideración los valores sociales de la ciencia desde una dimensión más reflexiva y crítica. En este marco de reflexión social de la ciencia, la presencia de la tecnología tomó un papel relevante en cuanto que facilita la conexión con el mundo real y una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia.

Las finalidades del movimiento CTS son tan amplias que en función de los objetivos concretos que se tomen su concreción puede ser muy diversa (Bybee, 1993). Se caracteriza por ser una propuesta de cambio de currículo que se apoya en una dimensión filosófica crítica de la ciencia y más relacionadas con la reflexión sobre su papel en la sociedad. Las distintas propuestas tienen en común mostrar siempre las importancia

central de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad tanto en la planificación de contenidos, como en el desarrollo de las actividades y el proceso de evaluación.

La alfabetización científica y tecnológica, y con ella la corriente CTS es un concepto que nace con la finalidad de que los ciudadanos sean capaces de participar en el proceso democrático de toma de decisiones y en la solución de problemas de la sociedad relacionados con la ciencia y la tecnología. Persigue incentivar el interés de la ciudadanía en formación por la ciencia, acercarla a los estudiantes y a la sociedad promoviendo el aprendizaje de contenidos científicos de relevancia social y económica y la conciencia de los problemas y beneficios inherentes al desarrollo científico y tecnológico. El punto de partida es el conocimiento de las ciencias como patrimonio de conocimiento. Es desde dicha idea que se habla de la importancia de democratizar dicho conocimiento dado que se vive en una sociedad tecnológica. El objetivo es que la ciudadanía entre en la ciencia para desde su conocimiento intervenir en la sociedad y con ello poner de relieve la dimensión social de la ciencia y la tecnología.

De alguna forma se puede afirmar que el movimiento CTS (o algunas de sus ramas) y el movimiento sobre la transversalidad en el currículo tienen muchos puntos de coincidencia en sus finalidades, aunque han seguido vías distintas. Se podría afirmar que la transversalidad afecta sobretudo a la institución escolar, mientras que el movimiento CTS se sitúa en la transformación del currículum de ciencias.

El paradigma de la complejidad

A lo largo del siglo XX el concepto de complejidad se ha integrado prácticamente en todos los ámbitos. Se habla de una realidad compleja, de relaciones complejas de la ciencia de la complejidad, de la teoría de sistemas complejos, del paradigma de la complejidad. Muchos de los conceptos anteriores, si bien están relacionados entre sí, poseen un significado y un alcance diversos. La ciencia de la complejidad estudia los

fenómenos del mundo asumiendo su complejidad y busca modelos predictivos que incorporen la existencia del azar y la indeterminación y es una forma de abordar la realidad que se extiende no solo a las ciencias experimentales sino también a las ciencias sociales (Balandier, 1989). La teoría de los sistemas complejos es un modelo explicativo de los fenómenos del mundo con capacidad predictiva que reúne aportaciones de distintas ramas del conocimiento científico. Junto a ella, el paradigma de la complejidad es una opción ideológica, que asumiendo las aportaciones de la ciencia de la complejidad, es orientadora de un modelo de pensamiento y de acción ciudadana.

Las primeras referencias al paradigma de la complejidad las da Morin (1977, 1980, 1984, 1986, 1991, 1994, 1995, 1996), en contraposición a lo que denomina paradigma de la simplificación. Éste plantea la necesidad de construir un pensamiento complejo y la importancia de una acción ciudadana orientada por una forma de posicionarse en el mundo que recupera los valores de la modernidad. Morin (2001), define siete principios básicos que guían el pensamiento complejo, considerándolos complementarios e interdependientes. Sitúa el principio sistémico o organizacional bajo el que se relaciona el conocimiento de las partes con el conocimiento del todo; el principio hologramático que incide en que las partes están dentro del todo y el todo está en cada parte; el principio retroactivo que refleja cómo una causa actúa sobre un efecto y, a su vez, éste sobre la causa; el principio recursivo que supera la noción de regulación al incluir el de auto-producción y auto-organización; el principio de autonomía y dependencia en el que expresa la autonomía de los seres humanos pero, a la vez, su dependencia del medio; el principio dialógico que integra lo antagónico como complementario; el principio de la reintroducción del sujeto que introduce la incertidumbre en la elaboración del conocimiento al poner de relieve que todo conocimiento es una construcción de la mente. Paralelamente, a estos principios orientadores del pensamiento complejo, Morin plantea lo que denomina “política de civiliza-

ción”, orientadora de valores y de la acción, introduciendo la denominada “estrategia ecológica de la acción”.

A lo largo de las últimas décadas el paradigma de la complejidad ha sido tomado como referente desde distintos ámbitos, en especial desde aquellos asociados a la educación ambiental (García, 1994) y sobretodo desde países latinoamericanos. Ante el reto de dar respuesta a los problemas sociales y ambientales actuales, el paradigma de la complejidad constituye una forma de situarse en el mundo que ofrece un marco creador de nuevas formas de sentir, pensar y actuar que orientan el conocimiento de la realidad y la adquisición de criterios para posicionarse y cambiarla. Supone una opción ideológica orientadora de valores, pensamiento y acción. Reúne aportaciones de campos muy diversos que configuran una perspectiva ética, una perspectiva de la construcción del conocimiento y una perspectiva de la acción (Pujol, 2002).

Desde la perspectiva ética, frente el antropocentrismo dominante, el paradigma de la complejidad apuesta por el ambiocentrismo. La extendida idea de igualdad es substituida por la de equidad, que entiende la diversidad como un valor. Frente el concepto de dependencia establecido por las sociedades dominantes reivindica la inclusión del de autonomía, que incluye la responsabilidad y la solidaridad.

Desde el punto de vista del pensamiento, el paradigma de la complejidad hace suyo el concepto de sistema complejo adaptativo (Gell-Mann, 1995) como forma de comprender cómo son y cuál es la dinámica de los fenómenos naturales y sociales del mundo. Incorpora la necesidad de un diálogo continuado entre las distintas formas de conocer el mundo dada la existencia de incertidumbres en cada una de ellas, propugnando la importancia del diálogo entre una visión específica y una global que incorpore el azar y la indeterminación. Sitúa la perspectiva hologramática, desde la que se asume que todos los sistemas están relacionados entre sí, reflejando cada uno de ellos la complejidad y, por consiguiente, negando la existencia de sistemas más simples que otros.

Desde la perspectiva de la acción, el paradigma de la complejidad apuesta por defender un modelo de vida que entiende la libertad como responsabilidad, un modelo de convivencia política orientado hacia la democracia participativa, y la comunidad como forma de proyectarse hacia la globalidad (Morin, 2001).

El paradigma de la complejidad se conforma pues, como un marco integrador de las perspectivas ética, cognitiva y conativa en un esquema retroactivo que se genera de forma dinámica en la interacción entre dichos elementos (Bonil, y Pujol, 2003). Constituye una opción filosófica ideológica que ofrece nuevas posibilidades para una revolución conceptual, y abre nuevos caminos para la formación de una ciudadanía capaz de pensar y construir un mundo más justo y sostenible. Incluye valores éticos, valores epistémicos y valores de acción.

El paradigma de la complejidad: una forma de posicionarse en el mundo

Si se acepta que las ideas y las actuaciones están sujetas a la diversidad humana y ello constituye un concepto creador de riqueza dinámica, puede parecer no adecuado definir un sistema de valores universales en los que sustentar cualquier pensamiento y actuación. Lejos de aceptar como inamovible lo existente pero también alejados de un relativismo absoluto que justifique cualquier forma de pensar y actuar, es importante y necesario definir una postura de carácter sistemático y deliberativo que permita a la mente hacer representaciones que se correspondan con los datos de la experiencia y que someta sus supuestos a toda clase de cuestiones y objeciones. Se trata de establecer un juicio prudente, basado en razones probables, que permita además la coexistencia de otras posiciones siempre y cuando se muestren coherentes. En esta perspectiva, tal y como se ha indicado, el paradigma de la complejidad se posiciona a favor de una ética que apuesta por el ambiocentrismo como forma de diálogo entre naturaleza y sociedad, por la equidad como

diálogo entre individuos y colectividades, y por el diálogo entre autonomía y dependencia.

Posicionarse en el ambiocentrismo

A lo largo de la historia de la humanidad la naturaleza ha sido vista y utilizada por los humanos de formas distintas. En las sociedades desarrolladas la naturaleza es vista como un recurso al servicio de la especie humana, de interés en la medida que la vida humana depende de ella. Constituye una visión antropocéntrica de la vida, que desde una posición reduccionista justifica una explotación humana maximizada de la naturaleza y que establece el concepto de dominio de la especie humana sobre la misma. Una perspectiva que suele también estar acompañada de una visión etnocéntrica, justificadora de la superioridad de unas culturas sobre las otras, y de una visión androcéntrica que desestima el papel de las mujeres al igual que lo hace con la naturaleza (Novo, 1995).

A lo largo del siglo XX, la evidencia de las problemáticas ambientales y sociales, ha conllevado la coexistencia de visiones antropocéntricas de distinto grado. Junto a posturas que consideran la naturaleza como un instrumento humano, coexisten posiciones que centran lo humano en la relación entre la naturaleza y la especie humana (Dobson, 1997).

En este contexto surge la concepción ambiocéntrica. Desde ella la especie humana, sin perder su identidad, se concibe íntimamente interrelacionada e interdependiente con todo lo existente, de forma que adquiere significado no por sí sola, sino en un contexto más amplio que incluye todo lo natural. Como consecuencia, al concebir de forma simultánea la idea de identidad humana con la de identidad del entorno, pierde sentido un rol humano basado tan sólo en el dominio y conquista de la naturaleza.

Apostar por la perspectiva ambiocéntrica, no supone pensar que un escarabajo, un roble, o el agua pueden considerarse iguales a un ser humano. Conlleva ubicar la interdependencia de todos ellos en el conjunto del planeta, valorar el papel que cada uno posee en la dinámica del mismo, y actuar teniéndolo presente. Supo-

ne, además, situarse en una perspectiva que rechaza el papel dominador de grupos humanos minoritarios, que intentan imponer su cultura y su forma de hacer, sobre otros grupos humanos. Conlleva, también, oponerse a aquellas posturas que sitúan a las mujeres en posiciones inferiores y utilitaristas.

Posicionarse a favor de la equidad

En el mundo la diversidad hace posible la vida. En la naturaleza permite la variabilidad y con ella la evolución y en la sociedad es fuente de riqueza cultural y motor de cambio. Frente a la extendida idea de igualdad como principio sobre el que deben establecerse las acciones individuales y colectivas, desde el paradigma de la complejidad se propugna el de equidad que se manifiesta divergente al de igualdad.

La equidad se entiende íntimamente asociada al concepto de justicia. Parte del profundo convencimiento de que no existe una mayor injusticia que tratar como igual lo que es diverso (Novo, 1995). La equidad orienta una acción que, sin caer en el relativismo cultural, asume el respeto a la vida en todas sus manifestaciones. Entiende que cada individuo comparte el mundo con los demás, y ello está intrínsecamente unido a la aceptación de la alteridad y la pluralidad. La apuesta por la equidad comporta la necesidad del auto-conocimiento y la auto-aceptación de los individuos y de las colectividades, así como el conocimiento y la aceptación de los demás.

Apostar por la equidad supone, entre otros, asumir que el crecimiento económico de los países pobres va en paralelo a su disminución en los países ricos; que las problemáticas ambientales deben analizarse conjugando lo científico y la perspectiva histórica-social, y, consecuentemente, debe replantearse la llamada deuda ambiental; que ante la toma de decisiones es importante considerar tanto el conocimiento generado por la ciencia como el conocimiento tradicional nacido en el seno de las comunidades, y que la topofilia, o estimación al propio lugar, es una forma lícita de entender un territorio (Baguedano y otros, 2002); que el creci-

miento demográfico de los colectivos más pobres debe orientarse desde el respeto a unas civilizaciones que han de ir configurando su transición demográfica; que los productos agrícolas autóctonos deben considerarse como fuente de riqueza y equilibrio ambiental. Conlleva, así mismo, plantear que los sistemas educativos deben destinar mayores recursos económicos y humanos a aquellos grupos más desfavorecidos, asumiendo que las diferencias en el acceso a la educación no son sino una muestra más de la desigualdad social existente. La apuesta por la equidad significa en definitiva el rechazo a la imposición de una única forma de pensar, de hacer y de actuar que favorece la pérdida de una riqueza de límites insospechados y perpetua los sistemas de dominio de las minorías sobre las mayorías.

Posicionarse en el diálogo autonomía-dependencia

La equidad descarta tanto la visión utilitarista, característica de las formas de pensamiento dominantes, como de aquellas orientadas por una dimensión moralista que actúa parcialmente sobre los efectos sin abordar las causas. Concibe el respeto por la auto-organización y la auto-regulación de los distintos grupos humanos y, a la vez, asume la necesidad de realizar un esfuerzo global que implica la cooperación mundial para erradicar la pobreza y los problemas ambientales. Supone una solidaridad que también acoge la necesaria conciliación entre el pasado y el futuro, cuestionando el orden económico mundial establecido, la tecnología desarrollada y la cultura impuesta.

En la actualidad, la cultura dominante valora las necesidades creadas por encima de los recursos naturales, identifica el progreso con la máxima posesión de bienes, elimina a cualquier otro que no sea uno mismo, impone la producción y el consumo como modelo que puede proporcionar una calidad de vida deseable y generalizable para toda la humanidad. En este contexto, los colectivos sociales que no controlan las actuales formas de producción y gestión de los recursos se ven profundamente afecta-

dos, puesto que dependen económica y políticamente de los que ejercen el poder. Es una dependencia que no sólo transforma la organización social de las colectividades y extiende la problemática ambiental, sino que a la vez impone una cultura mermando la diversidad y eliminando la riqueza humana.

Frente el concepto de dependencia, entendido como imposición de la minoría sobre la mayoría, aparece el reto de entender la dependencia desde una perspectiva solidaria. Comprender que los diferentes colectivos están relacionados en redes interdependientes en el que disponibilidad y carencia establecen estrechas relaciones.

En este contexto el concepto de autonomía, relacionado con el de autosuficiencia, implica considerar que los sistemas sociales pequeños y descentralizados son más capaces de organizarse, de utilizar tecnologías adecuadas y mantener una mayor diversidad de sus propios recursos, lo cual permite el desarrollo de la propia identidad cultural y una menor agresión ambiental.

La autonomía alude al derecho de la libertad de los individuos y colectividades a vivir respetando su historia cultural y social. Alude, así mismo, a la idea de apertura y cooperación con los otros desde la seguridad que ofrece el estar enraizado en un contexto propio creador de historia y culturas particulares. Es una libertad entendida como conciencia y por lo tanto como auto-conocimiento y capacidad de análisis crítico, como derecho a disfrutar de la independencia privada compatible con la de los demás, con la pluralidad (Benejam, 1997). Es una cooperación que convierte el concepto de dependencia en una estructura complementaria y no como un eje jerarquizador.

El paradigma de la complejidad: una forma de pensar el mundo

Al plantear el paradigma de la complejidad se ha dicho que éste constituye una manera concreta de orientar la forma de pensar el mundo, de construir conocimiento. Una forma que incorpora el concepto de sistema complejo adaptativo, hace suya la necesidad de un diálogo

continuo entre las distintas formas de conocimiento, y niega la existencia de formas de conocimiento más simples que otras. En este apartado se desarrollan cada uno de estos tres aspectos.

Incorporar la perspectiva de los sistemas complejos

La teoría de los sistemas complejos adaptativos, haciendo suya la perspectiva sistémica, entiende los fenómenos como sistemas abiertos en constante autoorganización dado el flujo continuado de materia y energía con su entorno. Un proceso en el que se desarrollan emergencias y límites, orientando la evolución del sistema en una flecha temporal sujeta al azar y a la indeterminación.

La teoría de sistemas (Bertalanffy, 1986) define un sistema como un conjunto de elementos en interacción entre ellos y de forma conjunta con su entorno que, siendo susceptible de ser dividido en partes, adquiere entidad precisamente en la medida que tales partes se integran en la totalidad. Desde dicha definición en todo sistema pueden diferenciarse unas partes o elementos organizados que lo componen y ello implica la existencia de una estructura. Entre los elementos que configuran el sistema existen interrelaciones o relaciones que posibilitan unas funciones y establecen la dinámica del sistema. Los factores externos ajenos al sistema y que pueden influenciarlo se consideran su entorno. Un concepto que conlleva el de frontera como delimitación imaginaria o real de si un elemento pertenece o no al sistema.

Al considerar los fenómenos como sistemas, si bien pueden delimitarse elementos, no puede pensarse que éstos son una suma de los mismos. Un sistema es una interrelación permanente entre sus elementos o partes consecuencia de un proceso permanente de interdependencia entre ellos, y entre ellos y el medio.

Cada elemento del sistema constituye una representación simplificada de alguna característica del mismo y permite ser tomado como objeto de estudio aisladamente. Sin embargo, cada elemento adquiere significado sólo en la

medida que constituye una parte integrante del todo. Consecuentemente, el estudio de cualquier elemento aislado es siempre parcial.

La interdependencia presente en un sistema permite considerar que todo está sistematizado. Cualquier fenómeno puede ser visto como un sistema que a la vez es parte de un sistema mayor. Éste deja de ser considerado como un objeto aislado, cerrado y autosuficiente, para verse como un sistema interconectado a otros. Ello supone la posibilidad de configurar el universo como una arquitectura de sistemas e implica que para comprender cualquiera de ellos deben, necesariamente, establecerse relaciones con los sistemas situados en el orden jerárquico inferior y superior.

La dependencia del medio de cualquier sistema abierto (Prigogine, 1997b) implica considerar que sus características dependen de las aportaciones y restricciones del entorno, lo cual produce un conjunto de cambios continuados en el propio sistema, que a la vez afectan al medio. En la comprensión de como el sistema se readapta de forma permanente a los cambios externos, (Atlan, 1989) el concepto de retroacción, retroalimentación o feed-back ofrece una explicación. Dicho concepto superando el principio de causalidad lineal, muestra que una causa puede actuar sobre el efecto, y a la vez, el efecto puede actuar sobre la causa.

Los sistemas abiertos mantienen su identidad y equilibrio dinámico mediante un flujo de energía y materia entre ellos y el medio; el orden interno es mantenido a costa de aumentar el desorden externo. En un sistema abierto el orden y el desorden se constituyen como elementos complementarios que, generando una historia, posibilitan la continuidad del sistema. El orden que manifiesta un sistema en un momento dado se comprende como el resultado de las relaciones orden-desorden-organización que se están dando de forma continuada en el propio sistema.

Si bien bajo la idea de retroalimentación pueden comprenderse, en los sistemas vivos, algunos de los procesos por los que el medio interno mantiene un equilibrio pese a las incidencias externas, ello no permite explicar otros

procesos tales como el hecho de que un ser vivo sea el resultado de un proceso evolutivo antiguo y, a la vez, que su reproducción sea la causa de que el proceso evolutivo tenga continuidad. La idea de retroalimentación tampoco permite explicar lo que sucede en los sistemas sociales, en los que si bien las personas constituyen la sociedad, simultáneamente, la sociedad configura a las personas al darles una cultura mediante el lenguaje (Le Moigne, 1999). Es ante este vacío que el concepto de auto-organización de los sistemas abiertos posibilita introducir la idea de generación de lo nuevo, algo que es posible puesto que existe una alimentación continuada de flujo de energía y de materia en el sistema.

El concepto de retroalimentación junto con el de autoorganización, permiten entender el momento presente en cada sistema como el resultado de una dinámica que se mantiene a través de fluctuaciones a lo largo de toda su historia y posibilita comprender los sistemas desde una perspectiva de cambio evolutivo. En dicho contexto la irreversibilidad también adquiere un carácter fundamental ya que la evolución del sistema se orienta en un eje temporal (Prigogine, 1997a). Así mismo, el azar y la indeterminación toman relevancia puesto que se desconocen aquellos elementos que compartirán la historia del sistema, y como se orientará su futuro.

El concepto de auto-organización incorpora el de multicausalidad y el multiefecto dado que contempla que en la dinámica de un sistema abierto confluyen multitud de causas y efectos de forma simultánea y interrelacionadas entre ellas, mediadas por un componente significativo de azar que permite comprenderlo como un proceso dinámico constructor del propio sistema.

Así mismo, el concepto de auto-organización integra los de necesidad y azar. En el proceso de auto-organización la necesidad construye una trayectoria que tiende a desarrollarse de una manera preestablecida y el azar incorpora indeterminación, emergencias no previstas, que posibilitan el surgimiento de nuevas producciones y fuerzan al sistema a conciliar el desorden con el orden. Con ello se

pone fin a la visión determinista del azar y, como muy bien explica Wagensberg (1994), el azar deja de ser un fruto de la ignorancia humana para pasar a ser algo intrínseco de la propia naturaleza.

Incorporar la perspectiva dialógica

Bajo la perspectiva dialógica los fenómenos del mundo pueden verse como espacios de confluencia complementaria de elementos que, a priori, pueden parecer antagónicos. Ello permite comprender la existencia simultánea y complementaria del orden y el desorden que posibilita la información como elemento organizador, y la complementariedad entre permanencia y cambio, base de la estabilidad dinámica del sistema.

La perspectiva dialógica pone también de relieve la complementariedad de aspectos como el rigor y la espontaneidad, en la construcción del conocimiento. Bajo dicha mirada, la racionalidad, la seriedad, la neutralidad, la objetividad, la regularidad, pueden entenderse de forma complementaria a la espontaneidad, la imaginación, la intuición, la irrepitibilidad, el desorden, la libertad. Con ello se supera 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.

Entender que dos realidades antagónicas lejos de repelerse resultan indisociables y complementarias para comprender un mismo fenómeno conlleva que los individuos también puedan ser vistos como espacios de diálogo entre razón y pasión, entre autonomía y dependencia, entre lo masculino y lo femenino (Sánchez, 1999) etc. Constituye un planteamiento que presupone que la emoción y la razón no se repelen con la construcción del conocimiento, potenciando la perspectiva de que es posible modificar creativamente las reglas del juego establecido para inventar y crear un futuro más equitativo y sostenible.

Ver los antagonismos como complementarios conlleva, así mismo, entender el conocimiento como resultado de una dinámica constante derivada de un diálogo continuado de los individuos con el entorno, sujeto siempre a la incertidumbre. Consecuentemente, comporta pensar que no existen formas de conocimiento que puedan asumir en su totalidad la explicación de los fenómenos del mundo. Si bien existen preguntas y respuestas propias que dan identidad a cada disciplina, cada una de ellas presenta limitaciones para explicar la totalidad de los fenómenos; así mismo, las respuestas creadas están siempre sujetas a la provisionalidad. Surge con ello la indispensable necesidad de un diálogo entre disciplinas que posibilite explicar los fenómenos del mundo; un diálogo que rompiendo con la visión disciplinar introduzca la necesidad de la visión transdisciplinar (Morin, 1995, Vilar, 1997) o como se justifica en un artículo posterior de diálogo disciplinar (Calafell, Bonil y Orellana, 2004) Un diálogo irrealizable si no se parte de las aportaciones propias de cada una de las disciplinas sobre el fenómeno.

La perspectiva dialógica resalta el carácter dinámico del pensamiento poniendo de manifiesto la importancia de un diálogo continuado entre certeza e incertidumbre. La certeza que ofrece el conocimiento construido por cada individuo y por cada disciplina. La incertidumbre de asumir los individuos como espacios de confluencia de diversidad de dimensiones y que las disciplinas no tienen carácter totalizante. Como señala W. I. Thompson (1989) "*precisamente porque somos más de lo que sabemos la ciencia nunca puede abarcar la totalidad del ser*".

Incorporar la perspectiva hologramática

El paradigma de la complejidad hace suyo el principio hologramático. Éste pone de relieve que, en los sistemas naturales y sociales, las partes constituyen el todo, pero a la vez el todo está potencialmente en cada una de las partes. Así, una sociedad está formada por individuos pero, a su vez, cada individuo refleja a través de sus lenguajes la sociedad. De igual modo, los siste-

mas vivos están formados por un conjunto de células y, simultáneamente, cada una de ellas muestra la dinámica fundamental del propio organismo. Asumir el principio hologramático conlleva la necesidad de focalizar en el estudio de los fenómenos sin que ello pueda entenderse cómo una simplificación reductora de la complejidad. La necesaria focalización debe contemplarse como un viaje hacia lo específico sin perder la conexión con la globalidad del fenómeno.

La perspectiva hologramática conlleva, así mismo, considerar el nivel escalar como variable determinante en el estudio de los fenómenos del mundo. Así, al explicar los fenómenos sociales es importante considerar la sociedad como un sistema que se explica por la interacción de diversidad de sistemas (el económico, el político, el educativo, ...); paralelamente, al explicar cada uno de dichos sistemas, deben considerarse nuevos subsistemas que lo conforman. Ocurre lo mismo al considerar los sistemas vivos, puede abordarse el estudio de un ecosistema como una unidad pero, a su vez, cada uno de sus elementos posee unas características específicas que reflejan su interrelación con el resto. Con la perspectiva hologramática se pone de manifiesto la importancia de no perder la conexión entre los niveles macro, meso y micro en el estudio de los fenómenos, mediante un ejercicio de relación escalar donde cada nivel refleje la complejidad de los demás niveles.

Al establecer relaciones articulantes entre los niveles macro, meso y micro no puede obviarse la necesidad de que dichas relaciones sean bidireccionales, dado que los fenómenos que se explican en un nivel escalar tienen consecuencias en los otros niveles. Ello conlleva contemplar los fenómenos del mundo no como una red poliédrica, sino bajo un modelo fractal en el que se establecen multitud de relaciones que ponen de manifiesto un componente de incertidumbre en el conocimiento humano. Una incertidumbre derivada de la imposibilidad de conocer y controlar todos los elementos en juego y del carácter dinámico de las relaciones que se establecen entre las diversas escalas.

El paradigma de la complejidad: una forma de actuar sobre el mundo

Actualmente, la ciudadanía se inserta en un mundo global en el cual se descubre una complejidad cada vez mayor y en el que se plantean enormes retos sociales y ecológicos. Un gran número de variables influyen de forma constante y determinante sobre la humanidad siendo, frecuentemente, desconocidas y no controladas por las personas. En este marco, surgen sentimientos caracterizados por la incertidumbre y el miedo ante el presente y el futuro, y la pasividad parece instalarse en muchos sectores sociales. Sin embargo, para superar y avanzar en la mayoría de los retos planteados se requiere, lejos de los sentimientos anteriores, una visión creativa y activa de la vida. En la situación actual se hace necesario que la ciudadanía vea el sistema de vida en el que está inmersa como un proceso, íntimamente ligado a ella, en el que se puede intervenir para transformarlo, tanto a nivel individual como colectivo. En dicho contexto se precisa adquirir conciencia de que el futuro no está predeterminado y que en el juego de la vida, el azar y la incertidumbre (Ekeland, 1996) juegan un papel, pero la humanidad debe jugar el suyo.

Adquirir una visión creativa y activa frente a la vida precisa de nuevas maneras de valorar y de comprender la realidad, pero a la vez de nuevas maneras de afrontar sus retos. Conocer y transformar el mundo constituyen dos dimensiones, enmarcadas por unos determinados valores, que se interrelacionan de forma continua. Desde el paradigma de la complejidad, la dimensión de la acción, indisociable a la de creación de conocimiento, se enmarca en una perspectiva ética que apuesta por el ambiocentrismo, la equidad, y el diálogo entre lo individual y lo colectivo. Desde dicho marco, la acción ciudadana, situada en la perspectiva de la complejidad, define un modelo de vida que entiende la libertad como responsabilidad, un modelo de convivencia orientado hacia la democracia participativa, y la acción en la comunidad como una forma de proyectarse hacia la globalidad. Constituye un modelo de acción ciudadana que

Morin (1998), desarrolla y denomina “estrategia ecológica de la acción”.

El modelo de acción ciudadana por el que se apuesta, es una propuesta de actuación sobre el mundo que sitúa la responsabilidad individual y colectiva, integrando el azar y la indeterminación. Desde ella se concibe que cualquier acción realizada por los individuos conlleva entrar en un circuito continuo de interrelaciones y retroacciones; éstas pueden amplificar o minimizar su efecto por lo que resulta difícil prever su grado de incidencia (efecto mariposa). Es una perspectiva desde la que cualquier acción emprendida debe ser tomada como una hipótesis que puede ir variando en función de los resultados que se van produciendo. Es un concepto de acción que necesariamente va unido al de libertad como responsabilidad, dado que la acción de cualquier miembro de la ciudadanía puede ser relevante en su contexto.

En un marco en el que la acción ciudadana va unida a la libertad y a la responsabilidad, los individuos quedan definidos simultáneamente como sujetos, actores y estrategias (Roger, 1997). Los individuos forman parte de la sociedad y, a la vez, ésta toma sentido como conjunto de sujetos; la relación de interdependencia que se establece entre individuos y sociedad los hace sujetos de la misma, instituyéndose una relación de construcción continua y recíproca en la que la cultura es el elemento mediador. Así mismo, los individuos se constituyen en actores; son agentes de cambio de una sociedad en permanente construcción y su participación está abierta a la incertidumbre que acompaña las potenciales incidencias de cualquier acción emprendida. Por último, los individuos, al considerarse la acción desde la perspectiva cambiante, toman una dimensión de estrategias dado que se establece una relación creativa continuada entre una acción que enriquece el pensamiento y un pensamiento que es capaz de generar nuevas acciones.

Situar los individuos como sujetos, actores y estrategias en su relación con la sociedad supone plantear la dimensión participativa de la ciudadanía en democracia. Paralelamente, al considerar la dimensión compleja, se sitúa la

necesaria conexión entre la dimensión local y la global, en la que las acciones puntuales de los individuos son una forma de actuar sobre la globalidad del contexto planetario, que a su vez actúa sobre la dimensión local.

Incidencia del paradigma de la complejidad en la didáctica de las ciencias

Las ideas asociadas al paradigma de la complejidad tienen su repercusión sobre la educación científica del alumnado y en consecuencia sobre la didáctica de las ciencias como disciplina.

Las actuales formas de concebir el mundo, de entender las relaciones entre los seres humanos y de articular la relación entre la especie humana y la naturaleza, responden a un modelo social que prima lo económico y en el que la ciencia ha jugado y juega un papel fundamental. Se ha visto como ante ello el paradigma de la complejidad se constituye como un espacio de diálogo entre un conjunto de valores éticos y epistémicos, una forma de pensar sobre el mundo y un modelo de acción. Este referente conlleva asumir que enseñar ciencias en el siglo XXI implica promover la construcción de un conocimiento coherente con los principios de una ciencia compleja y de una acción transformadora de la realidad, que colabora en la resolución de las injusticias sociales y de la insostenibilidad ambiental. Es decir, un conocimiento y una acción orientados por valores opuestos a unos contravalores dominantes (Camps, 1998) que la misma ciencia ha podido contribuir a crear, por lo que uno de los retos más importantes de la educación ambiental (y consecuentemente de la educación científica) es justamente el de educar en la confrontación de valores (Mayer, 1998).

La didáctica de las ciencias como disciplina deberá asumir la elaboración de nuevos marcos teóricos y prácticos que favorezcan la construcción de este tipo de conocimiento científico y acción en el alumnado de los distintos niveles educativos, ya que la ciencia de la complejidad conlleva un conjunto de cambios en los princi-

pios tradicionalmente asociados a la ciencia. Algunos de los elementos que pueden orientar esta elaboración son:

Desde el paradigma de la complejidad se asume la importancia de la perspectiva sistémica compleja en el proceso de pensar sobre los hechos del mundo. Así, por ejemplo, la ciencia clásica se asocia al determinismo, el orden y la estabilidad, mientras que la nueva ciencia se asocia a la incertidumbre, las fluctuaciones y la inestabilidad. Desde la primera se considera que las proposiciones-leyes son ciertas o falsas según se ajusten o no a la realidad. Sin embargo, en la ciencia moderna sabemos que ninguna realidad satisface totalmente estas descripciones idealizadas por lo que los nuevos puntos de vista comportan una reformulación de las *leyes de la naturaleza*. Educar hoy científicamente comporta descartar radicalmente todas aquellas proyecciones educativas que, al estudiar los fenómenos naturales, no incorporen la indeterminación y que prescindan del estudio de los procesos.

Incorporar la perspectiva dialógica, asumida por el paradigma de la complejidad en la forma de pensar el mundo, hace necesario estudiar los fenómenos en clave de diálogo entre antagónicos, contemplando los procesos de interacción como diálogo entre medio interno y medio externo, de auto-organización como diálogo entre orden y desorden, y de dinamismo como diálogo entre equilibrio y cambio.

La visión dialógica también conlleva resaltar la importancia del diálogo entre disciplinas. Supone reflexionar sobre la importancia de no aislar los fenómenos objeto de estudio y seleccionar contenidos modelizadores de la ciencia para su enseñanza, que posibiliten explicarlos desde una perspectiva abierta y dialogante con otras aportaciones disciplinares y su transferencia a diferentes contextos. Al mismo tiempo, esta visión hace imprescindible considerar en la actividad científica escolar la simultaneidad entre razón y sentimiento.

Incorporar la perspectiva hologramática supone incidir en la importancia de que la enseñanza de las ciencias promueva la conexión entre lo global y lo específico. Ello comporta, por

un lado, plantear una ciencia que contextualice los fenómenos objeto de estudio y que sin aislarlos de su entorno contemple su especificidad. Por otro lado, promover un planteamiento didáctico que partiendo de la visión del mundo que posee el alumnado, el meso, ayude a establecer unas relaciones con el macro y el micro. Llegar a ser capaz de explicar la realidad conlleva establecer conexiones continuas entre escalas, indisoluble de la incertidumbre y el dinamismo.

Incorporar la perspectiva de la acción planteada por el paradigma de la complejidad a la didáctica de las ciencias conlleva que ésta debe contemplar la importancia de formular preguntas sobre los fenómenos naturales y la búsqueda de respuestas mediante un juego de pensamiento y acción. Pero, paralelamente, debe potenciar todos aquellos elementos asociados a una gestión de aula estimuladora del trabajo colaborativo, de la argumentación, de la autorregulación y de la autonomía, y la incorporación del medio como fuente de datos y contexto de acción. Elementos todos ellos constructores de responsabilidad, de democracia participativa, que posibilitan una proyección hacia lo global que ayude a construir un mundo más justo y más sostenible.

A modo de conclusión puede afirmarse que asumir el paradigma de la complejidad desde la didáctica de las ciencias constituye una opción ideológica. Plantea la necesidad de abordar unos contenidos, acordes con el modelo de ciencia actual, que posibiliten una visión y una gestión alternativa del mundo. Constituye un compromiso de la didáctica de las ciencias para formar, desde las ciencias, ciudadanos y ciudadanas comprometidos en conocer y gestionar los problemas relevantes del mundo en que viven, con el fin de que toda la ciudadanía pueda acceder a una vida más digna, satisfactoria y justa, en un mundo más equitativo y sostenible.

REFERENCIAS

- ACEBO, J. A.; ALONSO, A. y MANASSERO, A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Edición electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 2 (2), 34-44.

- ATLAN, H. (1989). Finalidades poco comunes, en THOMSON, W. I. (Coord), *Gaia, Implicaciones de la nueva biología*. Barcelona: Kairós.
- BAGUEDANO, M. y OTROS. (2002). *Cono sur sustentable. Aporte ciudadano a la construcción de sociedades sustentables*. Sau Paulo: Lom Ediciones.
- BALANDIER, G. (1989). *El desorden, la teoría del caos y las ciencias sociales. Elogio de la fecundidad del movimiento*. Barcelona: Gedisa.
- BENEJAM, P. (1997). Las finalidades de la educación social, en Benejam, P. y Pagés, J. (coord). *Enseñar y aprender ciencias sociales, geografía e historia en la educación secundaria*. Barcelona: ICE de la UB-Horsori.
- BERTALANFFY, L. (1986). *Teoría general de los sistemas, fundamentos, desarrollo y aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- BONIL, J. (2003). *El paradigma de la complexitat, una aproximació des de l'àrea de didàctica de les ciències*. Trabajo de Investigación, Dpto. Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona.
- BYBEE, R. (1993). *Reforming Science Education*. NY/London: Teacher College Press. Columbia Univ.
- CAMPS, V. (1998). La escuela ante el reto del saber práctico. *Infancia y Aprendizaje*, 82: 65-73.
- DOBSON, A. (1997). *Pensamiento político verde*. Barcelona: Paidós.
- EKELAND, I. (1996). *La imposible certidumbre*. Correo de la UNESCO.
- GARCÍA, J. E. (1994). *Fundamentación teórica de la educación ambiental: una reflexión desde las perspectivas del constructivismo de la complejidad*. II Congreso Andaluz de Educación Ambiental. Sevilla: Junta de Andalucía.
- GELL-MANN, M. (1995). *El quark y el jaguar, aventuras en lo simple y lo complejo*. Barcelona: Tusquets.
- KEMP, H. C. (2002). Implications of diverse meanings for "scientific literacy". Paper presentet ad the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC. <http://www.ed.psu.edu/CI/Journals/2002aets/s3kemp.Rtf>.
- LE MOIGNE, J. L. (1999). Complejidad y ciudadanía, ciencia y sociedad. *Revista Complejidad* nº 5, Buenos Aires.
- MORIN, E. (1977; Trad. cast. 1986). *El método I: La naturaleza de la naturaleza*. Madrid: Cátedra.
- MORIN, E. (1980; Traducción cast. 1987). *El método II: La vida de la vida*. Madrid: Cátedra.
- MORIN, E. (1984). *Ciencia con conciencia*. Barcelona: Anthropos.
- MORIN, E. (1986; Traducción cast. 1988). *El método III: El conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- MORIN, E. (1991; Traducción cast. 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.
- MORIN E. (1995). Sobre la interdisciplinariedad. *Revista Complejidad* nº 0, Buenos Aires
- MORIN, E. (1996). Per una reforma del pensament. *El Correu de la UNESCO*, 209, pp-10-15.
- MORIN, E. (1996) La crisis de la cultura contemporánea y la reforma necesaria del pensamiento, en: Jiménez, A. (Dir) *Comunicación y Educación*, vol. 1, pp. 157-168. Granada: Armando Jiménez Correa.
- MORIN, E. y NAÏR S. (1998). *Una política de civilització*. Barcelona: UOC y Proa.
- MORIN E. (2000). *Els set coneixements necessaris per a l'educació del futur*. Barcelona: UNESCO.
- MORIN E. (2001). *Tenir el cap clar*. Barcelona: La Campana.
- NOVO, M. (1995). *La educación ambiental, bases éticas, conceptuales y metodológicas*. Madrid: Universitat.
- MAYER, M. (1998). De la acción a la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 217-232.
- PRIGOGINE, I. (1997a). *El fin de las certidumbres*. Barcelona: Taurus.
- PRIGOGINE, I. (1997b). ¿Tan sólo una ilusión? *Una exploración del caos al orden*. Barcelona: Tusquets.
- PUJOL, R. M. (2002). Educación científica para la ciudadanía en formación. *Alambique* nº 32 pp. 9-17.
- PUJOL, R. M. (2003). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Primaria*. Madrid: Síntesis.
- REID, D. J. y HODSON, D. (1989). Science for all. Londres: Casell. Traducción de M. J. Martín-Díaz y L. A. García-Lucía (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- ROGER CIURANA, E. R., (1997). Individuo complejo. (<http://www.complejidad.org>)

- SÁNCHEZ, A. (1999). Complejidad y feminismo, en RELEA, *Revista Latinoamericana de estudios avanzados*. Universidad Central de Venezuela.
- SANMARTÍ, N. y PUJOL, R. M. (2002). ¿Qué comporta "capacitar para la acción" en el marco de la escuela?, en *Investigación en la Escuela*, 46; 49-55.
- VILAR, S. (1997). *La nueva racionalidad, Comprender la complejidad con métodos transdisciplinarios*. Barcelona: Kairós.
- WAGENSBERG, J. (1994). *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Barcelona: Tusquets.
- YUS, R. (1996). *Temas transversales: hacia una nueva escuela*. Barcelona: Graó.

SUMMARY

This article presents the paradigm of complexity as a framework facilitating the construction of understanding and the active positioning in the present world. The principal features of two similar educational proposals such as the movement "Science, Technology and Society" and the concept of "curriculum transversality" have been described and compared to the paradigm of complexity. Secondly, the contributions which the aforementioned paradigm make are discussed more in depth and also its consequences for the teaching and learning of science.

RÉSUMÉ

Dans cet article on y expose le paradigme de la complexité en tant que cadre orientateur qui donne la possibilité de comprendre et de se positionner de façon participative dans le monde actuel. En premier, vu que la transversalité et le courant de "sciences, technologie et société" constituent des propositions dans ce sens, on analyse les principales caractéristiques en les différenciant de celles qu'apporte le paradigme de la complexité. En second, on approfondit dans les apports que ce paradigme fait pour, finalement signaler quelques aspects relatifs à sa repercussion pour la didactique des sciences.