

[4] EDUCAR PARA LA SOSTENIBILIDAD. UN PROBLEMA DEL QUE PODEMOS HACERNOS CARGO

Teresa Prieto y Enrique España

Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Málaga
ruz@uma.es, enrienri@uma.es

[Recibido en Julio de 2009, aceptado en Octubre de 2009]

RESUMEN

La reciente toma de conciencia sobre la insostenibilidad del actual desarrollo nos ha llevado a la idea central de sostenibilidad. Nos encontramos ante un problema complejo y global, cuya comprensión también es compleja y está influida por una serie de factores que hemos de tener en cuenta para buscar soluciones desde la ciencia, la política, la educación, etc. Desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias, si queremos contribuir a que la ciudadanía se haga cargo de la situación del planeta y pase a la acción para dar lugar a un futuro sostenible hay que considerar, además del conocimiento científico, las implicaciones éticas, políticas o económicas del problema. Para llevar a la práctica estas ideas se sugiere un enfoque interdisciplinar en torno a proyectos relacionados con problemas socio-científicos como el del cambio climático, que permitan reconocer los diferentes aspectos de los problemas, sus interrelaciones o las posibles soluciones y su puesta en acción.

Palabras clave: Educación para la sostenibilidad; responsabilidad social; problemas socio-científicos; enfoque interdisciplinar; cambio climático.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, son pocos los que cuestionan el hecho de que el desarrollo científico y tecnológico del siglo XX nos ha llevado a desafíos medioambientales enormes. Para Coluccy-Gray, Camino, Barbiero y Gray (2006), a principios del siglo XXI, resulta más que probable la hipótesis de una relación entre la complejidad tecnológica de una empresa humana y la posibilidad de que dicha empresa tenga consecuencias indeseadas sobre el medioambiente.

Wilson (2002) describe la situación utilizando una metáfora que tiene su origen en la economía. Según esta metáfora, la humanidad se está aplicando a sí misma y al medio ambiente un castigo que es el resultado de un error en la inversión del capital. En otras palabras, hemos elegido gastar en el corto plazo los numerosos y suficientes recursos que posee nuestro planeta. Se supone que así aumentan nuestros beneficios porque se eleva la renta per capita, la producción, el consumo, la actividad, etc. y todos tan contentos. El problema es que los elementos clave del capital natural: la

tierra cultivable, las aguas subterráneas, los bosques, los bancos de pesca, el petróleo, etc. son finitos y no siguen ese patrón de incremento del capital.

Ya en el siglo pasado, Bybee (1991) utilizaba la expresión “emergencia planetaria” para llamar la atención sobre la gravedad de los riesgos relacionados con la acción humana sobre el planeta y resaltar la urgencia de tomar decisiones capaces de frenar las numerosas actuaciones insostenibles que se están produciendo. Dado que estas actuaciones requerirán respuestas en todos los dominios de la humanidad: en lo científico, en lo político, en lo económico, en la ética, en los valores, etc. resulta evidente que la metáfora de Wilson, con gran capacidad para visualizar la raíz del problema, no recoge la complejidad del análisis que es preciso realizar para comprender su verdadera magnitud y ponerse en el camino de la búsqueda de soluciones.

La expresión “cambio global” alude al conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a aquellos que inciden en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra, incluyendo aquellas actividades que, aunque ejercidas localmente, tienen efectos sobre el funcionamiento global del planeta. La interacción entre los propios sistemas biofísicos, y entre éstos y la sociedad, es una característica esencial del cambio global que dificulta la predicción de su evolución (Duarte, 2006).

Si estamos ante un problema complejo, también será compleja su comprensión. Autores, como Schreiner, Henriksen y Hansen (2005) o Coluccy-Gray *et al.* (2006), destacan una serie de factores que sirven para explicar la complejidad de la comprensión del problema de la insostenibilidad y que pueden ayudar en la búsqueda de soluciones. Sin pretender una enumeración exhaustiva, un breve repaso nos lleva a destacar los siguientes:

1.- Factores relativos al conocimiento científico. Para Schreiner *et al.* (2005), una de las razones de la complejidad intrínseca en la comprensión de muchos de los cambios globales en el planeta atribuidos a la acción humana radica en que, aunque el grado de consenso es alto, todavía no están suficientemente aquilatadas las relaciones causa efecto.

2.- Factores relativos a una determinada visión cultural de la naturaleza. En occidente predomina una cultura en la que se ha venido considerando que la naturaleza es la madre que siempre provee y tiene una capacidad inagotable para recuperarse de las agresiones que le infringimos. Adams (1999) propone la existencia de cuatro “tipologías” o “racionalidades” para describir las posibles respuestas ante el problema de la intervención humana en la naturaleza: “jerárquica”, “fatalista”, “individualista” e “igualitaria”. De ellas, la tipología individualista sostiene la creencia de que la naturaleza es predecible, estable, robusta, abundante y capaz de perdonar todas las agresiones que el hombre le infringe, resultando así un contexto inagotable para la actividad humana. Según esta tipología, la naturaleza posee mecanismos para recuperarse de cualquier agresión y el medio ambiente no es algo que el hombre ha de gestionar, sino que puede explotar sin límites (Adams, 1999).

3.- Factores relacionados con el impacto concreto y cotidiano de los problemas en nuestras vidas, que influyen en la percepción que tenemos de ellos y que contribuyen a retardar la toma de conciencia (Schreiner *et al.*, 2005), como, por ejemplo: a) el lugar del planeta en el que vivimos, b) el nivel de desarrollo del país al que pertenecemos, c) nuestro nivel social o d) la "invisibilidad" de muchos de los fenómenos medioambientales, por no ser tan espectaculares como otras catástrofes naturales o porque creemos que sus potenciales efectos demoledores ocurrirán cuando nosotros ya no estemos en el planeta.

4.- Factores que inciden en nuestra respuesta, como: a) una importante resistencia a modificar un estilo de vida que se inserta en un marco agresivo con el medio ambiente, b) la sensación de no ser responsables de la creación del problema, c) la creencia de que no se puede participar en la solución porque la contribución individual va a ser insignificante o nula o d) considerar que son otros los que deben tomar las decisiones y actuar.

5.- Aspectos que tienen que ver con la interacción entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Por ejemplo, en determinados casos, los expertos no consideran o no avisan sobre los efectos indeseados de ciertas aplicaciones del conocimiento científico (Coluccy-Gray *et al.* 2006). Se trata de situaciones que dependen de las condiciones de aplicación y en ellas tienen tanto protagonismo la opinión de los expertos como las de toda la sociedad.

6.- Factores relativos a las fuentes de conocimiento. El ciudadano medio recibe la mayor parte de la información sobre estos problemas a través de los medios de comunicación, que le dan un tratamiento, a veces fluctuante (mucho en unas épocas, poco en otras, lo que no incita a tomarse el tema en serio), a veces sensacionalista, a veces acompañado de poco conocimiento científico, sin aportar la base de conocimiento sobre la cual apoyar una comprensión conceptual y una respuesta adecuada por parte de la ciudadanía.

Factores como éstos han de ser tenidos en cuenta si queremos que la ciudadanía entienda la magnitud y complejidad de la situación del planeta que se manifiesta en forma de calentamiento global, de catástrofes antinaturales, de dramáticos movimientos migratorios, etc. y participe responsablemente en la búsqueda de soluciones.

Ante esta situación planetaria la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988) definió desarrollo sostenible como *"el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"*.

Para Bybee (1991), la sostenibilidad es la idea central unificadora más necesaria en este momento de la historia de la humanidad y exige tomar en consideración la totalidad de problemas interconectados a escala planetaria.

Moverse hacia la sostenibilidad implica evitar las agresiones que infringimos a nuestro planeta y para lograrlo es necesario, en primer lugar, que cada uno de nosotros seamos plenamente conscientes de qué acciones, ya sean locales o globales, individuales o colectivas, tienen un efecto de agresión al planeta. Pero, también es necesario prestar atención al estudio de las soluciones y las acciones que sirvan para

llevarlas a la práctica, evitando el tratamiento aislado, tanto de los problemas como de las soluciones. No hay soluciones puntuales ni aisladas para problemas que son a la vez locales y globales, sino que se requiere un entramado de medidas que se apoyen mutuamente (Gil y Vilches, 2006).

Desde un planteamiento global las medidas propuestas por los expertos para hacer posible un futuro sostenible se pueden agrupar en tres grandes bloques: científico-tecnológicas, educativas y políticas (Vilches, Gil, Toscano y Macías, 2008). Si el problema es global, la respuesta tendrá que ser también global.

EDUCAR PARA LA SOSTENIBILIDAD

La preocupación por el cuidado del planeta nos hace volver los ojos hacia la intención de "educar en la responsabilidad" (Palmer, 1998). ¿Cómo puede contribuir la educación desde este planteamiento global a que se invierta la tendencia y nos dirijamos hacia un futuro sostenible?

En 1992, los gobiernos representados en la Cumbre de Río acordaron un plan de acción para el siglo XXI, denominado Agenda 21 (UNCED, 1992). Varios de los capítulos de dicha agenda resaltan la importancia de la educación, a la que se considera fundamental para promover un desarrollo sostenible y mejorar la capacidad de la ciudadanía para afrontar los problemas medioambientales, destacando su potencial para cambiar actitudes por otras más compasivas hacia el medio, para ser críticos, para participar en los procesos de toma de decisiones individuales o grupales, etc.

En diciembre de 2002, se declaró, por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas, el periodo 2005-2014, como la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible. De la importancia, la complejidad y amplitud del problema dan muestra las afirmaciones realizadas por el Director general de la UNESCO, Koïchiro Matsuura en un coloquio en París en 2004, donde declaraba que, para él, el desarrollo sostenible es "un principio moral, tanto como un concepto científico", el cual aparece tan ligado a las ideas de paz, derechos humanos y equidad como a las teorías ecológicas y al calentamiento global, por lo que, aunque pertenece al campo de las ciencias naturales, económicas y políticas, puede, más que nada, ser considerado un problema cultural (UNESCO, 2004).

Para Mortensen (2000), el mejor regalo que la educación puede proporcionar es el desarrollo de la conciencia sobre la importancia que cada persona tenemos en la configuración de nuestra propia vida y del entorno que nos rodea. Esta conciencia se desarrolla mediante el ejercicio de la toma responsable de decisiones, basada en la información más relevante y fiable en cada circunstancia. Según este autor, la educación para la sostenibilidad representa un nuevo paradigma basado en un modelo de ciudadanía que debe y necesita estar formada e informada. En esa formación son componentes importantes aspectos muy variados, como, por ejemplo: a) el conocimiento más relevante y fiable en cada circunstancia problemática, b) habilidades como la de aplicar conocimientos científicos, tecnológicos y sociales o habilidades de solución de problemas o c) actitudes y valores ligados al compromiso de preservar el medioambiente, de modo que siga siendo posible disfrutar de él en el

futuro al igual que lo hacemos en el presente. En suma, nos compete a todos “hacernos cargo del problema”.

Hacerse cargo del problema

Educación para la sostenibilidad del planeta es educar en la moral y la responsabilidad para la acción social con la perspectiva del hoy y del mañana. Para Schreiner et al. (2005), el desarrollo de un comportamiento socialmente responsable con el medio ambiente se apoya en dos capacidades generales, y a la vez complejas, relativas a los problemas:

- a) La “apropiación”, o comprensión profunda de la naturaleza de los problemas, sus implicaciones y las consecuencias potenciales de no actuar a tiempo sobre ellos.
- b) La “disposición para la acción”, precedida de la convicción de que, en la solución de los problemas, la participación de cada persona cuenta. Esta disposición para la acción llega a ser considerada una capacidad muy ligada a la conciencia. Así, según Hodson (2003), aquellos que actúan son los que se sienten capacitados para participar en el cambio, porque tienen la confianza suficiente y sienten que su participación es importante.

La apropiación del problema y la disposición para la acción son factores claves que necesitan el desarrollo de capacidades o competencias que sirvan para canalizar las acciones, como, por ejemplo: a) disponer de un determinado conocimiento científico sobre el problema y de habilidades mentales para analizarlo, b) reconocer cuáles son los posibles canales de influencia social, política, organizativa, etc. o, c) ser consciente de cuáles son las medidas y acciones individuales que se deben tomar. Tal bagaje se suele encontrar en aquellas personas que se empeñan, de manera positiva, en la consecución de sus objetivos, combinando su motivación, conocimiento, actitudes, visión, etc., en suma, sus recursos cognitivos, con sus recursos afectivos, los cuales proporcionan retroalimentación en forma de autoestima y nueva confianza motivadora para la acción (Jenkins, 1994).

Desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias, el desarrollo de las capacidades anteriores en nuestros alumnos afecta, tanto a los aspectos cognitivos como a los aspectos afectivos.

Así, con respecto al conocimiento científico, cobran especial importancia aquellos contenidos conceptuales que tienen que ver con la comprensión de numerosos problemas relacionados con la sostenibilidad, como, por ejemplo: la energía y sus usos; la alimentación, los alimentos y las diferentes formas de obtenerlos; las materias primas y el reciclaje; las actividades y las sustancias que contaminan el aire, el agua y la tierra, la salud y los estilos de vida saludables, etc.

Es imprescindible enfatizar las interconexiones e interdependencias entre los procesos que se dan en el medio natural y los procesos que se dan en nuestro sistema de vida, así como configurar una definición comprensiva del concepto de bienestar aplicado tanto a las personas como a los ecosistemas y a la Tierra en su conjunto (Cutter-Mackenzie y Smith, 2003). Se trata, no sólo de entender los problemas, sino de dar sentido a las experiencias cotidianas y hacerlo tanto en el marco personal y social

como en el marco global. Para ello, será necesaria la integración de los contenidos conceptuales de la ciencia con otros que, tradicionalmente, suelen tener menos presencia en las clases de ciencias, como los relacionados con las implicaciones éticas, políticas, económicas, etc. de la ciencia y la tecnología en la sociedad (Henriksen y Jorde, 2001).

Estos objetivos tienen un gran calado y demandan cambios estructurales en la enseñanza. Hemos de tener en cuenta que el comportamiento socialmente responsable con el planeta no es una consecuencia obligada ni del dominio de los conceptos clave ni de la posesión de las actitudes correctas (Schreiner et al., 2005). Hace falta algo más que el estudio de contenidos conceptuales y el desarrollo de actitudes básicas. No basta con que justifiquemos y enseñemos la necesidad de reciclar, reutilizar, utilizar bombillas de bajo consumo, etc. Será necesario llegar hasta la acción.

A través de las respuestas a preguntas como: ¿qué ven los alumnos en los centros?, ¿cómo se organizan?, o ¿los centros educativos son ejemplos de buenas prácticas para caminar hacia la sostenibilidad?, habría que trabajar en la creación de las condiciones favorables a comportamientos más sostenibles, a través del establecimiento de compromisos de acción en los centros educativos (Vilches et al., 2008; Ull, 2008).

Aikenhead (2006), propone introducir una perspectiva humanística en la enseñanza de las ciencias. Dicha perspectiva incluye aspectos como: los valores en la ciencia, la naturaleza de la ciencia, los aspectos sociales de la ciencia, la cultura de la ciencia y el carácter humano de la ciencia, por lo tanto, debe tener en cuenta la conciencia de los valores, tanto de la persona como del grupo al que pertenece, la integración del razonamiento moral con el razonamiento científico y la necesidad de que todos estos elementos guíen numerosas decisiones que tomamos en nuestra vida cotidiana.

Conocer qué valores se hacen más necesarios para responsabilizarse de la sostenibilidad del planeta y cuál es el papel de la educación científica en el desarrollo de los mismos constituye un campo importante para la investigación y para la enseñanza (Gil y Vilches, 2005; Murga y Novo, 2008). Dreyfus (1995) afirma que se deben promover "valores sostenibles" o "valores guía" y que éstos deben estar asociados al conocimiento científico, no sólo para comprender la ciencia, la tecnología y la naturaleza, sino para apoyar "actitudes razonables". Colucci-Gray et al. (2006) hacen referencia a un sistema de valores que ha surgido en los últimos años como resultado de una nueva sensibilidad hacia la Tierra y los relacionan con una "ética del planeta".

Algunos aspectos relacionados con la sostenibilidad han sido incorporados al currículo oficial del sistema educativo español. Así, la Ley Orgánica de Educación (2006) incluye entre sus fines: "la adquisición de valores que propicien el respeto hacia los seres vivos y el medio ambiente, en particular al valor de los espacios forestales y el desarrollo sostenible". En el desarrollo curricular posterior se incluyen objetivos y contenidos sobre sostenibilidad, en materias de diferentes etapas educativas.

Importancia de la interdisciplinariedad

Con demasiada frecuencia nos quedamos en la enumeración de propuestas, que el profesorado ha de traducir en actuaciones en el aula que sean eficaces para lograr los fines y los objetivos perseguidos. Tales concreciones representan importantes desafíos para el profesorado de ciencias: ¿cómo educar en valores a través de la enseñanza de las ciencias?, ¿cómo educar en la toma de decisiones?, ¿cómo enfrentar las incertidumbres en los problemas?, ¿cómo trabajar para la calidad de vida de todas las especies del planeta en el futuro?, o preguntas sobre el significado para nuestros alumnos de expresiones como “decisiones personales”, “conciencia sobre...”, “participación en...”, etc. Son preguntas que, según Bybee (2008) demandan respuestas en el día a día.

¿Cómo podemos orientar al profesorado en la búsqueda de respuestas a estas preguntas? Una posible propuesta pasa por la ampliación de horizontes. Atender a la complejidad de educar para la sostenibilidad requiere prestar atención tanto al medio físico y biológico como al medio socio-económico y humano. Debe, por tanto, impregnar todas las disciplinas. Para Schreiner et al. (2005), el currículo que pretenda educar para la sostenibilidad tiene que superar la organización “tradicional” de los contenidos basada en las disciplinas clásicas enseñadas aisladamente, porque ligar los aspectos personales, sociales, económicos y científicos de un problema requiere integración.

Para Andersson (2000) lo que falla no es la comprensión conceptual puntual, sino el enfoque tradicional de la enseñanza. Este autor, como muchos otros, aboga por más enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) y más interdisciplinariedad. Educar para hacerse cargo de la situación del planeta requiere, por lo tanto, intervenir también en la estructura del sistema educativo. Esta propuesta es coherente con la tendencia actual que se ha incorporado en los currículos de una enseñanza basada en promover el desarrollo de competencias generales como: a) analizar los problemas en toda su complejidad, b) gestionar la información, c) crear consenso en situaciones de conflicto, d) pensamiento creativo, e) priorizar objetivos, f) capacidad crítica, g) escoger estrategias de aprendizaje adecuadas, etc.

El desarrollo de las competencias necesarias para reconocer los problemas, sus interrelaciones o las posibles soluciones y su puesta en acción, se convierte en un objetivo de primer nivel. Estas competencias pueden ser trabajadas por diferentes disciplinas en torno a proyectos comunes que partan de determinados problemas socio-científicos (España y Prieto, 2009), relacionados con la ciencia y con una fuerte repercusión social. El contexto que ofrecen estos problemas es favorable para numerosos aspectos educativos como el de incorporar el papel de los afectos y las emociones en los procesos de toma de decisiones que implican valores (Sadler, 2004; Sadler y Zeidler, 2004; Zeidler, Walker, Ackett y Simmons, 2002; Zembylas, 2005) o el de poner en juego el conocimiento previo del alumnado, sus razonamientos, así como sus actitudes y sus valores (Sadler, Chambers y Zeidler, 2004; Acevedo, 2006).

Para Zeidler et al. (2002), los problemas socio-científicos ofrecen todo lo que el enfoque CTS tiene que ofrecer y, además, añaden factores como la dimensión ética de la ciencia, el razonamiento moral y el desarrollo emocional del estudiante. En el

contexto de problemas socio-científicos se están realizando una variedad de investigaciones que ponen de manifiesto la utilidad de estos problemas cuando son llevados al aula de ciencias (Sadler, 2009; Sadler y Zeidler, 2009; España y Prieto, 2009).

El cambio climático como ejemplo

Un problema socio-científico muy claramente relacionado con la sostenibilidad es el del cambio climático, el cual va creciendo en importancia a medida que aumenta el efecto invernadero y el calentamiento global. Esta combinación de efectos configuran uno de los mayores desafíos medioambientales a los que nos enfrentamos, tanto las generaciones de hoy como las que nos sucederán en el futuro.

El cambio climático tiene numerosas características particularmente importantes para la educación científica y para la sostenibilidad. Por una parte, son muchas las relaciones y muchos los problemas que se pueden definir dentro de él. Por otra, representa un contexto en el que se reflejan muchos de los factores señalados al principio como importantes en la enseñanza y el aprendizaje de los problemas relacionados con la sostenibilidad.

Autores como Andersson, (2000) y Koulaidis y Christidou (1999) han puesto de manifiesto problemas en la comprensión de conceptos centrales. Por ejemplo, para el público en general, los medios y los estudiantes, los términos “cambio climático”, “calentamiento global” y “efecto invernadero” son intercambiables. De ahí, que el efecto invernadero no sea reconocido como un proceso que permite la vida en el planeta, sino sólo como un mal fruto de la mano del hombre.

Como ya hemos indicado al describir la complejidad de la situación, la mayor parte de los ciudadanos recibe la información sobre estos problemas a través de los medios de comunicación. Según Bingle y Gaskell (1994), en el tema del clima, no son las experiencias cotidianas las que generan preconcepciones, sino los medios de comunicación. Oreskes (2004), en un estudio sobre la forma de abordar el problema del cambio climático en artículos publicados en revistas científicas y en artículos de prensa, encontró que, mientras en los cerca de mil artículos de revistas científicas analizados ninguno ofrecía dudas sobre el carácter antrópico del calentamiento global, más del 50% de los artículos de prensa analizados expresaban dudas sobre la realidad del cambio climático o sobre sus causas. A esto se une el hecho ya citado de que estos problemas son tratados en los medios de comunicación de masas siguiendo las urgencias del momento, de forma inconexa, sin mostrar la estrecha vinculación que hay entre ellos (Vilches y Gil, 2009).

En el terreno de las interconexiones entre problemas, el panorama es muy amplio. Hay que tener en cuenta que nos movemos en procesos ligados al clima terrestre y el sistema terrestre es un sistema complejo e interdependiente. Así, por ejemplo, el informe IPCC (2001) afirmaba que tres cuartas partes de las emisiones antropogénicas de CO₂ a la atmósfera durante los últimos 20 años fueron debidas a la combustión de fósiles, lo que nos lleva a considerar la relación entre el uso humano de la energía y la emisión a la atmósfera de gases invernadero como un tema de capital importancia en la enseñanza (Schreiner et al., 2005).

Sadler et al. (2004), en un estudio con alumnos americanos de bachillerato, han encontrado que éstos otorgan un mayor peso a los factores sociales que al conocimiento científico necesario para entender el problema, predominando la tendencia a considerar que una cosa es el conocimiento científico y otra la opinión personal, y que el primero no tiene por qué influir en la segunda.

Plantear en el aula este tipo de problemas permite la integración de aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia, además del conocimiento científico directamente relacionado con los problemas tratados. Khishfe y Lederman (2006) proponen cinco aspectos sobre la naturaleza de la ciencia que pueden ser trabajados con el problema socio-científico “el calentamiento global”:

- a) La tentatividad del conocimiento científico. El conocimiento científico cambia cuando se producen nuevas evidencias, ideas, etc. Por ejemplo, las teorías que tienen hoy los científicos pueden cambiar si encuentran nuevas evidencias que les permitan reinterpretar las que hoy poseen bajo una perspectiva diferente.
- b) La importancia del componente empírico dentro del conocimiento científico, basado o derivado de observaciones del mundo natural. Por ejemplo, los científicos han creado sus teorías sobre el calentamiento global basándose en observaciones, datos y experimentos.
- c) La creatividad y la imaginación juegan un papel fundamental en la ciencia. Los científicos construyen explicaciones y teorías sobre el calentamiento global basándose en datos y también en su imaginación y creatividad.
- d) Las diferencias entre observaciones e inferencias. Por ejemplo, los científicos toman datos sobre los cambios que se están produciendo en el clima y realizan inferencias sobre las posibles razones o causas del calentamiento global.
- e) El carácter humano del conocimiento científico, por lo que tiene un componente subjetivo que está ligado al conocimiento previo, a factores sociales, a valores, etc. Por ello, ante los mismos datos, dos científicos podrían tender a inferir conclusiones diferentes sobre el calentamiento global.

Trabajar en el aula estos aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia significa tener en cuenta que la relación de las personas con la ciencia en los contextos sociales, democráticos, etc. no se reduce al simple saber o no saber, sino que influyen de manera determinante otros componentes éticos, económicos, políticos, ecológicos, etc., los cuales se ponen de manifiesto en las estrategias y procesos de toma de decisiones que el problema implica. Por ello, abordar el problema del cambio climático nos lleva a ir más allá del conocimiento científico relacionado con él y nos hace entrar en el debate social, con aspectos políticos, económicos, etc. Se presenta, por lo tanto, como un buen ejemplo para ser tratado de forma interdisciplinar en el aula.

En el terreno de la política se sitúan todos los debates y cumbres que se han venido celebrando y se celebrarán para tratar de sacar adelante normativas de control sobre la emisión a la atmósfera de este tipo de gases.

En cuanto a la economía, afrontar el problema del cambio climático implica a las relaciones de poder entre países cuyo potencial económico y tecnológico para

adaptarse son muy diferentes, así como también lo son las posibilidades de sus ciudadanos. Andersson (2000) y Andersson Wallin, (2000) analizaron los comentarios de los estudiantes sobre las emisiones de CO₂. La mayoría de los estudiantes propusieron una radical reducción de las mismas en todos los países. Sin embargo, no mostraron ser conscientes de las consecuencias económicas de tal reducción. Esto muestra la dificultad de relacionar los aspectos sociales y económicos con los aspectos científicos y la toma de decisiones (Andersson, 2000).

En el tratamiento interdisciplinar de este problema socio-científico el alumnado puede encontrar numerosas oportunidades de articular propuestas, discutir y actuar. Por ejemplo, dar importancia a preguntas como: ¿qué pienso?, ¿qué siento?, ¿qué espero?, ¿qué temo?, etc., con relación al problema; ¿quién tiene el poder y como lo usa?, ¿como serían las cosas en un futuro más justo y sostenible?, ¿qué valores deben guiar nuestras acciones?, ¿qué plan y como llevarlo a la práctica en las escuelas, en casa, en la comunidad, etc.? (Mortensen, 2000)

CONSIDERACIONES FINALES

Volviendo a la metáfora de Wilson (2002), parece que nos estamos dando cuenta de que gastar en el corto plazo los numerosos y suficientes recursos que posee nuestro planeta no es muy "rentable". Se están dando pasos hacia un desarrollo sostenible, pero muchos siguen actuando como si el medio pudiera soportarlo todo. Desde la educación para la sostenibilidad es necesario contribuir a despertar la conciencia de la ciudadanía para que se haga cargo de la situación y pase a la acción, a partir de decisiones basadas en el conocimiento y en la ética.

Para conseguir estos objetivos es necesario tener en cuenta que la relación de los ciudadanos con la ciencia en los contextos sociales, democráticos, etc. no se reduce al simple saber o no saber. Hacen falta estudios que integren la comprensión con los aspectos éticos, económicos, políticos, etc. y las estrategias y procesos de toma de decisiones que todo esto implica (Schreiner et al. 2005). Los alumnos/as deberían tener oportunidades de articular propuestas, discutir, actuar y moverse en un entorno en el que se concreten los fines propuestos. Facultarles para la acción hacia un futuro mejor implica visualizar alternativas en ese futuro mejor y trazar objetivos por los que trabajar (Hicks, 1996).

Incorporar la problemática de la sostenibilidad al trabajo en el aula, tal como demandan instituciones y organismos internacionales se convierte, por lo tanto, en una tarea apasionante para todos los educadores (Vilches y Gil, 2008). Para ello, será necesario superar ciertas resistencias a ir más allá de lo que se domina y atreverse a salir de los límites de los que es considerado en muchos casos "enseñar ciencias" para moverse, por ejemplo, en las fronteras del problema a través de un enfoque interdisciplinar en el que se compartan proyectos (Carlone, 2003). Llevar al aula los problemas socio-científicos puede contribuir a lograr estos objetivos. En este sentido, Sadler et al. (2004) se refieren a la necesidad de incluir la enseñanza basada en problemas socio-científicos en los programas de formación del profesorado. Evidentemente, la voluntad y la preparación del profesorado para trabajar de esta

forma es fundamental, por lo que desde la formación del profesorado habrá que contribuir a que estos métodos de trabajo les sean familiares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. A. (2006). Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 370-391. En línea en: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_3/Acevedo_2006.pdf
- Adams, J. (1999). Cars, cholera and cows. The Management of risk and uncertainty. *Policy Analysis*, 335, 1-49.
- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. New York: Teachers College Press.
- Andersson, B. (2000). National evaluation for the improvement of science teaching. En R. Millar, J. Leach, y J. Osborne (Eds.), *Improving science education* (62-78). Buckingham: Open University Press.
- Andersson, B. y Wallin, A. (2000). Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emission and the problem of ozone layer depletion. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1096-1111.
- Bingle, W. H. y Gaskell, P. J. (1994). Scientific Literacy for Decision making and the Social construction of Scientific knowledge. *Science Education*, 78 (2), 185-201.
- Bybee, R. W. (1991). Planet earth in crisis: how should science educators respond? *American Biological Teacher*, 53(3), 146-153.
- Bybee, R. W. (2008). Scientific Literacy, Environmental Issues, and PISA 2006: The 2008 Paul F-Brandwein Lecture. *Journal of Science Education and Technology* 17, 566-585.
- Carlone, H. B. (2003). Innovative science within and against a culture of 'achievement'. *Science Education*, 87, 307-328.
- Colucci-Gray, L., Camino, E., Barbiero, G. y Gray, D. (2006). From Scientific Literacy to Sustainability Literacy: An Ecological Framework for Education. *Science Education*, 90, 227- 252.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza
- Duarte, C. (Coord.) (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC
- Cutter-Mackenzie, A. y Smith, R. (2003). Ecological literacy: The "missing paradigm" in environmental education. *Environmental Education Research*, 9(4), 497-524.
- Dreyfus, A. (1995). Biological knowledge as a prerequisite for the development of values and attitudes. *Journal of Biological Education*, 29 (3), 215-219.
- España, E. y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de*

- las Ciencias*, 6 (3). En línea en: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen6/Numero_6_3/Espa%F1a_Prieto_2009.pdf
- Gil, D. y Vilches, A. (2005). ¿Qué desafíos tiene planteados hoy la humanidad? Educación para el desarrollo sostenible. En Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J. Sifredo, C. Valdés, P. y Vilches, A. (Eds), *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años* (297-326). Santiago: OREALC/ UNESCO. En línea en: <http://www.oei.es/decada/libro.htm> (Consulta: 26/03/2009)
- Gil, D. y Vilches, A. (2006). Algunos obstáculos e incomprensiones en torno a la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (3), 507-516. En línea en: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_3/Gil_Vilches_2006.pdf
- Henriksen, E. K., y Jorde, D. (2001). High school students' understanding of radiation and the environment: Can museums play a role? *Science Education*, 85(2), 189-206.
- Hicks, D. (1996). Envisioning the future: The challenge for environmental educators. *Environmental Education Research*, 2(1), 101-108.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.
- IPCC (2001). *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jenkins, E. W (1994). Public understanding of science and science education for action. *Journal of Curriculum Studies*, 26(6), 601-611.
- Khishfe, R y Lederman, N. (2006). Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus Non-integrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (4), 395-418.
- Koulaidis, V. y Christidou, V. (1999). Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science Education*, 83(5), 559-576.
- LEY ORGÁNICA DE EDUCACIÓN (LOE) 2/2006, de 3 de mayo. En BOE de 4 de mayo de 2006.
- Mortensen, L. L. (2000). Teacher Education for Sustainability. I. Global Change Education: The Scientific Foundation for Sustainability. *Journal of Science Education and Technology*, 9(1), 27-36.
- Murga, M. A y Novo, M. (2008). El desarrollo sostenible como eje fundamental de la educación ambiental. *Sostenible?* 10, 29-41.
- Oreskes, N. (2004). The Scientific Consensus on Climate Change. *Science*, 306 (5702), 1.689.

- Sadler, T.D. (2004). Informal reasoning regarding socio-scientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1-42.
- Sadler, T., Chambers, W. y Zeidler, D. (2004). Student's conceptualizations of the nature of science in response to a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409.
- Sadler, T. D. y Zeidler, D. L. (2004). The Morality of Socio-scientific Issues: Construal and Resolution of Genetic Engineering Dilemmas. *Science Education*, 88, 4-27.
- Sadler, T. D., Zeidler, D. L. (2009). Scientific literacy, PISA, and socio-scientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 909-921.
- Schreiner, C., Henriksen, E. K. y Hansen, P. J. K. (2005). Climate Education: Empowering Today's Youth to Meet Tomorrow's Challenges. *Studies in Science Education*, 41, 3-50.
- Ull, A. (2008). El impacto de la actividad universitaria sobre el medio ambiente. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 5(3), 356-366. En línea en: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen5/Numero_5_3/Ull_2008.pdf
- UNCED (1992). Agenda 21. Programa de acción de las Naciones Unidas de Río. En línea en: http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/index.shtml (Consulta: 27/09/09).
- UNESCO (2004). United Nations Decade of Education for Sustainable Development. UNESCO. En línea en: <HTTP://www.unesco.org/en/esd/> (Consulta: 15/09/09).
- Vilches, A. y Gil, D. (2008). La construcción de un futuro sostenible en un planeta en riesgo. *Alambique*, 55, 9-18.
- Vilches, A. y Gil, D. (2009). Una situación de emergencia planetaria, a la que debemos y "podemos" hacer frente. *Revista de Educación*, número extraordinario 2009, 101-122.
- Vilches, A., Gil, D., Toscano, J.C. y Macías, O. (2008). Obstáculos que pueden estar impidiendo la implicación de la ciudadanía y, en particular, de los educadores, en la construcción de un futuro sostenible. Formas de superarlos. *Revista CTS*, 11 (4), 139-162.
- Wilson, E. (2002). *The future of life*. New York: Vintage Books.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A. y Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Belief in the nature of science and responses to socio-scientific dilemmas. *Science Education*, 86, 343-367.
- Zembylas, M. (2005). Three Perspectives on Linking the Cognitive and the Emotional in Science Learning: Conceptual Change, Socio- Constructivism and Post-structuralism. *Studies in Science Education*, 41, 91-116.

EDUCATING FOR SUSTAINABILITY. A PROBLEM THAT WE CAN TAKE CHARGE

SUMMARY

The recent awareness of the unsustainability of the current development has led us to the central idea of sustainability. We face a complex global problem whose understanding is also complex and influenced by a number of factors that we must consider in looking for solutions from science, policy, education, etc. From the Science Education perspective, if we want to help citizens for taking charge of the situation on the planet and going into action to lead to a sustainable future, we must bear in mind, apart from scientific knowledge, the ethical, political or economical faces of the problem. An interdisciplinary approach by implementing projects related to socio-scientific issues like climate change is suggested, in order to recognize the different aspects of the problems, their interrelationships and possible solutions and ways of putting them into action.

Key Words: *Education for sustainability; social responsibility; socio-scientific issues; interdisciplinary approach; climate change.*