



VOL. 16, Nº 2 (mayo-agosto 2012)

ISSN 1138-414X (edición papel)

ISSN 1989-639X (edición electrónica)

Fecha de recepción 19/3/2012

Fecha de aceptación 15/8/2012

## ¿PUEDE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA AYUDAR A CONSTRUIR UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE?

*Can science education help to build a sustainable society?*



*Laura Barraza y Carolina Castaño*

*Deakin University, Australia, Australian Catholic University*

*E-mail: [laura.barraza@deakin.edu.au](mailto:laura.barraza@deakin.edu.au),*

*[carolina.rodriquez@acu.edu.au](mailto:carolina.rodriquez@acu.edu.au)*

### Resumen:

*En este artículo presentamos una descripción crítica sobre algunos de los lineamientos que consideramos necesarios desde el contexto de la educación a nivel universitario para dirigir y transformar el sistema educativo hacia una educación sostenible. Hablar de sostenibilidad hoy en día requiere de una reestructura en los programas de enseñanza en todos los niveles educativos. Señalaremos la relevancia de adecuar los contenidos del conocimiento hacia el tema de la sostenibilidad incorporando sus seis dimensiones. Así como las implicaciones que el concepto de sostenibilidad tiene en nuestra forma de pensar y de actuar. Discutiremos el aprendizaje transformador (TL) y algunas estrategias pedagógicas en la enseñanza de temas sobre la sostenibilidad que ayuden a generar cambios en las actitudes de quienes serán futuros maestros. Revisaremos enfoques pedagógicos para la enseñanza de la ciencia que nos pueden ofrecer una aproximación hacia cómo educar docentes para la educación sostenible, como el modelo educativo de las 5 "E" o los cinco dominios que favorece a la construcción de un pensamiento crítico, reflexivo y participativo. Finalmente proponemos un modelo de educación sostenible que incorpora cuatro ejes epistemológicos: una educación multi e intercultural, una educación para el futuro, una educación integradora y holística, y, una educación participativa.*

**Palabras clave:** *sostenibilidad, contenidos del conocimiento, desarrollo curricular, competencias, contenido sobre el conocimiento pedagógico, aprendizaje transformador.*

**Abstract:**

*In this article we present a critical description regarding some of the guidelines that we consider are needed within education at university level to guide and transform the educative system towards an education for sustainability. To speak about sustainability we need to consider restructuring the teaching programs at all educative levels. For this, we discuss the relevance in adapting the six dimensions of the content-based knowledge towards sustainability issues, as well as the implications that the concept of sustainability has for our views, attitudes and actions. Transformative learning theories and pedagogical strategies for teaching science which could be useful for educating for sustainability and which could encourage changes in the attitudes of those who will become future teachers, such as the 5 "E" model which promotes critical and reflexive thinking are also discussed. We propose an educative model for teaching about sustainability with four basic epistemological elements: a multicultural education, an education for the future, a holistic education, and, a participatory education.*

*Key words: sustainability, content knowledge, curricular development, competences, pedagogical content, transformative learning.*

## 1. Introducción: Sostenibilidad ¿qué es?, retos en la enseñanza a nivel universitario

¿Qué significa ser sostenible? ¿Qué necesitamos hacer desde el marco educativo para definir prácticas sostenibles? ¿Podemos a través de la educación construir una sociedad sostenible? Hablar de sostenibilidad no es sencillo, es un término ambiguo y complejo y por ello resulta fundamental entender cuál es su fundamento teórico, metodológico y práctico. El concepto de sostenibilidad surge a finales de los 80's como un principio clave en la conducción de un proceso de desarrollo. Este proceso trata de incorporar por primera vez aspectos de pobreza, desarrollo y ambiente, analizándolos a través de las causas sociales, políticas y económicas de la crisis mundial. El principio de sostenibilidad utiliza seis áreas o dimensiones para su estudio: la dimensión ecológica, económica, socio cultural, la dimensión espacial, la dimensión de tiempo, y la dimensión de participación (UNESCO, 2002).

Hablar entonces de sostenibilidad hoy en día, es hablar de una forma de vida diferente. Una forma de vida que busca una rearmonización entre los aspectos ambientales, sociales, políticos y económicos. También que busca una participación más activa a favor de los movimientos sociales, en donde lo individual se fortalece con la búsqueda de un bien colectivo común.

Hasta aquí podemos entender una escala de la complejidad del concepto, pero pasar al siguiente nivel requiere de cambios estructurales en distintos contextos, situaciones y ambientes. En este artículo nos enfocaremos a presentar algunos de los lineamientos que consideramos necesarios desde el contexto de la educación a nivel universitario para dirigir y transformar el sistema educativo hacia una educación sostenible.

Se dice que una sociedad sostenible es aquella que es lo suficientemente flexible e inteligente como para no socavar sus sistemas de apoyo tanto naturales como sociales. Se dice además que es una sociedad equitativa, participativa y democrática. Pero ¿qué tenemos que hacer desde la educación a nivel universitario para transmitir valores equitativos, democráticos y participativos?. ¿Qué contenidos debemos generar para hablar de sostenibilidad?. ¿Qué estrategias pedagógicas debemos utilizar para reforzar los principios de una educación sostenible?. ¿Qué acciones y políticas de manejo desde el marco institucional debemos realizar para promover una cultura de respeto y de cuidado hacia todas las formas de vida?

El referente de la educación hoy en día es complejo, implica hablar de calidad, accesibilidad para todos, diversidad, interculturalidad, multiculturalidad y equidad, entre otros temas.

Para incorporar los principios básicos de la sostenibilidad, la UNESCO ( UNESCO, 2004) habla de poner en práctica el concepto de “educación para un futuro viable”. Este nuevo concepto tiene que ver con la articulación y vinculación de los contenidos curriculares y con los planes y programas de desarrollo comunitario.

Esta articulación y vinculación se relaciona con el papel que juega toda la ciudadanía. Además los contenidos curriculares y los planes y programas de desarrollo comunitario tienen que fundamentarse desde su diseño en “contenidos del conocimiento”. ¿Qué entendemos por “contenidos del conocimiento” y por qué son importantes?. Los contenidos del conocimiento son importantes por varias razones. Investigación en matemáticas y en ciencia (Harlen, 1997; Tytler, et al., 1999) muestran que los contenidos del conocimiento son críticos para el diseño de los cursos y para definir conceptos, para estimular a los estudiantes en la exploración de ideas, para identificar las dificultades conceptuales de los estudiantes, para hacer preguntas productivas, para responder de manera espontánea y eficiente a las ideas de los estudiantes, para tomar ventaja de los momentos de enseñanza y para monitorear el progreso en el entendimiento.

Desarrollar un entendimiento sobre los temas de ciencia, involucra el aprender a representar, a redefinir, a re-representar ideas en diferentes formas como parte del aprendizaje del currículum de la ciencia (Tytler, Haslam, PrainyHubber, 2009).

En el caso de la sostenibilidad los contenidos del conocimiento representan un reto adicional por la diversidad de las distintas áreas del conocimiento, tanto en el campo de las ciencias naturales como de las ciencias sociales. El tema de sostenibilidad a la vez permite una integración sistémica en la construcción de un entendimiento sobre diversos temas que conforman el concepto.

Hemos mencionado que la sostenibilidad incorpora seis áreas o dimensiones del conocimiento. Ello requiere de identificar las temáticas y los contenidos para cada una de las áreas, así mismo como prácticas pedagógicas adecuadas. Por ejemplo para la dimensión ecológica, es fundamental incorporar temas como la biodiversidad, los ecosistemas, la desertificación, el ciclo del agua, el cambio climático, la deforestación, la energía, entre muchos otros. Para cada uno de estos temas es necesario relacionarlos con las otras cinco dimensiones de la sostenibilidad. Por ejemplo el consumo de energía y la perspectiva económica, el papel de los diferentes actores sociales y su participación en el uso de energía.

Es importante enfatizar en que los contenidos que deben incorporarse en cada una de estas dimensiones deben estar interconectados. Adicionalmente, debido a la naturaleza social y holística del concepto de desarrollo para la sostenibilidad, estos contenidos deben estar fuertemente relacionados con temáticas socio-científicas y consideraciones éticas, como la justicia social y ecológica. Por lo tanto, la naturaleza de estos contenidos presenta un componente inter-disciplinar, que incluye diversas áreas de conocimiento como por ejemplo el área de la educación en ciencias.

El concepto de sostenibilidad además tiene implicaciones en nuestra forma de pensar y de actuar. Es fundamental que ofrezcamos una educación universitaria que genere cambios en las actitudes de quienes serán futuros maestros (Orr, 2004). Sin embargo, autores como Pooley y O'Connor, (2000) y Chawla, (1998) coinciden en afirmar que mejorar nuestra

comprensión acerca del medio ambiente y los demás temas relacionados con la sostenibilidad no implica cambios en el comportamiento. De hecho, estos autores explican que otros aspectos tales como las emociones, sensaciones y creencias deben tenerse en cuenta e incorporarse en el diseño de prácticas pedagógicas que busquen generar cambios. En palabras de Kuzich (2011) 'Una de las ironías del énfasis de la educación en el contexto de la sostenibilidad es que las naciones más educadas son las mayores contribuidoras a los daños ecológicos más profundos causados e nuestro planeta" (basado en el reporte de UNESCO (UNESCO, 2002, citado en Kuzich, 2011). Resulta entonces paradójico saber que el nivel de educación no necesariamente esta correlacionado con comportamientos pro-sociales y pro-medio ambientales (Orr, 2004).

Poco se ha trabajado en cómo preparar a los futuros maestros para que sean los forjadores del cambio. Según la definición de sostenibilidad, la preparación de docentes requiere de un modelo educativo en donde lo esencial sea el cuestionamiento, el análisis, el debate, la reflexión y la transformación de la realidad concreta. Una educación abierta y flexible, que permita la formulación de contenidos y ejes temáticos que aborden la problemática social y política de las comunidades, partiendo de sus propias necesidades e intereses (Barraza y Ceja-Adame, 2011).

En este sentido, otras áreas disciplinares que pueden estar fuertemente conectadas con una educación para el desarrollo sostenible, tales como la educación en ciencias, nos pueden ofrecer lineamientos conceptuales y pedagógicos acerca de cómo formar docentes que promuevan un desarrollo para la sostenibilidad. El tema de sostenibilidad es sin duda un tema contemporáneo en la enseñanza de las ciencias. Los diversos discursos actuales acerca de los propósitos de la educación en ciencias muestran una fuerte tendencia hacia la incorporación de aspectos sociales, éticos y ambientales (Pedretti y Nazir, 2010). Estos aspectos son también componentes de la educación para la sostenibilidad y por lo tanto las aproximaciones y estrategias para la enseñanza de la ciencia actual pueden servirnos como base para pensar (o repensar) la enseñanza de temas de sostenibilidad. Si deseamos alcanzar los propósitos de una sociedad sostenible, es necesario que nos preguntemos no sólo qué se debe aprender, cómo aprender y cómo enseñarlo, sino además cómo podemos generar cambios en las actitudes y comportamientos de nuestros estudiantes de manera que puedan promover prácticas sostenibles.

Según esto, parece claro cuáles son los propósitos de la educación para el desarrollo sostenible y de la necesidad de generar cambios en las actitudes de los estudiantes para contribuir con una sociedad sostenible. Sin embargo, la realidad es que pocas son las prácticas pedagógicas que generan inquietudes y consideraciones acerca de cambios en nuestras acciones y estilos de vida. Aun no es claro cómo la educación a nivel universitario puede generar estos cambios en quienes serán futuros docentes. Esperamos en este capítulo realizar una aproximación a cómo la educación puede generar prácticas pedagógicas que promueva los cambios necesarios en aquellos en quienes reside la educación para el desarrollo sostenible.

## **2. Fundamentación: Estrategias pedagógicas en la enseñanza de temas sobre la sostenibilidad**

Uno de los aspectos críticos que pretendemos abordar en este inciso es definir al educador como un nuevo sujeto pedagógico, capaz de repensar su práctica y mediante ese

ejercicio iniciar un proceso de transformación de la misma. Para ello consideramos fundamental incorporar al debate el tema de desarrollo curricular como un eje orientador para la revisión y reflexión del papel de la escuela y del educador en el quehacer práctico de la educación.

Las reformas y cambios curriculares siguen siendo uno de los temas que mayor interés suscitan en el mundo educativo. Esto se debe en parte a los procesos de cambio y a la dinamización de la educación misma. Los debates giran en torno a la necesidad de armonizar los enfoques y planteamientos curriculares con las necesidades del entorno escolar y los contextos sociales y culturales. Sin duda, el hablar de una educación sostenible representa un debate en el marco de desarrollo curricular, ya que uno de los principales retos es lograr el equilibrio entre los aprendizajes necesarios para desenvolverse en el mundo laboral y los indispensables para formular un proyecto de vida que favorezca el desarrollo individual en el contexto de la sociedad contemporánea.

Para hablar de las posibles estrategias pedagógicas que podemos utilizar para favorecer una sociedad sostenible vale la pena preguntarse lo siguiente:

- a. ¿La escuela ha de estar diseñada para responder a las exigencias del mundo laboral o para preparar a las personas para definir un proyecto de vida sostenible, tanto para sí como para las personas con las que conviven?
- b. ¿Qué es lo que todo ciudadano debe aprender en la escuela y, por lo tanto, qué hay que enseñar?
- c. ¿Qué tipo de educación se quiere promover en el contexto actual; que competencias se desean promover?
- d. ¿Puede la escuela continuar basada en la enseñanza de disciplinas separadas, periodos de tiempo cerrados y espacios delimitados rígidamente?. ¿Existen condiciones para romper dicha lógica?

Para responder estas preguntas consideramos necesario revisar algunas de las aproximaciones para la enseñanza de la ciencia que podrían servir como eje fundamental para una educación para el desarrollo de la sostenibilidad.

Para la selección y organización de los aprendizajes o competencias básicas es necesario conocer cuales son los principios de la sostenibilidad, cómo podemos adecuarlos al contexto educativo e integrarlos a las diferentes áreas del conocimiento. Los contenidos curriculares en la actualidad han considerado el enfoque de las competencias. La competencia ha de ser comprendida como un saber que moviliza prácticas y comportamientos. De esta manera, la relación entre saberes fundamentales y competencias debe ser armónica y explícita así como las estrategias pedagógicas.

De acuerdo a Tilbury (1993), las competencias que deben desarrollarse de acuerdo a los principios de una educación sostenible son:

1. Conocimiento y entendimiento sobre problemas sociales y temáticas ambientales
2. Habilidades que promuevan acciones ambientales, incluyendo la habilidad de llevar a cabo procesos de investigación acción.
3. Habilidades para un pensamiento crítico y reflexivo
4. Habilidad para actuar y para participar en una sociedad democrática

5. Habilidad para utilizar de manera eficiente una variedad de enfoques pedagógicos,
6. Aptitud profesional para desarrollar una práctica reflexiva.

Para poder desarrollar cada una de estas competencias es fundamental un cambio en los métodos y estrategias pedagógicas así como en la estructura de la práctica docente. Un concepto esencial en la definición de las estrategias pedagógicas es hablar del “pedagogical content knowledge” (PCK) o contenido sobre el conocimiento pedagógico (CCP). De acuerdo a Shulman (1986) el CCP incluye las formas más útiles para representar temas, analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones. En otras palabras, la forma de representar y de formular el tema de manera comprensible para los otros.

A través del contenido sobre el conocimiento pedagógico (CCP) se puede facilitar el aprendizaje sobre temas específicos. Es ver y entender las concepciones y preconcepciones que los estudiantes de diferentes edades y contextos traen consigo mismos al aprendizaje de los temas enseñados (Shulman, 1986).

El contenido sobre el conocimiento pedagógico (CCP) es la acumulación de elementos comunes como:

- Conocimiento sobre el tema de estudio
- Conocimiento de los estudiantes y de las posibles ideas o conceptos erróneos
- Conocimiento del currículo
- Conocimiento sobre la pedagogía en general.

El contenido sobre el conocimiento pedagógico (CCP) es saber el qué, cuándo, por qué y el cómo enseñar utilizando un conocimiento didáctico preciso sobre la práctica de la buena enseñanza. Este concepto es fundamental para el diseño de las estrategias pedagógicas que deben utilizarse para promover y fortalecer una educación sostenible.

Adicionalmente, consideramos una de las estrategias pedagógicas que se utiliza en la enseñanza de la ciencia para generar un pensamiento crítico, reflexivo y participativo en los educandos. Creemos que este enfoque en la enseñanza de la ciencia puede favorecer a la construcción de una sociedad sostenible, a continuación señalaremos por qué. Nos referiremos al modelo educativo de las 5 “E” o los cinco dominios: Explora, Estimula, Explica, Elabora y Evalúa. Este es un modelo de instrucción pedagógica muy nuevo apenas diseñado en el 2007 en Australia. El modelo se evaluó durante un periodo de 18 meses antes de ser incorporado a las escuelas. Esta propuesta surge como un punto de referencia para que el docente tenga un mayor entendimiento sobre el ejercicio de su práctica en la enseñanza de la ciencia (Department of Education, 2009). Este modelo incorpora principios sobre el enfoque de indagación, método esencial en la enseñanza de la ciencia. El modelo educativo de las 5 “E” permite que el individuo adquiera información, genere idea, desarrolle habilidades, fortalezca valores, incorpore diferentes modos de pensamiento y aprenda diversas formas de expresarse. Con este modelo el individuo aprende cómo aprender. Siguiendo cada uno de los 5 dominios de este modelo el individuo es capaz de realizar un proceso de autoevaluación a nivel cognitivo, afectivo y en su comportamiento, ya que constantemente se encuentra indagando y explorando los conceptos. Este modelo permite además enriquecer las competencias que los individuos requieren para desarrollar un pensamiento crítico y reflexivo, principios fundamentales para el desarrollo de una educación sostenible. Un aspecto que hemos señalado con respecto a la educación sostenible es la relevancia de tener un conocimiento científico pertinente y actualizado, pero también valores y prácticas que lo

sustenten. Este modelo desarrolla valores fundamentales como el respeto entre los individuos y hacia las diversas ideas y concepciones, la colaboración y el trabajo en equipo, la participación, el sentimiento de comunidad, la tolerancia y la paciencia, entre otros.

El modelo describe los atributos para cada una de los 5 dominios y las competencias asociadas a ellos. En cada dominio además se señalan cuatro niveles de profundización para consolidar las competencias. A continuación hablaremos brevemente de cada uno de ellos.

1. Estimular. En este dominio el docente establece relaciones positivas con y entre los educandos y desarrolla expectativas compartidas para aprender e interactuar. También estimula el interés y la curiosidad, promueve el cuestionamiento y conecta el aprendizaje a experiencias reales de la vida. Además el docente junto con los educandos, establecen el propósito sobre el aprendizaje, estableciendo los retos y los objetivos con claridad. Las competencias que se promueven en este dominio son:
  - a) El desarrollo de normas compartidas
  - b) El estar preparado y en la disposición para aprender
  - c) El establecer objetivos para el aprendizaje
  - d) El desarrollo de una capacidad metacognitiva
2. Explorar. En este dominio el objetivo principal es que el docente ofrece las herramientas necesarias para que los educandos puedan obtener y organizar la información necesaria y adecuada, así como desarrollar sus ideas. El educador se encarga de presentar retos para apoyar a los educandos a generar preguntas, a investigar, a que obtengan información y puedan organizarla y a que desarrollen sus ideas. Las competencias que se promueven son:
  - a) El desarrollo de la indagación
  - b) La estructuración en el proceso de la indagación
  - c) El mantener el momento de aprendizaje en la sesión
3. Explicar. En este dominio el docente ofrece oportunidades para que el educando demuestre su nivel de entendimiento actual de manera verbal y /o a través de diversas representaciones. El educador promueve conocimientos relevantes, conceptos y habilidades. El contenido se presenta de formas múltiples. El docente provee estrategias que permiten al estudiante conectar y organizar sus conocimientos nuevos con el conocimiento previo. El docente apoya al educando para que exprese sus ideas utilizando el lenguaje escrito y gráfico a través de la lectura, la escritura. De esta forma el estudiante pueda poner en práctica sus habilidades orales al hablar, visuales al utilizar imágenes y auditivas al escuchar otras ideas. En este dominio el docente constantemente explica el lenguaje de la disciplina que va abordar y regularmente evalúa el avance en el entendimiento de los conceptos de los educandos y genera oportunidades para que los estudiantes practiquen nuevas habilidades. Las competencias que se promueven en este dominio son:
  - a) El presentar nuevos contenidos
  - b) El desarrollo de lenguaje científico
  - c) El fortalecer conexiones

4. Elaborar. En este dominio el docente promueve constantemente el diálogo entre los educandos con el fin de ampliar y perfeccionar el entendimiento de los estudiantes. El educador apoya a que los educandos identifiquen y definan relaciones entre los conceptos y a que generen principios o reglas. El maestro apoya para que los estudiantes formulen, prueben hipótesis y para que hagan y tomen decisiones justificadas. Realizan un monitoreo constante sobre el entendimiento de los educandos dando una retroalimentación. Las competencias que se promueven son:
  - a) El facilitar una conversación profunda
  - b) El cultivar un pensamiento crítico de alto nivel
  - c) El monitorear el progreso en el aprendizaje
  
5. Evaluar. En este dominio el docente constantemente apoya a los estudiantes para que definan y mejoren su trabajo utilizando criterios para evaluar su entendimiento. El educador integra evidencia de cada una de las fases formalmente registrando y comparando el progreso de los educandos con los objetivos del aprendizaje. Provee de apoyo y retroalimentación para que los estudiantes evalúen su progreso y metas alcanzadas. Promueven la reflexión y el impacto en el esfuerzo de las metas logradas en el aprendizaje. El docente guía a los estudiantes para que formulen objetivos para un aprendizaje futuro. Las competencias que se generan son:
  - a) Evaluar el aprendizaje sobre los estándares del curso
  - b) El facilitar la autoevaluación en los educandos

Una de las grandes bondades del enfoque de las 5 "E" es que es un modelo flexible, dinámico y adaptable para todos los diferentes niveles educativos acorde a los principios filosóficos de una educación para la sostenibilidad. El modelo debe utilizarse como una herramienta de apoyo en la práctica del docente, principalmente en la planeación y en la ejecución de programas eficientes, más que verse como una nueva iniciativa o política. El modelo ofrece criterios para que el docente evalúe su propia práctica pedagógica y reflexione sobre la misma. De esta manera el modelo puede tener un impacto en la calidad de la enseñanza y en la variedad de enfoques pedagógicos que los docentes utilizan. Sin embargo el *Modelo de las 5 "E"* no es lineal porque el docente también adapta su práctica educativa a las necesidades de los estudiantes, a los recursos disponibles y a una variedad de otros factores.

### 3. Panorámica: Educación para el cambio

Hemos presentado diversos enfoques en educación que han sido aplicados en la enseñanza de las ciencias y que consideramos relevantes para la educación para la sostenibilidad. Sin embargo, ninguno de estos enfoques tiene como eje fundamental el generar cambios en las actitudes de los estudiantes que se extiendan fuera del aula de clase.

El concepto de sostenibilidad y los propósitos actuales de la educación para la sostenibilidad, hacen énfasis no sólo en la comprensión de conceptos pertinentes a las seis dimensiones para su estudio descritas al inicio de este artículo sino además a la aplicación de este conocimiento en las actitudes y comportamientos diarios. Por ejemplo, las siguientes preguntas motivadas por Orr (2004) aun se encuentran sin resolver:



- ¿Cómo podríamos educar jóvenes que piensen con claridad acerca de la relevancia de sociedades sostenibles cuando la mayoría de las sociedades asignan grandes sumas al desarrollo de prácticas de mercado que promueven una sociedad de consumo?
- ¿Cómo podemos enseñar acerca del valor de compartir, respetar y ayudar a otros cuando muchos de nuestros gobiernos usan una gran parte de dinero del estado en compra de armas y en recursos para sus ejércitos?
- ¿Cómo podemos enseñar acerca de desarrollo del pensamiento crítico cuando muchos de nuestros estudiantes pasan horas de su tiempo libre frente a un televisor o computador?

Para pensar en una educación para el desarrollo sostenible es importante considerar preguntas como las de Orr, 2004. El reto es grande. Como sugiere Orr, 2004, debemos repensar nuestra educación para que las nuevas generaciones de docentes realicen aquella labor que las generaciones pasadas y actuales no han logrado. Debemos educar personas que:

- establezcan el tamaño de la población mundial
- reduzcan la emisión de gases de invernadero;
- protejan la biodiversidad biológica;
- revertan la destrucción de los bosques a nivel mundial;
- conserven los suelos;
- aprendan a utilizar la energía y los recursos naturales con gran eficiencia;
- desarrollen nuevas alternativas para la generación de energía;
- modifiquen los modelos de las economías actuales para que representen sociedades más justas y sociedades que eliminen la generación de contaminación;
- reparen todos los daños causados en los últimos 200 años de industrialización (Orr, 2004).

Estos retos son inmensos y sin precedentes, y es por esto que una educación para el desarrollo de la sostenibilidad debe fundamentarse en una educación para el cambio. En este aspecto, Hodson (2003) contribuye sugiriendo que uno de los objetivos centrales de la educación en ciencias debe ser el de 'equipar a los estudiantes con la capacidad y el compromiso para tomar acciones efectivas, apropiadas y responsables con respecto a problemáticas sociales, económicas, ambientales, éticas y morales' (Hodson, 2003). De manera similar, el 'Transformative learning' (aprendizaje transformador) se genera a partir de la necesidad de generar cambios en las actitudes de las personas por medio de la educación. Dentro de la teoría de Transformative learning, Sterling (2010) sugiere que para pensar en experiencias de aprendizaje que generen cambios, se deben abordar las siguientes dimensiones:

- **Conformative (de acomodación):** esta se refiere a la dimensión de la educación acerca de la sostenibilidad; al aprendizaje que es transmitido, que no busca cambiar los valores básicos de la persona ni de su conocimiento.
- **Reformative (reformativa):** esta dimensión se refiere a la educación para la sostenibilidad; incluye el aprendizaje crítico y reflexivo que busca examinar las creencias y encontrar sentido en lo que se aprende para cambiarlo e influenciarlo.

- Transformative (transformadora): es la educación como sostenibilidad; en este nivel se busca un aprendizaje para la transformación. Se revisan valores, conocimientos y visiones alternas del mundo y de nuestro actuar. Busca que veamos las cosas de manera diferente y tener cambios profundos en nosotros y en nuestro actuar.

En estas tres dimensiones es claro que la educación para la sostenibilidad no es sólo una educación para conocer de, sino además para promover actitudes críticas y reflexivas que tengan impacto en nuestros comportamientos y visiones de nuestro mundo y sociedad.

La formación de docentes en el tema de sostenibilidad debe buscar generar cambios de actitudes, iniciando por generar dichos cambios en los futuros maestros; de esta manera estos docentes podrán generar cambios en sus estudiantes y educar gente comprometida con el desarrollo de una sociedad sostenible. Para ello, es importante pensar en las características que deben tener las prácticas pedagógicas que desean generar dichos cambios. Por ejemplo, una de las variables que determinan cómo actuar e influyen en el desarrollo de comportamientos pro-ambientales deseables para el desarrollo de la sostenibilidad son las emociones. Lo que la gente siente hacia la naturaleza, las diversas comunidades de humanos y demás especies, determina en alto grado cómo la persona actúa e interactúa con ellos. Por ejemplo, en el estudio realizado por Pooley y O'Connor (2000) con 92 personas entre los 18 y 55 años y con diferentes profesiones, encontraron que las creencias, conocimientos, e igualmente importante, los sentimientos, precedían las actitudes de los participantes hacia situaciones ambientales. Específicamente ellos evaluaron las actitudes hacia el uso de vehículos, el desarrollo urbano y la tala de bosques nativos.

De hecho, diversos autores han encontrado que el desarrollo de actitudes empáticas y compasivas hacia otros es necesario para generar actitudes de respeto y cuidado (Chaux, 2002 y Castano, 2012). Empatía y compasión son términos comúnmente utilizados en el área de psicología. Son definidos en términos cognitivos como la comprensión de los sentimientos y situaciones de otra persona, y en términos de toma de perspectiva como el sentir lo que otro siente. Tanto empatía como compasión están relacionadas con actitudes pro-sociales hacia el cuidado y ayuda de otro ser. De manera similar, Chawla (1998), propone el término 'sensibilidad medio ambiental' para definir aquellas 'predisposiciones' hacia tomar un interés en aprender acerca del medio ambiente, sentir preocupación por él y actuar para conservarlo.

En la revisión de la literatura que realizamos, no identificamos ningún estudio empírico acerca de cómo la educación para la sostenibilidad podría generar actitudes de empatía o sensibilidad ambiental. Sin embargo, los estudios de Castano (2008 y 2012) en educación en ciencias pueden ofrecernos sugerencias. Trabajando con poblaciones de estudiantes de cuarto grado de escuela primaria en Colombia, Castano (2008) observó que prácticas pedagógicas que estuvieran centradas en la discusión y el debate acerca de aspectos éticos y sociales de nuestros comportamientos y actitudes hacia la naturaleza, los humanos y las demás especies, no sólo mejoran nuestra comprensión de las diversas interconexiones entre ciencia, medio ambiente y sociedad sino además generan actitudes de respeto y cuidado hacia otros humanos, otras especies y la naturaleza. Algunas de las estrategias que favorecieron estas actitudes fueron: juegos de rol, debates acerca de problemáticas reales y cercanas al estudiante, análisis de caso y revisión crítica de noticias actuales.

De manera similar, Yoon (2002) propone 'Deep Ecology' (ecología profunda) como la base para la enseñanza de la ciencia. "Deep Ecology" busca promover el cuidado y reforzar el valor de la compasión por la naturaleza y todos los seres vivos, junto con una educación

centrada en nociones de justicia e igualdad inclusive de todas las especies. Para ello, Yoon (2002) propone una educación más vivencial, que genere espacios para examinar los valores que nuestras instituciones y sociedad promueven y que se centre en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, negociación, colaboración, debate y comunicación. Castano (2008) llama a esta interconexión entre nuestras acciones, el ambiente físico y las demás especies, interconexión ambiental. Ella sugiere diseñar prácticas pedagógicas que se centren en la discusión de temas controversiales que inviten al análisis crítico de nuestras acciones y promuevan cambios.

En conclusión, la educación para el desarrollo sostenible debe ser un agente transformador primario de nuestras creencias, valores y actitudes. No es suficiente con saber y mejorar nuestros conocimientos, debemos educar docentes que busquen transformar las actitudes de sus estudiantes para que tengan la capacidad de pensar tanto en el impacto presente de sus acciones, como en el impacto futuro de estas. Debemos repensar la formación de los maestros para que su educación genere cambios que inicien en ellos, desde ellos, y que luego ellos promuevan en sus estudiantes. Una educación para la transformación hacia un desarrollo sostenible debe ser el fundamento de la educación docente.

#### **4. Propuesta: ¿Cómo la enseñanza de las ciencias ambientales ayuda a la construcción de una sociedad sostenible?**

La educación que recibimos a diario refuerza valores y prácticas no sustentables en nuestra sociedad. Estamos educados en gran medida para competir y consumir y no para colaborar, cuidar y conservar. Esto sin duda genera una tensión epistemológica entre los principios fundamentales de la sostenibilidad y el modelo mecanicista de educación. Los valores, actitudes, habilidades y conocimientos que necesitamos incorporar desde el marco educativo para convertirnos en una sociedad sostenible, resultan ser antagónicos al modelo tradicional de educación que aun prevalece en la estructura educativa global.

Un eje fundamental para repensar la educación para el desarrollo sostenible, es aquel del aprendizaje para la transformación y la educación para el cambio. Según esta propuesta, el desarrollo de pensamiento crítico y actitudes reflexivas, son requisitos esenciales pero no suficientes para generar cambios de comportamientos que lleven a acciones transformadoras, sostenibles y responsables con el mundo y los demás (Sterling, 2010). Elementos de diversas prácticas pedagógicas deben ser implementados y la naturaleza de los contenidos seleccionada con base en los propósitos del aprendizaje para la transformación para así lograr una educación que logre las tres dimensiones descritas por Sterling (2010).

Hemos señalado que para lograr una transformación en la educación que genere una sociedad sostenible se requiere de cambios fundamentales en diferentes áreas de la organización humana, no sólo un cambio tecnológico sino un cambio en nuestros esquemas de pensamiento y en nuestras formas de acción.

De manera consistente, la educación sostenible que proponemos conlleva a la construcción de 4 ejes epistemológicos e incorpora las cuatro funciones básicas de la educación (Freire, 1974):

- Socialización: promover entre la sociedad la convivencia, el respeto por la cultura y la ciudadanía.

- Vocacional: capacitar a las personas para el empleo.
- Liberal: desarrollar las potencialidades del individuo.
- Transformadora: promover cambios hacia una sociedad más justa.

Es claro el gran reto de repensar una educación para el desarrollo sostenible que genere cambios de actitud y comportamientos. Proponemos la articulación de cuatro ejes epistemológicos para una educación que construya el desarrollo sostenible.

#### *a) Una educación multi e intercultural*

El desarrollo sostenible requiere de formar personas capaces de valorar y actuar con respeto y tolerancia hacia la diversidad étnica y cultural. Personas capaces de valorar y apreciar los aportes de cada cultura y sociedad para un futuro sostenible, así como de analizarlas críticamente. Este eje se enfoca en la educación en valores; una educación que tenga en cuenta las emociones, creencias y sentimientos y que analice de manera crítica cómo estos elementos se relacionan con nuestras actitudes hacia los demás. Implica una educación que promueva la participación y colaboración entre diversas comunidades étnicas y que utilice el diálogo y el debate constructivo como eje central. Este eje además debe estar enmarcado en la protección y promoción de derechos colectivos. Si educamos seres humanos que valoren y respeten la diversidad étnica y cultural, estaremos educando seres éticos y comprometidos con la equidad, la justicia social y la justicia ecológica.

#### *b) Una educación para el futuro*

La educación es la fuerza del futuro, porque ella constituye uno de los instrumentos más poderosos para realizar el cambio. Este eje implica la reflexión constante del saber y del actuar. Como hemos descrito, saber no necesariamente implica actuar. Por lo tanto es esencial diseñar prácticas pedagógicas que busquen transformar creencias, valores y actitudes. Para ello además se requiere iniciar por identificar los miedos y las expectativas que tienen los educandos hacia el futuro y definir caminos de acción para crear un mejor lugar para todos. Estudiar cuales son los miedos y las expectativas que tiene la gente sobre el futuro, nos permitirá conocer y entender cómo esas imágenes del futuro influyen en la forma de actuar de la gente, y cómo sus acciones presentes influyen hacia el futuro (Hicks y Holden, 1995). Esto nos permitirá entonces pensar en una educación transformadora comprometida con el futuro de nuestra y las demás generaciones.

#### *c) Una educación integradora y holística*

Para lograr tener un entendimiento sobre la complejidad de los problemas sociales y ambientales que enfrentamos en el mundo actual necesitamos desarrollar un pensamiento sistémico en vez de lineal. De esta forma podemos entender diferentes marcos y contextos analizándolos desde los procesos que los generan integrando diversas áreas del conocimiento.

Este tipo de educación favorece el conocimiento integrador, permitiendo establecer vínculos que nos ayuden a entender las dinámicas de interrelación que se dan en los sistemas socio ambientales. Sterling (2010) señala que una educación holística permite tener una visión más amplia en vez de visiones fragmentadas y favorece el entendimiento de los procesos y de los esquemas generales.

#### d) Una educación participativa

Una de las tareas primordiales de la acción participativa tiene que ver con favorecer un espacio de comunicación entre los diferentes actores. La enseñanza-aprendizaje se genera a través de una comunicación horizontal, y el propósito es construir y aprender colectivamente. La educación participativa debe promover el análisis y la investigación que teorice en torno a la acción, y por ello los métodos de enseñanza- aprendizaje deberán fomentar una visión crítica y reflexiva que desarrolle un aprendizaje creativo y participativo para actuar en la solución de los problemas socio-ambientales.

Cada uno de los ejes que proponemos para promover una educación sostenible están fuertemente asociados al modelo de las 5 "E" que hemos descrito en el apartado número 2. Tanto los ejes como el modelo se sustentan en los principios filosóficos de una educación para la sostenibilidad. En el ejemplo de la estrategia pedagógica del modelo de las 5E's el énfasis recae en el ejercicio de la práctica docente así como en los 4 ejes descritos anteriormente.

Si bien hemos mencionado los aspectos a considerar en el marco del cambio estructural de las instituciones educativas, así como en los esquemas de pensamiento, en las formas de acción y en las estrategias pedagógicas. Es fundamental para generar un cambio que verdaderamente promueva un pensamiento holístico y lleve a la acción, coordinar el trabajo hacia el cambio involucrando a todos los sectores dedicados a la educación en los diversos niveles.

Los enfoques pedagógicos que si bien son útiles en la enseñanza de la ciencia, nos pueden ofrecer una aproximación hacia cómo educar docentes en el marco de los cuatro ejes epistemológicos que hemos propuesto para el desarrollo sostenible.

#### Agradecimientos

Agradecemos a Scott Daniel por sus recomendaciones y comentarios a este artículo.

#### Referencias bibliográficas

- Barraza, L y Ceja-Adame, M.P. (2011). La planeación y la realización de la educación ambiental. En: O. Sánchez, P. Zamorano, E. Peters y H. Moya (eds.), *Temas de conservación de vertebrados silvestres en México*. (321- 331pp). SEMARNAT, INE, USF&WS. México
- Castano, C. (2012). Fostering compassionate attitudes and the amelioration of aggression through a science class. *Journal of Research in Science Teaching* 10.1002/tea.21023
- Castano, C. (2008). Socio-scientific discussions as a way to improve the comprehension of science and the understanding of the interrelation between species and the environment. *Research in Science Education*, 38(5), 565-587.
- Chaux, E. (2002). Buscando pistas para prevenir la violencia urbana en Colombia: conflictos y agresión entre niños y adolescentes de Bogotá. *Revista de Estudios Sociales*, 12, 41-51.
- Chawla, L. (1998). Significant Life Experiences Revisited: A Review of Research on Sources of Environmental Sensitivity. *The Journal of Environmental Education*, 29(3), 11-21.
- Department of Education and Early Childhood Development (2009). *Instructional Model: E Fives*. State Government Victoria. Australia Government.
- Freire, P (1974). *La pedagogía del Oprimido*. Siglo XXI editores. México

- Harlen, W. (1997). Primary Teachers' Understanding in Science and its Impact in the Classroom. *Research in Science Education*, 27 (3), 323-337
- Hicks, D. and Holden, C. (1995). *Visions of the Future: Why we need to teach for tomorrow*, Stoke-on-Trent: Trentham Books
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.
- Kuzich, S. (2011). *Education for sustainability: implications for curriculum and pedagogy*. Paper presented at the International conference on education.
- Orr, D. W. (2004). *Earth in mind: on education, environment, and the human prospect*: Island Press. U.S.A.
- Pedretti, E., and Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95(4), 601-626.
- Pooley, J. A., and O'Connor, M. (2000). Environmental Education and Attitudes. *Environment and Behavior*, 32(5), 711-723.
- Shulman, L. S. (1986). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 7(.1), 1-22.
- Sterling, S. (2010). Transformative Learning and Sustainability: sketching the conceptual ground. *Learning and Teaching in Higher Education*(5), 17-33.
- Tilbury, D. (1993). *Environmental Education for Sustainability: A model for Pre-service Teacher Education*. Unpublished PhD Thesis: University of Cambridge.
- Tytler, R., Smith, R., Grover, P. and Brown, S. (1999). A comparison of professional development models for teachers of primary mathematics and science. *Asia Pacific Journal of Teacher Education*, 27(3), 193-214
- Tytler, R., Haslam, F., Prain, V., and Hubber, P. (2009). An explicit representational focus for teaching and learning about animals in the environment. *Teaching Science*, 55(4), 21-27.
- UNESCO (2004). UN Decade in Education for Sustainable Development: International Implementation Scheme, UNESCO, Paris: France
- UNESCO (2002). Education for sustainability: From Rio to Johannesburg: Lessons learnt from a decade of commitment. Report prepared for UNESCO as task manager for Chapter 36 of Agenda 21. Paris: France
- Yoon, S. (2002). What Children think about human-animal relationships. *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education*, 2(4), 449-466.