

## **Competencias clave en la sostenibilidad: Un marco de referencia para el desarrollo de un programa académico.**

Arnim Wiek • Lauren Withycombe • Charles L. Redman

Recibido: 16 de \_Octubre de 2010 / Aceptado: 30 de Marzo de 2011 / Publicado en línea: 19 de Mayo de 2011 \_Sistema de Investigación Integrada para Ciencias de la Universidad de Naciones Unidas y Springer 2011

### **Resumen**

El campo académico emergente enfocado en sostenibilidad ha estado ligado a un enriquecedor y convergente debate, para definir las competencias clave que son consideradas como críticas, y que deben poseer los estudiantes que se van a graduar. Por más de un década, los cursos de sostenibilidad han sido desarrollados y ofrecidos en la educación superior, sin embargo los programas académicos integrales de sostenibilidad, en los niveles de graduados y no graduados, han emergido solamente pocos años atrás. Considerando el momento institucional reciente, el tiempo es aparentemente correcto para sintetizar la discusión acerca de las competencias clave en sostenibilidad, en orden de apoyar estos programas académicos relativamente nuevos, dar forma a sus perfiles y lograr sus ambiciosas misiones. Este artículo presenta los resultados de una amplia revisión de la literatura. La revisión identifica la literatura relevante acerca de competencias clave en sostenibilidad; sintetiza las contribuciones sustantivas en un marco de referencia coherente de investigación sobre sostenibilidad y competencia de solución de problemas; y señala espacios críticos en la conceptualización de competencias clave en sostenibilidad. Este estudio provee un conocimiento profundo y preciso para sentar las bases de un estudio preliminar de los avances institucionales en el diseño y revisión de programas académicos; evaluaciones de enseñanza y de aprendizaje; así como contratación y entrenamiento de profesores y de personal de apoyo.

**Palabras clave** Educación para desarrollo sostenible - desarrollo curricular - Expertísimo en sostenibilidad - Sostenibilidad profesional - Aprendizaje transformativo

### **Introducción**

El campo académico emergente enfocado en sostenibilidad<sup>1</sup> tiene como propósito señalar desafíos antropogénicos complejos con una variedad de enfoques de investigación y de enseñanza que están orientados a solución y manejo de problemas (Kates et al. 2001; Clark and Dickson 2003; Swart et al. 2004; Komiyama and Takeuchi 2006; Grunwald 2007; Robinson 2008; Turner and Robbins 2008; Sarewitz and Kriebel 2010). El desarrollo del campo es una respuesta a complejos problemas previos existentes, incluyendo cambio climático, desertificación, pobreza,

---

Edited by Didac Ferrer-Balas, Technical University of Catalonia, Spain. A. Wiek (&) \_ L. Withycombe \_ C. L. Redman School of Sustainability, Arizona State University, PO Box 875502, Tempe, AZ 85287-5502, USA e-mail: arnim.wiek@asu.edu

<sup>1</sup> Algunos escolares articulan aprensión en relación al término "ciencia de la sostenibilidad" (e.g., Hirsch Hadorn et al. 2006). Inclusive si es usada en un sentido general incluyendo ciencias naturales, ciencias sociales y de humanidades, otros campos importantes, señalan que asuntos de sostenibilidad tales como ingeniería, negocios, diseño y planeación no son suficientemente vistos y reconocidos bajo el término de ciencia. Sustain Sci (2011) 6:203–218 DOI 10.1007/s11625-011-0132-6

epidemias, guerra – todas estas son situaciones de alto grado de complejidad, daño potencial y urgencia, y todas sin tienen una solución obvia y óptima. Para resolver estos y otros inicios problemas de sostenibilidad, el campo genera conocimiento inspirado en el uso para la transformación de la acción en escenarios participativos, deliberativos y adaptativos (Bäckstrand 2003; Grunwald 2004; Bammer 2005; van Kerkhoff and Lebel 2006; Blackstock and Carter 2007, Talwar et al. 2011).

El campo de la sostenibilidad se ha ganado un momento institucional significativo en los últimos años, como se refleja en nuevas secciones de revistas académicas, conferencias, simposios, sociedades académicas, proyectos de investigación de gran escala y avances educacionales para educación general y educación superior (Clark 2003; Rowe 2007; Kajikawa 2008).

El crecimiento de la importancia de la sostenibilidad en la educación superior, se demuestra por la proliferación de eventos internacionales y comisiones y por el creciente número de programas académicos en sostenibilidad, nacionalmente desde la Universidad Estatal de Arizona hasta la Universidad de Harvard en los Estados Unidos e internacionalmente desde la Universidad de Lund, Suiza, la Universidad Maastricht, Los países bajos, Universidad de Leuphana Lüneburg, Alemania, y la Universidad Técnica de Catalonia, Barcelona, España hasta la Universidad de Stellenbosh, Sur Africa, y la Universidad de Tokio, Japón.<sup>2</sup>

A pesar de la crítica (e.g., Hirsch Hadorn et al. 2006) existe convergencia en la literatura educacional sobre el crítico rol de definir las competencias clave y resultados de aprendizaje específicos para diseñar y enseñar exitosamente los programas académicos (Burke 1989; Spady 1994; Bowden and Marton 1998; Voorhees 2001; Baartman et al. 2007). Las competencias clave proveen un marco de referencia explícito y comúnmente compartido para desarrollar perfiles definidos y reconocibles para los campos académicos, las escuelas, los graduados, y las profesiones etc. Por otra parte, las competencias proveen el esquema de referencia para evaluar transparentemente el aprendizaje del alumno y la eficiencia de la enseñanza. Para estos nuevos programas de sostenibilidad, las competencias clave son un punto de referencia crítico para desarrollar el ambicioso conocimiento y el perfil de habilidades del estudiante que se espera sea “un solucionador de problemas” un “agente de cambio” y un “administrador de transición” en el futuro. (Orr 2002; Rowe 2007; Loorbach and Rotmans 2006; McArthur and Sachs 2009; Willard et al. 2010).

La literature educacional en competencias en general y competencias en sostenibilidad en particular, suponen enfrentarse a una gran ambigüedad de terminología al asociar el término “competencias” con destrezas, habilidades, capacidades, aptitudes, elegibilidad y otros conceptos (Baartman et al. 2007). Nosotros manejamos en este artículo la definición de competencia como un complejo ligado funcionalmente de conocimiento, habilidades y aptitudes que permiten desempeñar exitosamente una tarea o resolver un problema. (cf. Spady 1994; Baartman et al. 2007). Aplicado a competencias en sostenibilidad estas son complejos de conocimiento, habilidades y aptitudes que permiten desempeñar exitosamente una tarea o resolver un problema con respecto a problemas de sostenibilidad, desafíos y oportunidades de la vida real. Por otra parte, nosotros diferenciamos entre competencias y competencias clave, siendo la última críticamente importante para los esfuerzos de sostenibilidad, distinguiéndolas

---

<sup>2</sup> This is a selected list of sustainability programs worldwide. The indicated universities are the pioneering ones to offer a PhD program specifically in Sustainability (Science); with the exception of Harvard University, which offers doctoral and post-doctoral fellowships in Sustainability Science. The PhD-granting programs are all members of the nascent International Network of Programs in Sustainability. All PhD programs were initiated between 2007 and 2010.

entre aquellas de otras profesiones y programas académicos. Esta distinción no implica que las competencias “regulares”, tales como pensamiento crítico y habilidades básicas de comunicación, no sean importantes para profesiones de sostenibilidad y programas académicos (¡lo son!). Al contrario, enfatiza las competencias que son consideradas esenciales para sostenibilidad que no han sido enfocadas en la educación tradicional y por eso requieren de especial atención. Finalmente, este artículo se enfoca a las competencias clave en sostenibilidad solamente relacionadas con educación superior y no para todos los programas educacionales.

Durante los últimos años numerosos artículos y reportes han hecho un progreso significativo en la conceptualización de competencias clave en sostenibilidad (Byrne 2000; de Haan 2006; Barth et al. 2007; Sipos et al. 2008; Segalas et al. 2009; Willard et al. 2010). Sin embargo, la literatura todavía está dominada por “una larga lista sin orden” (“landry list”) de competencias en lugar de conjuntos estrechamente conceptualizados de competencias entrelazadas. Por otra parte los conjuntos de competencias están muy fragmentadas en lugar de ser sistemáticas y exhaustivas.

Este artículo sintetiza la literatura de competencias en sostenibilidad juntándolo todo dentro de un marco de referencia. El marco de referencia está basado en competencia como la capacidad de resolver problemas, específicos como investigación sobre sostenibilidad y competencia para la solución de problemas. Nosotros adoptamos la convergencia que la educación de sostenibilidad debe habilitar a los estudiantes para analizar y resolver problemas de sostenibilidad, anticiparse y prepararse para futuros desafíos de sostenibilidad, así como crear y aprovechar oportunidades para la sostenibilidad. Debido a que los problemas y desafíos de sostenibilidad tienen características específicas (diferentes a los problemas correspondientes a otros campos), el analizar y resolver problemas de sostenibilidad requiere de un conjunto particular de claves entrelazadas e interdependientes (Wiek et al. 2010).

Específicamente nuestro estudio persigue tres objetivos, concretamente, (1) identificar la literatura relacionada a competencias clave en sostenibilidad; (2) sintetizar competencias identificadas dentro de un marco de referencia coherente, e (3) identificar espacios críticos en la conceptualización de estas competencias clave.

Este estudio no se dirige deliberadamente a cuestiones subsecuentes para transferir y adquirir estas competencias (pedagogía) (e.g., Brundiers et al. 2010), ni tampoco para evaluar la adquisición de estas competencias (programa de evaluación). Ambas cuestiones son críticamente importantes para el diseño curricular y la institucionalización, sin embargo, requiere enfoques y consideraciones diferentes (2001) y primero es necesaria una completa conceptualización de un conjunto de competencias clave. Los resultados de este estudio podrían beneficiar a un amplio rango de procesos institucionales tales como revisión y diseño de programas académicos (en particular nuevos programas emergentes) a través de evaluación de la enseñanza y el aprendizaje y para tomar decisiones institucionales tales como contratación y entrenamiento de profesores y personal de apoyo.

### **Marco de referencia de investigación de la sostenibilidad y competencias de solución de problemas**

El marco de referencia de la investigación de sostenibilidad y la competencia de solución de problemas enmarca y unifica los temas para competencias clave en sostenibilidad que no son frecuentemente usados o discutidos en la literatura. “La lista sin orden” (“Landry list”) sin un criterio de selección transparente domina el discurso. Aparentemente, el campo aún se encuentra en investigación de conceptos aceptables que podrían relacionar e integrar competencias de sostenibilidad en una forma significativa. Los pocos marcos de referencia

propuestos, aplicados o discutidos están inspirados por conceptos de aprendizaje transformativos y proponen competencias clave. Gestaltungskompetenz (de Hann 2006; Barth et al. 2007; van Dam-Miras et al. 2008); Head, Hands and Heart (Sipos et al. 2008) Values, knowing, Skills, Understanding (Parkin et al. 2004; Sterling and Thomas 2006; Segalas et al. 2009) y algunos otros (e.g. Steiner and Posh 2006).

Estas contribuciones convergen hacia un amplio conocimiento de competencia clave, llamada, competencia de la investigación y resolución de problemas de, como se reconoce en otra literatura en ciencia de la (Kates y otros, 2001; Clark y Dickson 2003; Bäckstrand 2003) y la educación para la (Jucker 2002; Warburton 2003, Dale y Newman 2005, Rowe 2007; Earth Institute de la Universidad de Columbia 2008). Esta competencia global es generalmente conceptualizada como "tener las habilidades, competencias y conocimiento para promulgar cambios económicos, ecológicos y el comportamiento social sin cambios que son meramente una reacción a los problemas preexistentes" (de Haan 2006, p.22).

Nosotros contribuimos a la convergencia con nuestra revisión de literatura con la creación y aplicación de un marco común de investigación de sostenibilidad y resolución de problemas para definir e integrar las competencias clave en la sostenibilidad. La clave de cinco competencias son las siguientes: competencia de pensamiento sistémico, la competencia de anticipación, la competencia normativa, la competencia estratégica y la competencia interpersonal.

El fundamento de este marco es un enfoque completo de la investigación sobre la sostenibilidad y la resolución de problemas que requiere la integración de las cinco competencias clave. Se han propuesto diferentes maneras de resolver problemas complejos de como: la planificación integrada (Ravetz 2000); retrospectiva (Robinson 2003), ciencias de la ejecución (Bammer 2005); gestión de la transición (Kemp et al 2005.; Loorbach y Rotmans 2006), investigación de estudio de casos trans-disciplinarios (Scholz et al 2006; Wiek y Walter 2009), y otros enfoques. A partir de estos enfoques, obtenemos un marco de referencia de investigación y resolución de problemas integrado para que sirva como un concepto organizador de las competencias clave. La Figura 1 muestra este marco de referencia de investigación y resolución de problemas integrado.

Veamos un ejemplo, suponiendo que el objetivo final de una actividad de de nuestros graduados de la sostenibilidad, fuera la de desarrollar, probar e implementar estrategias para el desarrollo urbano sostenible. Esto requiere de una competencia estratégica bien fundada. Estas estrategias tienen la intención de reorientar sistemas socio-ecológicos urbanos de trayectorias insostenibles hacia un estado futuro sostenible. Con este fin, el estado actual, la evolución pasada, así como la futura trayectoria de la ciudad se analizan sistemáticamente y se identifica la clave de apalancamiento o punto de intervención en el sistema.

Esto requiere que las competencias de pensamiento sistémico y estos puntos estén evaluados según los criterios de (para identificar las trayectorias críticas y considerar las compensaciones), una competencia normativa. Sobre la base de conocimientos y aprendizaje nuevos, las estrategias son conceptualizadas al adaptarse continuamente a fin de reorientar las futuras trayectorias dependientes de una dirección en la ciudad, hacia la visión de un futuro sostenible, que requiere de la competencia de anticipación.

Es fundamental la colaboración entre un conjunto de actores urbanos, entre científicos, responsables políticos, administradores, planificadores, y los ciudadanos para la comprensión de la complejidad del sistema, explorando alternativas futuras, elaborando visiones de sostenibilidad y desarrollando sólidas estrategias de manera que sean científicamente creíbles, crear una

propiedad compartida y que sea conducida por la acción, todo lo cual requiere de una fuerte competencia interpersonal.

La figura 2 muestra cómo las competencias clave en la sostenibilidad están vinculadas al marco integrado de investigación y solución de problemas.

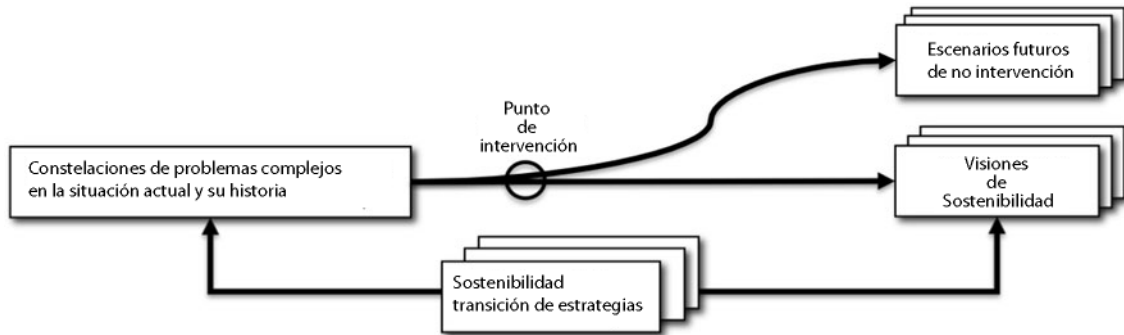


Figura 1: El marco de referencia de la investigación de la sostenibilidad integrada y la solución de problemas. El marco de referencia es estructurado en cuatro módulos: Analizar la constelación(s) del problema actual; crear una visión ("problema resuelto"); explorando escenarios futuros menos deseables que puedan convertirse en realidad sin intervenciones dirigidas a la sostenibilidad; desarrollando y probando estrategias de transición desde estado actual hasta el estado sostenible sin que se desvíe hacia caminos indeseables (puntos de intervención crítica) (adaptada por Wiek 2010)

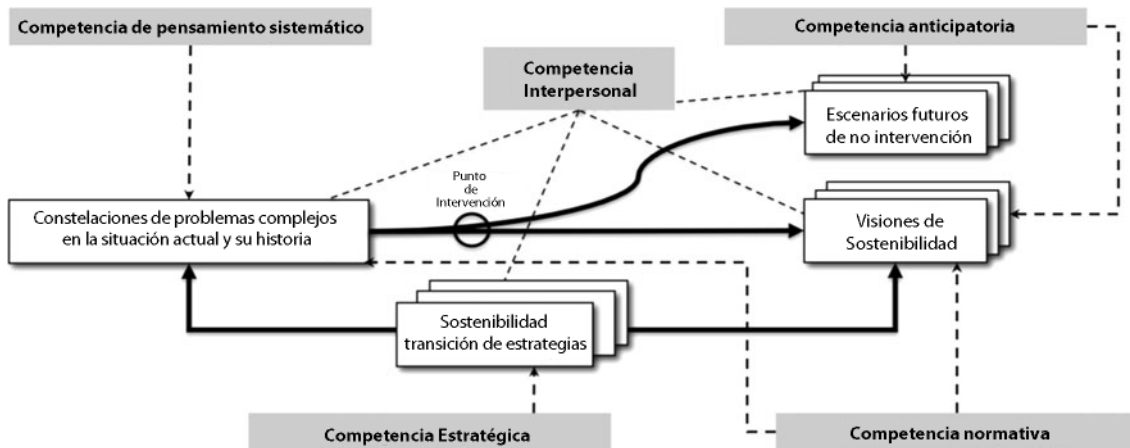


Fig.2 Las cinco competencias clave de (sombreado en gris) están vinculados al marco de referencia de investigación sobre la resolución de problemas (ver fig. 1). Las flechas punteadas indican la importancia de las competencias individuales por uno o más componentes del marco de investigación y la resolución de problemas (por ejemplo, la competencia normativa es relevante para la evaluación de la situación actual así como para la elaboración de las visiones de la sostenibilidad)

## Métodos

La revisión de la literatura se basa en los datos de artículos de revistas revisadas entre colegas, literatura gris (informes, artículos blancos), sitios universitarios web y programas de estudio. Sin embargo, muchos sitios web y publicaciones de planes de estudio de Universidad estaban en gran medida en construcción o no del todo accesibles cuando este estudio se llevó a cabo. Además, encontramos que la literatura gris coincide de manera significativa con la literatura revisada entre colegas (cf. Thomas 2006; Svanstro et al.2008) y por lo tanto, en este artículo se hace referencia principalmente a los artículos de revista revisadas por pares y a los libros. También se incluyen las fuentes que no identifican competencias específicas, sin embargo, se



aborda la cuestión desde una perspectiva general (por ejemplo, Grunwald 2007). La búsqueda bibliográfica se realizó en Google Académico (para artículos académicos y libros) y Google (para literatura gris y los documentos de universidad) con las siguientes palabras clave: "Desarrollo sostenible" y "mayores competencias de Educación" O "competencias clave", O "Objetivos de Aprendizaje", "O" "Resultados del aprendizaje. "La búsqueda bibliográfica identificó 43 documentos con un enfoque significativo en competencias en materia de, es decir, 28 artículos en revistas y libros, así como 15 informes y notas técnicas. La clave de los artículos de revistas analizadas son: Crofton 2000; Cusick 2008; de Haan 2006 (cf. Barth et al 2007; van Dam-Mieras et al. 2008); Grunwald 2004, 2007; Jucker 2002; Kearins y Springett 2003, Kelly 2006; Kevany 2007, Ospina 2000; Rowe 2007; Segalas et al. 2009; Shephard 2007; Sipos et al. 2008; Steiner y Posch 2006; Sterling de 1996; Sterling y Thomas 2006; Svanstrom et al. 2008; Wals y Jickling 2002; Warburton 2003, Gales y Murray, 2003. En la revisión de la literatura, primero elaboramos una lista, de cada documento, escribiendo la competencia en la forma que estaba titulada, su definición y justificación (si estaba disponible) y la forma como estaba vinculada con otras competencias, categorización o marco de referencia, si estaba disponible). Subsecuentemente se depuró la compilación mediante la exclusión de elementos que no cumplen con la definición de las competencias (Por ejemplo, «divertirse»), las competencias que no cumplen con la definición de una competencia clave, tales como el pensamiento crítico y las habilidades básicas de comunicación y las competencias que aparecieron sólo una vez (de no convergencia).

A continuación, la compilación de competencias se agruparon de acuerdo a las similitudes conceptuales (de todas las fuentes) y guiado por un marco integrado de competencias clave para la investigación y resolución de problemas de la sostenibilidad (ver próxima sección).

Por último, se sintetiza y complementa las competencias categorizados en párrafos cortos, incluida la definición, la justificación y los ejemplos. La justificación se apoyó por literatura adicional sobre principios de sostenibilidad y conceptos básicos (por ejemplo, Gibson 2006). A lo largo del análisis, nos aseguramos de la confiabilidad entre los evaluadores mediante una conducción independiente de cada etapa, en parte, por dos evaluadores diferentes. Sin embargo, el análisis de los datos de la literatura no fue en forma mecánica, sino más bien fue un proceso interpretativo, guiado por razonamiento conceptual y basado en el intercambio continuo con los colegas involucrados en los programas de alrededor del mundo (Wiek et al. 2011).

## Resultados

### Compilación de competencias

La recopilación inicial indica un cuadro rico de las principales competencias en materia de sostenibilidad, sin embargo, la convergencia es obstruida por diferente terminología en la mayoría de las contribuciones y por la variedad de los marcos que no están relacionadas con un concepto común básico (Tabla 1).

Fuente	Competencia siendo competente en	Categorización/Marco de referencia
Crofton (2000)	<ul style="list-style-type: none"><li>El pensamiento previsor extendido a las generaciones futuras</li><li>Identificación de conexiones entre escalas múltiples, pensamiento holístico</li><li>Entendiendo la diversidad de valores y sus implicaciones</li><li>Habilidades de comunicación y colaboración</li></ul>	Sostenibilidad obligaciones de los ingenieros profesionales
de Haan (2006) (Cf. Barth et al 2007;.	<ul style="list-style-type: none"><li>Pensamiento de previsión</li></ul>	"Gestaltungskompetenz"

<b>Tabla 1: Compilación de competencias en sostenibilidad desde una seleccionada literatura de revisión por pares</b>		
Van Dam-Mieras et al. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El trabajo interdisciplinario</li> <li>• Trans-entendimiento y cooperación</li> <li>• Participación</li> <li>• La planificación y ejecución</li> <li>• La empatía, la compasión y la solidaridad</li> <li>• La auto-motivación y motivación a otros</li> <li>• Reflexión sobre los modelos individuales y culturales</li> </ul>	
Kearins and Springett (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexividad</li> <li>• Crítica</li> <li>• La acción social / participación</li> </ul>	Teoría Crítica
Kelly (2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La conciencia global</li> <li>• Consideración de los cambios de las actuales formas de vida</li> <li>• Pensamiento trans-generacional</li> <li>• Generosidad, apertura y compromiso serio</li> <li>• Valor</li> </ul>	"Globo sapiens"
Rowe (2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades de agente de cambio</li> <li>• Capacidad para resolver problemas</li> </ul>	Solución de problemas
Sipos et al. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trans-disciplinariedad</li> <li>• Pensamiento sistémico</li> <li>• Resolución de conflictos</li> <li>• Colaboración</li> <li>• Empoderamiento</li> <li>• Creatividad</li> <li>• La inclusión</li> </ul>	Cabeza, manos y corazón
Sterling and Thomas (2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valoración de la diversidad, el medio ambiente, los valores de justicia, conocimiento habilidades</li> <li>• El conocimiento de interconexión ecológica, la comprensión social, los sistemas económicos</li> <li>• Conocimiento de los principios del desarrollo sostenible</li> <li>• Pensamiento holístico o sistémico y el análisis</li> <li>• El conocimiento de los temas de y los problemas</li> <li>• El trabajo interdisciplinario</li> <li>• Medidas de cooperación y resolución de conflictos</li> <li>• Frente a la incertidumbre</li> <li>• Tomar medidas para lograr el cambio</li> </ul>	Valores, conocimiento, habilidades, entendimiento
ACPA.org ( <a href="http://www2.myacpa.org/">http://www2.myacpa.org/</a> , cf. Svanstrom et al. 2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediación de conflictos y la resolución</li> <li>• El análisis de las estructuras de poder de la desigualdad</li> <li>• Reconocer las implicaciones globales de las acciones</li> <li>• Los límites que abarca</li> <li>• Desafiando el status quo</li> <li>• Resolver los problemas de la colaboración, la creación de redes, desarrollo de alianzas, la creación de equipos</li> <li>• Ver el panorama general, la comprensión de la necesidad de un cambio sistémico</li> <li>• Ser un líder y un seguidor</li> <li>• Creación de escenarios</li> <li>• Ver los caminos para el cambio y dar seguimiento</li> <li>• Entender el funcionamiento y la interconexión de los sistemas</li> <li>• Integridad</li> <li>• Valor</li> </ul>	Agente de cambio

### Competencias de para la investigación y solución de problemas sintetizadas.

Como se sugirió anteriormente, el objetivo de los programas de academia es permitir a los estudiantes, planificar, conducir y participar en la investigación de la sostenibilidad y la resolución

de problemas basada en el interacción entre competencias de los sistemas de pensamiento, de anticipación, normativas, estratégicas e interpersonales. De acuerdo con este marco, nosotros hemos caracterizado a cada una de las competencias en perfiles cortos basados en la revisión de la literatura y argumentos complementarios. Los perfiles proporcionan para cada competencias: definición y justificación; conceptos representativos, metodologías, revisión por pares "clásicos", así como enlaces a otras competencias, los términos similares de la literatura, y un pequeño conjunto de extractos de la revisión de la literatura (véase el apéndice). Algunos ejemplos de los "clásicos" se utilizan para ilustrar el tipo de trabajo al que los estudiantes deben estar familiarizados para el dominio de cada competencia, pero no están destinados a ser una lista completa de los conocimientos de fondo de los estudiantes. Los extractos se proporcionan para transmitir el sentido de la terminología y el enmarcado de las competencias en las distintas líneas de literatura educativa que informó a esta revisión.

### *Competencia de pensamiento sistémico*

**Definición:** Competencia de pensamiento sistémico es la capacidad de analizar colectivamente los sistemas complejos a través de diferentes ámbitos (sociedad, medio ambiente, economía, etc.) y a través de diferentes escalas (local a lo global), como resultado de un efecto en cascada, de la inercia, los círculos de retroalimentación sistémica y otros características relacionadas con los temas de y resolución de problemas de sostenibilidad. El término "sistema complejo" ha sido utilizado (junto con "sistemas conjunto humano y del medio ambiente" o "sistemas socio-ecológicos") como un concepto abierto para incluir datos cualitativos, cuantitativos, narraciones, amplias descripciones, etc. La capacidad de analizar sistemas complejos incluye la comprensión, la verificación empírica y la articulación de su estructura, componentes clave, y la dinámica. La capacidad de analizar se basa en la adquisición del conocimiento sistémico que incluye conceptos tales como la estructura, función, relaciones causa-efecto, también las percepciones, motivaciones, decisiones y reglamentos; revisión por pares "clásicos" tales como el Informe de Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA 2005); así como los métodos y metodologías como el modelado cualitativo y cuantitativo. En general, estas habilidades están diseñados específicamente para abordar las cuestiones clave de la sostenibilidad, incluyendo la integridad de sistemas, la civilidad, y gobernanza (véase el cuadro 3 del Apéndice).

**Justificación:** El concepto de sostenibilidad requiere de un sistema integral de adecuada comprensión de la complejidad de los sistemas acoplados, la búsqueda de sistemas de integridad a través de escalas de dominios principales, temporales y espaciales; la comprensión de los efectos nocivos en cascada y la dinámica; y de la transformación de las acciones individuales y regímenes de gobierno (Gibson 2006, Clayton y Radcliffe 1996; Kates et al.2001).

<b>Conceptos, metodologías, y revisión por pares "clásicos" de la Competencia de Pensamiento Sistémico</b>		
<b>Conceptos</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Revisión por pares "clásicos"</b>
Variables / indicadores, los subsistemas, estructuras, funciones	Modelado Cualitativo y cuantitativo	Análisis prominentes comprensivos de sistemas socio-ecológicos (por ejemplo, Ecosistemas del Milenio Informe de evaluación: MEA 2005, Turner et al. 2003, Ostrom 2009); sistemas socio-técnicos (Perrow, 1984; Collingridge 1980; Geels 2005)
Los circuitos de retroalimentación, las cadenas complejas causa-efecto, efectos en cascada, inercia, puntos de inflexión, legado, la resistencia, la adaptación, la	Decisión Institucional, gobernabilidad, Análisis de sistemas sociales	Modelos destacados (por ejemplo, World 3: Meadows et al. 1974)



estructuración, etc.		
A través de escalas / múltiples: local a lo global	Multi-metodologías ("De amplia descripción)	
A través de / varios / dominios o ámbitos acoplados: la sociedad, medio ambiente, economía, tecnología, etc.	Enfoques de los sistemas participativos (por ejemplo, modelado participativo)	
Las personas y los sistemas sociales: valores, preferencias, necesidades, percepciones, (Colectivo) de las acciones, decisiones, el poder, las tácticas, la política, las leyes, instituciones, etc.		

*Relación con otras competencias:* La competencia de pensamiento sistémico es de vital importancia para la construcción de estrategias de transición hacia una comprensión íntima del tejido interno y la dinámica de los complejos sistemas socio-ecológicos, un requisito previo para identificar puntos de intervención, anticipando trayectorias futuras y puesta en escena de los procesos de transición.

*Términos similares en la literatura:* pensamiento sistémico, interconectados, el pensamiento holístico (véase el cuadro 3 en el Apéndice).

### *Competencia de anticipación*

*Definición.* Competencia de anticipación es la habilidad de analizar, evaluar, y desarrollar "imágenes" del futuro relacionado con asuntos de sostenibilidad y marcos de referencia de solución de problemas sobre el futuro relacionado con asuntos de sostenibilidad y del marco de referencia de solución de problemas de sostenibilidad. El término "imágenes" ha sido utilizado (similar "historias" o "imagen") como un proceso abierto para incluir información cualitativa y cuantitativa, relatos, imágenes, etc. La capacidad de analizar imágenes del futuro incluye ser capaz de comprender y articular su estructura, los componentes clave y dinámica, la capacidad de evaluar se refiere a las habilidades comparativas que se relacionan con el "estado del arte" y por último, la capacidad de crear integralmente habilidades creativas y constructivas. La capacidades para analizar, evaluar, y crear se basan en el conocimiento orientado hacia el futuro adquirido, que incluyen conceptos tales como el tiempo y la incertidumbre; emisión de escenarios de IPCC revisados por pares "clásicos" ; así como los métodos y metodologías como la simulación y análisis de escenarios. En general, estas habilidades se adaptan para direccionar cuestiones clave la sostenibilidad, incluyendo no intencionadas consecuencias perjudiciales y la equidad intergeneracional. (ver Tabla 4 en la Apéndice).

*Justificación:* El concepto de sostenibilidad requiere de una futura orientación a largo plazo y visualizar, ("mantener, soportar, nutrir"; las necesidades de futuras generaciones"), la anticipación y prevención de consecuencias perjudiciales no intencionadas y la imperativa equidad intergeneracional ("generaciones futuras") (Gibson, 2006).

<b>Conceptos, metodologías, y revisión por pares "clásicos" para la Competencia de Anticipación</b>		
<b>Conceptos</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Revisión por pares "clásicos"</b>
Los conceptos de tiempo incluyendo fases temporales (pasado, presente, futuro), las condiciones (a corto, de largo), los estados, la continuidad (Dinámica, caminos), la no	Metodología de escenarios Previsión (pronóstico) de modelos de simulación y estadísticas	Escenarios y predicciones destacados (por ejemplo, Informe Especial del IPCC sobre emisión de escenarios: Nakicenovic et al. 2000)

linealidad		
Concepto de incertidumbre y el estado epistémico incluida la posibilidad, probabilidad, y la conveniencia de la evolución futura (Predicciones, los escenarios, visiones)	Retrospectiva y métodos de previsión	Visiones y "Retrospectivas" prominentes (por ejemplo, 'La Gran Transición': Raskin et al. 2002)
Conceptos de la inercia, la trayectoria dependencia, no-intervenciones	Multi-metodologías	
Conceptos de consistencia y la verosimilitud de desarrollos futuros	Enfoques de Participación y anticipación (por ejemplo, Delphi, el futuro Taller)	
Conceptos de riesgo, inter-generacional equidad, precaución		

*Relación con otras competencias.* La competencia anticipada es importante en relación con las evaluaciones de trayectorias futuras (cf. evaluación anticipada: Grunwald 2007), para la creación de estrategias de transición (cf. "retrospección": Swart et al. 2004), así como en conjunto con las pruebas y continua adaptación de las estrategias de transición con el fin de reorientar la trayectoria futura hacia las visiones de un futuro sostenible (cf. "gobierno anticipado": Guston 2008).

*Términos similares de la literatura:* pensamiento anticipado, pensar en el futuro, pensamiento previsor, pensamiento trans-generacional el pensamiento (ver tabla 4 del apéndice).

#### *Competencia normativa*

*Definición* La competencia normativa es la habilidad de visualizar, especificar, aplicar, conciliar y negociar valores de la sostenibilidad, principios, metas y objetivos colectivamente. Esta capacidad permite, en primer lugar, evaluar colectivamente la (des) de los estados actuales y / o futuro de los sistemas socio-ecológicos y en segundo lugar, crear colectivamente visiones de para estos sistemas. Esta capacidad está basada en el conocimiento normativo adquirido, incluyendo los conceptos de la justicia, la equidad, la integridad socio-ecológicos y la ética (por ejemplo, saber cuáles prácticas pueden ser transformadas o descartadas y cuáles se debe mantener para mantener la viabilidad de los sistemas de soporte de la vida); revisión de pares 'clásicos' tales como el Informe Brundtland (Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo 1987), así como los métodos y metodologías, tales como evaluación de multi-criterio y visión estructurada. En general, estas habilidades se adaptan a abordar las cuestiones clave de la socio-ecológica como integridad de los sistemas, y la equidad intra- e inter- generacional (véase el cuadro 5 del apéndice).

*Justificación:* Abordar los problemas y oportunidades de sostenibilidad requieren ir más allá de preguntas descriptivas sobre como la complejidad de sistemas socio-ecológicos se han desarrollado, como están actualmente en funcionamiento, y cómo se podrían desarrollar aún más. El concepto de la sostenibilidad está inevitablemente, cargada de valores y normativa, ya que aborda la cuestión de cómo los sistemas socio-ecológicos deben ser desarrollados, de tal manera que balanceen e incluso enriquezcan las actividades socioeconómicas y capacidades del medio ambiente (Swart et al 2004; Rockstro 2009). Esta búsqueda se enfrenta a problemas críticos de la disidencia y las relaciones desequilibradas de poder que ponen en peligro los principios de la integridad de sistemas socio-ecológicos, intra-e inter- generacional equidad y la gobernabilidad democrática (Gibson 2006).

Conceptos, metodologías y normativas revisión por pares "clásicos" para la Competencia Normativa		
Conceptos	Metodologías	Revisión por pares "clásicos"
(Un-) Sostenibilidad del estado actual o futuro	Métodos de evaluación de Multi-criterios (componente normativo de los métodos de evaluación, incluyendo ciclo de vida Evaluación, Multi- Atributo de utilidad La teoría, etc.)	Puntos de inflexión prominentes (cargado de valores) de sistemas socio-ecológicos (cf. Rockstrom et al. 2009)
Sostenibilidad principios, objetivos, metas, los umbrales (Puntos de inflexión)	Análisis de riesgos	Juegos destacados de los principios de sostenibilidad (Cf. informe Brundtland: WCED 1987; Gibson, 2006).
Conceptos de justicia, la equidad, la responsabilidad, la seguridad, la felicidad, etc.	La sostenibilidad eficiencia y análisis	
Concepto de riesgo, daño, perjuicio	Métodos Preventivos <sup>3</sup> (Por ejemplo, retrospectiva)	
Concepto de refuerzo de las ganancias ("Ganar-ganar") y compensaciones	Los métodos participativos (Por ejemplo, la negociación métodos, el consenso de la conferencia)	
Los conceptos éticos		

*Enlace con otras competencias* La competencia normativa es importante por la dirección constructiva y de orientación sobre el cambio deliberado. Estrategias de transición hacia la sostenibilidad se basan en la identificación de los estados no deseados y la dinámica, así como previendo los deseables.

*Términos similares de la literatura:* de valor centrado en el pensamiento, orientación de pensamiento / conocimiento, el pensamiento ético (véase la tabla 5 en el Apéndice).

### *Competencia estratégica*

*Definición:* Competencia estratégica es la capacidad para diseñar e implementar las intervenciones, las transiciones y estrategias de transformación de gobierno hacia la sostenibilidad en forma colectiva. Esta capacidad requiere una comprensión íntima de conceptos estratégicos tales como la intencionalidad, la inercia sistémica, dependencias de rumbo, las barreras, las alianzas, etc., el conocimiento sobre la viabilidad, la factibilidad, la eficacia, la eficiencia, la eficiencia de intervenciones sistémicos, así como el potencial de no intencionadas consecuencias; revisión por pares "clásicos" como Lester and Brown's Plan "B", 3,0 (Brown 2008); así como los métodos y las metodologías de diseño, prueba, implementación, evaluar y adaptar las políticas, programas y acciones, planes, envolviendo diferentes actores de la sociedad, facilitando diferentes perspectivas, y el reconocimiento de pruebas concluyentes.

En términos simples, esta competencia es acerca de poder hacer que "las cosas se hagan". Esto implica la familiaridad del mundo real, las situaciones y relaciones, el entendimiento político, posiciones retadoras en el momento adecuado, ser capaz de resolver problemas de logística, usar un lenguaje con el cual los no-académicos se sienten más cómodos, trabajar con los tiempos de entrega que los gobiernos requieran, y así sucesivamente. En general, estas habilidades se adaptan a abordar las cuestiones clave de la sostenibilidad, lo que permite transiciones hacia un futuro sostenible (véase el cuadro 6 del apéndice).

*Justificación:* Los esfuerzos para justificar la sostenibilidad están orientados resolver los problemas, "vinculando el conocimiento con la acción", o en otras palabras co-construyendo el conocimiento y las soluciones prácticas. La complejidad de los problemas de sostenibilidad exigen una sofisticada adecuación de las estrategias de transición hacia la sostenibilidad.(Bammer 2005; Loorbach de 2007; Sarewitz y Kriebel 2010).

<b>Conceptos, metodologías, y revisión por pares "clásicos" de la Competencia Estratégica</b>		
<b>Conceptos</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Revisión por pares "clásicos"</b>
Intencionalidad	Métodos para el diseño gobierno los acuerdos, políticas, las instituciones	Estrategias de transición prominente (por ejemplo, Lester Plan de Brown "B", 3,0: Brown 2008)
Transiciones y transformación	Planificación metodologías	Transformaciones prominentes (por ejemplo, Transiciones socio-técnicas en los Países Bajos: Loorbach 2007)
Estrategias, programas de acción, (sistémico) la intervención, gobierno transformador	Metodologías para apoyar a las decisiones	
Factores de éxito, la viabilidad, credibilidad, eficacia, eficiencia La adaptación y la mitigación	Transición administración metodología	
Obstáculos (resistencia, renuencia, la trayectoria dependencia, hábitos) y las sinergias	Métodos de apoyo al aprendizaje y la reflexividad Administración Organizacional (Cambio)	
Instrumentalización y alianzas	Métodos de apoyo el cambio de comportamiento	
El aprendizaje social		
Los movimientos sociales		

*Enlace con otras competencias:* La competencia estratégica está estrechamente vinculada a las otras tres competencias anteriores para intentar un cambio transformador, para efectuar la transición del estado actual del sistema socio-ecológico (Identificados a través de los sistemas de pensamiento) hacia estados sostenibles y dinámicos (a través de la competencia normativa), teniendo en cuenta las dependencias del camino existente que pudiera conducir a indeseables estados futuros (a través de anticipación competencia).

Los métodos de previsión son un buen ejemplo de los métodos que requieren que otras dos o más competencias sean empleadas de manera efectiva. En este caso, visualizar requiere a la competencia de anticipación, ya que las visiones están orientadas hacia el futuro y a la competencia normativa ya que se enfoca en un estado futuro deseable.

*Términos similares de la literatura:* competencia orientada a la acción, competencia de transformación, habilidades de implementación (Ver tabla 6 del apéndice).

### *Competencia interpersonal*

*Definición:* La competencia interpersonal es la capacidad de motivar, activar y facilitar la colaboración y participación en investigación sobre la sostenibilidad y la resolución de problemas. Esta capacidad incluye avanzadas habilidades den comunicación (Crofton, 2000; Byrne 2000), deliberación y negociación (Sipos et al 2008). Colaboración (de Haan 2006; and Thomas 2006), liderazgo (Ospina, 2000; Kevany 2007), pensamiento plural y trans-cultural (de Haan 2006, Kelly 2006; McKeown y 2003 Hopkins; van Dam-Mieras et al. 2008), y la empatía (de Haan 2006; and Thomas 2006). Todas estas habilidades son especialmente importantes para una colaboración exitosa de los interesados y una necesidad para la mayoría de los métodos

asignados a las competencias anteriores. La capacidad para comprender, aceptar y facilitar la diversidad a través de culturas, grupos sociales, comunidades e individuos es reconocida como un componente clave de esta competencia (véase la tabla 7 del apéndice).

*Justificación:* Los retos de sostenibilidad son causados por múltiples actores con experiencias específicas, recursos, perspectivas y preferencias. Resolver los problemas de la sostenibilidad y la generación de oportunidades de la sostenibilidad requiere fuertes colaboraciones de grupos de interés, así como de las negociaciones entre científicos de diversas disciplinas (interdisciplinariedad), políticos, empresarios, artistas, agricultores, empresas y líderes de la comunidad, y muchos más. Una competencia crítica para hacer frente a estos desafíos es la competencia interpersonal es decir, la capacidad para comprender, comparar, y valorar críticamente las diferentes posiciones, perspectivas y preferencias (pluralismo epistemológico).

<b>Conceptos, metodologías e interpersonales revisión entre pares "clásicos" para la Competencia Interpersonal</b>		
<b>Conceptos</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Revisión por pares "clásicos"</b>
Funciones, tipos y dinámica de la colaboración (dentro de y más allá de la academia; la interdisciplinariedad, transdisciplinariedad)	Los métodos participativos, incluyendo negociación, la mediación, deliberación metodología constructiva de los conflictos	Enfoques de participación de juegos destacados (por ejemplo, Rowe Frewer y 2005)
Fortalezas, debilidades, el éxito y el fracaso en equipos	Métodos del en equipo	Configuraciones colaborativas destacadas (por ejemplo, modelos De las Naciones Unidas: McIntosh 2001)
Conceptos de liderazgo Límites de la cooperación y empatía		
Conceptos de solidaridad y el etnocentrismo		

*Relación con otras competencias:* La competencia interpersonal está estrechamente vinculada a todas las otras competencias, ya que todas se basan en enfoques de colaboración para crear propiedad de los (Intermedio) resultados, para apalancar la implementación y construir la capacidad conjunta para hacer frente a desafíos de complejos.

*Términos similares de la literatura:* Colaborativa, participativa, interdisciplinarias, competencia cívica (véase el cuadro 7 Apéndice).

## **Discusión**

Con su establecimiento "oficial" en 2001 (Kates et al. 2001), el campo académico que aborda el mundo real y los desafíos de la sostenibilidad, se encuentra todavía en su primera década. Durante estos años, muchos estudiosos de todo el mundo han participado en un debate enriquecedor sobre las competencias clave que los estudiantes deben adquirir y que distinguen al campo de la sostenibilidad de otros campos académicos.

El presente estudio ha identificado la literatura pertinente sobre las competencias clave para la sostenibilidad y a partir de las contribuciones revisadas por pares, las ha sintetizado en un marco coherente de investigación de la sostenibilidad y la competencia de solución de problemas (tabla 2). Sin embargo, hay varias deficiencias críticas y problemas que deben abordarse con el fin de mover el campo hacia adelante y darse cuenta de su prometedor potencial. En esta sección, vamos a revisar y discutir los siguientes aspectos: la relación entre las competencias clave en

sostenibilidad y las competencias académicas, “regulares”; la necesidad de pruebas, profundidad y rigor en la elaboración de las competencias clave; los aspectos ideológicos de las competencias clave en la sostenibilidad (el conflicto percibido entre incluir valores en actividades científicas y académicas y mantener el rigor académico), la integración de las competencias dentro de una investigación global sobre sostenibilidad global y la competencia de resolución de problemas; por último, los requisitos y desafíos para que los estudiantes adquieran todo el conjunto de competencias clave en sostenibilidad.

Hemos discutido que es esencial para el campo de emergente, definir colectivamente un conjunto de competencias clave de la sostenibilidad que sirvan como un marco de referencia comúnmente compartido. Estas competencias clave representan un perfil de calificación distinta y reconocible para proyectos de investigación y enseñanza, escuelas académicas, graduados, profesiones y puestos de trabajo en el campo de la sostenibilidad. Sin embargo, no hay ninguna duda sobre la necesidad de construir estas competencias distintivas en conjunto con las competencias básicas “regulares” transmitidas en la educación académica (Brundiers y Wiek 2011).

Las capacidades básicas en el pensamiento crítico, la comunicación, el pensamiento pluralista, investigación, gestión de datos, etc. deben ser transmitidas en todas las cualidades de programas académicos y así servir como fundamento de la educación de sostenibilidad académica. Además, un mapa conceptual con las capas de las competencias (Fig. 3) reconoce la función especial de la competencia interpersonal en la sostenibilidad ya que atraviesa las otras cuatro competencias clave (la competencia de pensamiento sistémico, la competencia de anticipación, competencia normativa, y la competencia estratégica). Por ejemplo, los métodos de participación tales como la construcción de escenarios combinan la competencia interpersonal con competencias preventivas para crear escenarios futuros basados en una variedad de experiencias (al Swart et al. 2004).

Pasando de esta revisión general a la sustancia de las competencias clave de la sostenibilidad, el análisis llama la atención sobre la falta de evidencia empírica, profundidad y el rigor en el discurso sobre las competencias clave. En primer lugar, la literatura revisada no proporciona suficiente evidencia empírica para afirmar que estas competencias permiten el éxito en el mundo real, la investigación sobre la sostenibilidad y la resolución de problemas. La literatura no demuestra que los egresados están suficiente habilitados para abordar los problemas de sostenibilidad.

En segundo lugar la literatura no es suficientemente práctica con las competencias clave pues no proporciona un listado de resultados específicos de aprendizaje y un desarrollo de esquemas de evaluación. En tercer lugar, la literatura no elabora rigurosamente detalles sobre todos los componentes críticos, como, los componentes metodológicos de las competencias clave, entre otros. Además, la literatura sigue estando dominada por las “listas sin sentido” (“listas de lavandería”) de las competencias en lugar de conjuntos integrados conceptuales de competencias entrelazadas entre sí. Por último, nosotros reconocimos la falta de justificación teórica de las competencias propuestas para la sostenibilidad. Proveyendo tal justificando se va a requerir que se detalle la teoría de la sostenibilidad adoptada seleccionando y definiendo competencias clave. Algunos perspectivas relativamente detalladas, por ejemplo, en la competencia de pensamiento sistémico (e.g., Sterman 2002) o en la competencia de anticipación (Majoret al. 2001), proporcionan material de apoyo. Sin embargo, no se puede sustituir por específica, nosotros necesitamos adoptar cuando se definan y elaboren competencias de sostenibilidad (Porter y Co'rdoba 2009; Withycombe y Wiek 2010).



Explicar porqué se deberían usar las competencias sugeridas basadas en la evidencia empírica es el paso más crítico en la evolución del campo. Esto podría ser más difícil de lo que parece. No sería suficiente simplemente vincular las competencias clave a los actuales puestos de trabajo y profesiones “verdes” (Cf. Willard et al. 2010), que es una práctica común en la promoción de programas de sostenibilidad. Hacer frente a los complejos problemas de nuestras sociedades requiere de una transformación del mercado de trabajo, nuevos negocios, modelos, nuevas profesiones y el cambio social en general. Pero, ninguna de estas transformaciones han surgido por completo, ya que nuestras sociedades y economías siguen funcionando sin reconocer plenamente los desafíos de la sostenibilidad que se han enfrentado a lo largo de los años. Mantener el estatus quo, conducirá inevitablemente a una situación polémica en la cual los graduados de sostenibilidad, tienen las habilidades adecuadas para abordar los complejos problemas de sostenibilidad, pero las sociedades y las economías aún no están preparadas para absorberlos. Paradójicamente, la transición social en todas las corrientes de nuestras sociedades es soportada por los graduados de sostenibilidad, pero al mismo tiempo, el proceso de transición en curso es una condición para su éxito.

Al tratar con la parte sustantiva de competencias de sostenibilidad, uno quizás pregunte la legitimidad del contenido asignado a las competencias normativas. ¿Dónde y cuándo cambia la instrucción en una competencia normativa a la promoción de una ideología? Svanström et al. (2008) sugiere, *"para ser un agente de éxito del cambio de la sostenibilidad, un individuo debe tener [...] un sistema de valor y auto-concepto para apoyar y ceñir las acciones de un agente (motivación)"*. ¿Se enseñan valores específicos, en un programa académico de la sostenibilidad y este hecho se hace explícito? La literatura presenta puntos de vista divergentes y están presentes en sostenibilidad. Como se ha indicado arriba, algunos autores argumentan que el carácter normativo de la sostenibilidad requiere la adquisición de ciertos valores (integridad social-ecológico, la justicia, etc.). Otros discuten que los graduados de sostenibilidad deben conocer conceptos de valor diferentes, pero su papel es de facilitar el diálogo antes ponerse ellos mismos en debates pesados sobre valores.

Nuestro análisis acentúa la competencia individual de sostenibilidad al posicionarla dentro de un marco de referencia de investigación de sostenibilidad y resolución de problemas de sostenibilidad. Sin embargo, la competencia que se enmarca en la investigación de la sostenibilidad y la resolución de problemas es más que la suma de sus partes. Implica no sólo la maestría de las competencias individuales sino también la capacidad de combinar estas competencias en una manera significativa y efectiva. Analizar y resolver que problemas de sostenibilidad requiere ligar y activar todas las competencias individuales y no hay una sola manera de hacerlo sino múltiples maneras (Wiek 2010). El campo de la sostenibilidad está todavía en su etapa inicial para definir marcos de referencia de investigación de sostenibilidad y resolución de problemas; comprendiendo sus fuerzas, sus debilidades y sinergias; y el desarrollo de situaciones educativas para construir el enmarcado de la competencia de la investigación de la sostenibilidad y la resolución de problemas, desde una perspectiva integradora. Tal como planteado por Clark y Dickson (2003), el campo de la sostenibilidad está en flujo. Es una arena creativa en donde nuevas y viejas ideas y enfoques pueden ser examinados y refinados. Porque el campo es un problema motivante, la sostenibilidad continuará siendo dinámica y mientras que el campo y los problemas están evolucionando, nuestra comprensión de qué clase de competencias son requeridas, evolucionará también. Este artículo presenta un resumen y del estado actual del conocimiento que será revisado y ajustado de acuerdo a como el campo madure sobre los años venideros.

Tabla 2 Descripción de los conceptos básicos y los métodos / metodologías, así como las fuentes de ejemplares de las cinco competencias clave en la			
Competencia	Conceptos	Métodos de la competencia	Fuentes
Pensamiento sistémico	Variables / indicadores, sub-sistemas, estructuras, funciones Los circuitos de retroalimentación, complejas cadenas causa-efecto, efectos en cascada, la inercia, puntos de inflexión, el legado, capacidad de recuperación, adaptación, estructuración A través de / múltiples escalas: metodología de descripción local a lo global de espesor) A través de / varios / ámbitos asociados: sociedad, medio ambiente, economía, tecnología Las personas y los sistemas sociales: los valores, preferencias, necesidades, percepciones, (colectiva) acciones, decisiones, el poder, tácticas, la política, las instituciones	Modelado cualitativo y cuantitativo Decisión institucional, gobernabilidad, análisis de sistemas sociales Sistemas de multi-metodologías (por ejemplo, metodología de descripción gruesa) Los enfoques de sistemas participativos, incluyendo el modelado de participación	Porter and Cordoba 2009; Crofton, 2000; de ley 1996
Competencia anticipatoria	Conceptos de tiempo, incluyendo las fases temporales (pasado, presente, futuro), términos (corto, largo), los estados, continuidad (dinámica, caminos), la no linealidad Concepto de incertidumbre y el estado epistémico incluyendo posibilidad, probabilidad, la conveniencia de futuro desarrollo (las predicciones, los escenarios, visiones), Conceptos de la inercia, la dependencia del camino, no intervenciones Conceptos de consistencia y verosimilitud de futuros desarrollos Conceptos de riesgo, la equidad intergeneracional, la precaución	Metodologías de escenarios Pronósticos de modelos estadísticos y de simulación Anticipación y los métodos de previsión Multi-metodologías anticipatorias Enfoques participativos de anticipación incluyendo Delphi y el futuro taller	Major et al. 2001; Withycombe y Wiek 2010, de Haan, 2006; Grunwald 2007
Competencia Normativa	Un-) sostenibilidad de los estados actuales o futuros Los principios de sostenibilidad, objetivos, metas, los umbrales de Grunwald 2004 (Puntos de inflexión) Conceptos de justicia, equidad, responsabilidad, seguridad, la felicidad, etc. Concepto de riesgo, daños, perjuicios Concepto de ganancias de refuerzo (ganar-ganar",") y Compensaciones Conceptos éticos	Métodos de evaluación de multi-criterios (Incluyendo la evaluación del ciclo de vida, Multi-atributos teoría de la utilidad etc.) Análisis de riesgos Análisis de la eficiencia de sostenibilidad Métodos visionarios (ex. retrospectiva) Métodos normativos participativos incluyendo métodos de negociación y conferencia de consenso	Gibson 2006; 1996; Grunwald 2004
Competencia estratégica	Intencionalidad Las transiciones y la transformación Estrategias, los programas de acción, (sistémica) de intervención, transformador de gobierno Factores de éxito, la viabilidad, factibilidad, eficacia, eficiencia Adaptación y mitigación Obstáculos (resistencia, renuencia, la dependencia del camino, costumbres) y las sinergias Organización (el cambio) de gestión Instrumentalización y alianzas	Métodos para en el diseño de gobierno, acuerdos, políticas, instituciones Metodologías de planeación Metodologías de soporte a la decisión Metodología de administración de la transición Métodos para apoyar la administración organizacional del cambio de comportamiento Métodos para apoyar el aprendizaje y la reflexividad	Bammer 2005, de Haan, 2006; Grunwald 2007
Competencia interpersonal	Funciones, tipos y dinámica de la colaboración (Dentro y fuera de la academia) Fortalezas, debilidades, el éxito y el fracaso en los equipos Conceptos de liderazgo Límites de la cooperación y la empatía Conceptos de solidaridad y el etnocentrismo	Métodos participativos, incluyendo, negociación, mediación deliberación, metodología de conflicto constructivo Métodos para el trabajo en equipo	Crofton, 2000; Kearins y Springett 2003, de Haan



Fig. 3 El conjunto de niveles de competencias en la educación sostenible académica, enlazan las competencias básicas y las competencias clave en sostenibilidad, y reconocen a las competencias interpersonales como una competencia de interface en sostenibilidad.

Los estudiantes quizás estén agobiados por la llamada a la adquisición de todas estas competencias: cuatro competencias clave individuales de la sostenibilidad, la quinta competencia clave (interpersonal) que atraviesa transversalmente a las competencias básicas o académicas "regulares" y el marco de la investigación de la y competencia de solución de problemas. ¿El estudiante debe adquirir todas las competencias? Como en cualquier otro campo, es conveniente hacer un equilibrio entre especialización y generalización.

Teniendo en cuenta tiempo y capacidad limitados, parece razonable que los estudiantes adquirirían pericia exhaustiva en alguna de las competencias clave y una base sólida en las otras. El nivel suficiente de rigor también depende del nivel del programa académico. Los estudiantes de licenciatura, de maestría y doctorales deben cumplir requisitos diferentes. Sin embargo, todavía tomará una cantidad considerable de tiempo el consolidar estos estándares a través de diferentes universidades, programas y comunidades, lo cual es imperativo para establecer el campo de la sostenibilidad en el panorama académico y más allá. Además, es necesario acompañar este proceso de consolidación con discusiones sobre los nuevos formatos de la enseñanza. Alguno podría quizás discutir un fuerte énfasis en la pericia de equipos en los cuales los miembros del equipo se complementen con las competencias de uno y otro. Este concepto ha sido discutido en contextos educativos, por ejemplo como "pericia distribuida" (Salomon 1993) pero todavía es retado por una sobre enfatización de pericias individuales CVs.

## Conclusiones

Este estudio basado en literatura sobre competencias clave de la sostenibilidad, refleja el interés creciente en desarrollar un conjunto convergente de competencias clave que puedan guiar el diseño de programas y cursos en sostenibilidad, guiar la evaluación de enseñanza y aprendizaje y guiar el entrenamiento y contratación de profesores y personal de apoyo. Pero el estudio también revela que hay varias oportunidades para la mejora. Primero, necesitamos una completa justificación teórica del porqué las competencias propuestas son instrumentadas por la investigación de la sostenibilidad y la resolución de problemas. En segundo lugar, nosotros debemos apoyar las competencias propuestas con evidencias empíricas, mostrando que ellas habilitan la investigación de sostenibilidad del mundo real y la resolución de problemas exitosamente.

En tercer lugar, se necesitan los estudios de seguimiento que deletrean los detalles de las competencias propuestas, incluyendo la clase de pericia metodológica que aspiran. Sin

embargo, el presente estudio no está intencionado a poner competencias clave "en la piedra." Todo lo siguiente es necesario para asegurar la educación de alta calidad en la sostenibilidad: la vigilancia continua de desempeños dentro y más allá de los programas; la experimentación con escenarios enseñanza y aprendizaje; reflexión sobre los logros y defectos; y la adaptación de las competencias. Una vez más, la revisión más crítica para la adecuación de las competencias es el grado en que los graduados pueden mejorar la sostenibilidad en el mundo. La adaptación de las competencias es requerida como desafío de la sostenibilidad y nuestra percepción de cómo enfrentarlo conforme cambian con el tiempo.

### Acknowledgments

The authors would like to thank Beth Mercer-Taylor (University of Minnesota), Anne Kapucinski (Dartmouth College), and Kathleen Lambert (Dartmouth College) for helpful comments on our research. We would like to thank Katja Brundiens for helpful comments on earlier versions of this article (Arizona State University) and Robert Kutter (Arizona State University) for editorial support.

Fig. 3 A layered set of competencies in academic sustainability education, linking basic competencies and key competencies in sustainability, as well as recognizing interpersonal competence as cross-cutting key competence in sustainability

### Appendix

Table 3 Excerpts from the literature on systems-thinking competence Clayton and Radcliffe (1996, p 6): "The sustainability of the human species can only be defined, ultimately, at the level of the interaction of the entire complex of human systems and all directly implicated environmental system. To understand sustainability therefore requires some understanding of the behavior of systems in general and of human and environmental systems in particular."

Crofton (2000, p 400): "Identify and account for individual and cumulative social, environmental and economic implications of decision or process based on an understanding of the systemic nature of the world, the interconnectedness of natural and human systems [...] Identify and account for direct and indirect consequences for people and ecosystems based on an understanding of the global nature of the world and how local and regional issues are part of the whole [...] As social, technological, economic, and ecological systems have grown more complex, the demand for technological and organizational expertise has increased. In particular, people with a broad interdisciplinary outlook ('specialists of the general') are being sought out to offer systemic approaches that are capable of dealing with the complexity of the problems and the tasks we face."

(1996, p 23): "Systemic and connective—putting emphasis on relation and pattern (including dynamics and flows, distortions, feedbacks and causation); encouraging a participative systemic awareness and wisdom."

The Cloud Institute (2010): "The extent to which one sees both the whole system and its parts as well as the extent to which an individual can place one's self within the system [...] Students will know and understand the dynamic nature of complex systems and change over time. They will be able to apply the tools and concepts of system dynamics and systems thinking in their present lives."

Table 4 Excerpts from the literature on anticipatory competence de Haan (2006, p 22) (cf. Barth et al. 2007; van Dam-Mieras et al. 2008): "Competence in foresighted thinking: The capacity to deal with uncertainty and future prognoses, expectations and plans characterizes the sub-

competence of being able to think beyond the present. It is essential that the future be understood as open and something that we can help to shape. This attitude underpins the capacity to develop different options for action based on present conditions. Through foresighted thinking and acting, we can conceive of possible developments for the future and identify potential opportunities and risks inherent in present and future developments, as well as unexpected ones. Creativity, fantasy and imagination play an important role in this competence.”

Grunwald (2007, p 248): “Providing knowledge-based, coherent pictures of the future: In many cases, illustrations of future developments, scenarios, or if possible, predictions are necessary in order to assess whether there will be sustainability problems (examples are the development of the global climate and of the world population). Although it is impossible to experiment with the real world, predictions can be made by modeling and simulating the system under consideration [...].

In many fields, however, future outcomes cannot be predicted because either human actions, decisions and behavior are involved to a large extent, or simply the data are imperfect or cause-and-effect relationships have not been determined. In these cases, scenarios as illustrations of possible futures are used in order to structure the spectrum of further developments, to identify ‘worst’ and ‘best’ cases, to create common visions, and to acquire knowledge to draw up action strategies.”

Table 4 continued

Crofton (2000, p 400): “Identify short and long term consequences of decisions or plans in the context of both immediate priorities as well as long term concerns (anticipatory thinking extending to future generations)”.

Kelly (2006, p 702): “To predict and consider all possible repercussions of our actions and decisions prior to their implementation in order protect further generations and the lives of others throughout the world before. [...] capable of trans-generational thinking”.

Table 5 Excerpts from the literature on normative competence Grunwald (2004, p 152): “Sustainable development is a normative societal principle, and science makes indispensable contributions to its realization [...] The knowledge for [sustainable development] is provided on quite different levels and in various manners: [...] Sustainability assessment: whether certain effects and tendencies are to be interpreted as sustainability problems cannot be ascertained from empirical observation or simulation alone, but, rather, criteria have to be defined according to which observations can be classified as more or less relevant for sustainability, or even as sustainability deficit [...] Ranking of sustainability deficits: analysis of the sustainability situation also has to concern itself with assessment of the urgency of certain sustainability problems as opposed to others, and with setting priorities.”

Gibson (2006, p 180): Ability to “adopt evaluation and decision criteria and trade-off rules that reflect the full set of core requirements for progress toward sustainability, recognize interdependencies and seek multiple reinforcing gains on all fronts; provide means of specifying the sustainability decision criteria and trade-off rules for specific contexts, through informed choices by the relevant parties (stakeholders); apply these insights in the full set of process elements, including identifying appropriate purposes and options for new or continuing undertakings; assessing purposes, options, impacts, mitigation and enhancement possibilities; choosing (or advising decision-makers on) what should or should not be approved and done, and



under what conditions; and monitoring, learning from the results and making suitable adjustments through implementation to decommissioning or renewal”.

(1996): “Ethical-clarifying ethical issues, but also nurturing normative ethical sensibility that relates and renders seamless the deeply personal and collective, i.e., it extends the boundary of care and concern beyond the immediate and personal to a participative sense of solidarity with others, distant people, environments, species and future generations [...] This is neither monist nor relativist, but reflects an ecological pluralism.”

Sustain Sci (2011) 6:203–218 215

123

Table 6 Excerpts from the literature on strategic competence de Haan (2006) (cf. Barth et al. 2007; van Dam-Mieras et al.

2008): “Competence in planning and implementation skills means the capacity to assess the resources necessary for an action, and their availability, from the standpoint of sustainability, the capacity to create cooperative networks and to calculate side-effects and possible surprise effects, as well as to take the possibility of their occurring into account while planning. A significant factor in developing planning skills is learning to take into account the rapid changeability and temporary nature of knowledge relevant to planning. Only in this way can plans and actions be made ‘error-friendly’, and be corrected and revised when new insights appear and when conditions change. Such learning arrangements draw attention to correlations between various problem constellations and possible solutions. They thematize feedback, long-term consequences and delays, and offer a corresponding repertoire of methods. Implementation skills reach beyond intentions and plans to incorporate necessary and actual interests in acting.”

Grunwald (2007, p 249): “Because—as a rule—competing courses of action and alternative strategies are proposed by different societal actors and are based on different scientific conceptions and normative presuppositions, ex ante comparisons of these different proposals have to be conducted prior to any decisions [...] Action-guiding knowledge comprises answers to the questions as to how therapies can be applied to sustainability weak spots and how implementation problems can be tackled. It includes the development of strategies to convince and motivate actors and to induce societal change. Some of this knowledge consists in transparently revealing the uncertainty and incompleteness of the knowledge, and in indicating courses of action under uncertainty.”

Table 7 Excerpts from the literature on interpersonal competence Crofton (2000, p 400): “Develop communication, collaboration and related skills necessary for constructive involvement with other professionals, a range of stakeholders and the public in general.”

Kearins and Springett (2003, p 194): “A key part of working out new possibilities for organizing and acting is to be able to resolve tensions between the collectivity and the individual in ways that support both [...] Facilitative skills in collaboration and adaptation and a level of ease with more inclusive approaches are thus important aspects in any social action.”

de Haan (2006, p 23) (cf. Barth et al. 2007; van Dam-Mieras et al. 2008): “A single scientific field and simple strategies for acting are no longer capable today of tackling the problems of non-sustainable development and the need for future-compliant change. These problems can only be addressed through the collaboration of many scientific fields, different cultural traditions and aesthetic, cognitive and other approaches.



Knowing how to identify and understand system relations and how to deal appropriately with complexity requires the development of corresponding skills. These skills can be furthered through approaching problems in daily life contexts with a problem-solving strategy that opens up opportunities and alternative solutions through drawing on various subject positions and different ways of thinking.”

Table 7 continued

(1996, p 26): “Whether the future holds breakdown or positive breakthrough scenarios—or, as seems likely, some of both—people will require flexibility, resilience, creativity, participative skills, competence, material restraint and a sense of responsibility and transpersonal ethics to handle the transition and provide mutual support.”

## References

- Baartman LKJ, Bastiaens TJ, Kirschner PA, Van der Vleuten CPM (2007) Evaluation assessment quality in competence-based education: a qualitative comparison of two frameworks. *Educ Res Rev* 2:114–129
- Baückstrand K (2003) Civic science for sustainability: reframing the role of experts, policy-makers and citizens in environmental governance. *Glob Environ Polit* 3(4):24–41
- Bammer G (2005) Integration and implementation sciences: building a new specialization. *Ecol and Soc* 10: article 6
- Barth M, Godemann J, Rieckman M, Stoltenberg U (2007) Developing key competences for sustainable development in higher education. *Int J Sust Higher Educ* 8(4):416–430
- Blackstock KL, Carter CE (2007) Operationalising sustainability science for a sustainability directive? Reflecting on three pilot projects. *Geogr J* 173(4):343–357
- Bowden J, Marton F (1998) *The university of learning: beyond quality and competence in higher education*. Kogan, London
- Brown LR (2008) *Plan B 3.0—mobilizing to save civilization*. Norton, New York
- Brundiers K, Wiek A (2011) Sustainability research education in realworld settings—vision and implementation. *Innov High Educ*. 36:107–124
- Brundiers K, Wiek A, Redman CL (2010) Real-world learning opportunities in sustainability—concept, competencies, and implementation. *Int J Sust Higher Educ* 11(4):308–324
- Burke JW (1989) *Competence-based education and training*. Falmer, London
- Byrne J (2000) From policy to practice: creating education for a sustainable future. In: Wheeler KA, Bijur AP (eds) *Education for a sustainable future: a paradigm of hope for the 21st century*. Kluwer/Plenum, New York, pp 35–72

Clark W (2003) Institutional needs for sustainability science. Posted to the Initiative on Science and Technology for Sustainability (available: [http://sustsci.harvard.edu/ists/docs/clark\\_governance4ss\\_030905.pdf](http://sustsci.harvard.edu/ists/docs/clark_governance4ss_030905.pdf))

Clark WC, Dickson NM (2003) Sustainability science: the emerging research program. Proc Natl Acad Sci USA 100(14):8059–8061

Clayton AMH, Radcliffe NJ (1996) Sustainability: a systems approach. Westview, Boulder

Collingridge D (1980) The social control of technology. St. Martin's, New York

Crofton F (2000) Educating for sustainability: opportunities in undergraduate engineering. J Clean Prod 8(5):397–405

Cusick J (2008) Operationalizing sustainability education at the University of Hawai'i at Manoa. Int J Sust Higher Educ 9(3):246–257

Dale A, Newman L (2005) Sustainable development, education and literacy. Int J Sust Higher Educ 6(4):351–362

de Haan G (2006) The BLK '21' programme in Germany: a 'Gestaltungskompetenz'-based model for education for sustainable development. Environ Educ Res 1:19–32 216 Sustain Sci (2011) 6:203–218 123

Earth Institute at Columbia University (2008) Report from the International Commission on Education for Sustainable Development Practice. New York: Earth Institute at Columbia University and the John D. and Catherine T. MacArthur Foundation

Geels F (2005) Technological transitions and system innovations: a co-evolutionary and socio-technical analysis. Elgar, Cheltenham Gibson R (2006) Sustainability assessment: basic components of a practical approach. Impact Assess Project Apprais 24:170–182

Grunwald A (2004) Strategic knowledge for sustainable development: the need for reflexivity and learning at the interface between science and society. Int J Foresight Innov Policy 1(1–2):150–167

Grunwald A (2007) Working towards sustainable development in the face of uncertainty and incomplete knowledge. J Environ Policy Plan 9(3):245–262

Guston D (2008) Innovation policy: not just a jumbo shrimp. Nature 454:940–941

Hirsch Hadorn G, Bradley D, Pohl C, Rist S, Wiesmann U (2006) Implications of transdisciplinarity for sustainability research. Ecol Econ 60:119–128

Hyland T (2006) Competence, knowledge and education. J Philos Educ 27:57–68

Jucker R (2002) "Sustainability? Never heard of it!" some basics we should not ignore when engaging in education for sustainability. Int J Sust Higher Educ 3(1):8–18

Kajikawa Y (2008) Research core and framework of sustainability science. Sust Sci 3(2):215–239

Kates RW, Clark WC, Corell R, Hall JM, Jaeger CC et al (2001) Sustainability science. Science 292(5517):641–642

- Kearins K, Springett D (2003) Educating for sustainability: developing critical skills. *J Manag Educ* 27(2):188–204
- Kelly P (2006) Letter from the oasis: helping engineering students to become sustainability professionals. *Futures* 38:696–707
- Kemp R, Parto S, Gibson R (2005) Governance for sustainable development: moving from theory to practice. *Int J Sust Dev* 8:12–30
- Kevany K (2007) Building the requisite capacity for stewardship and sustainable development. *Int J Sust Higher Educ* 8(2):107–122
- Komiyama H, Takeuchi K (2006) Sustainability science: building a new discipline. *Sust Sci* 1(1):1–6
- Loorbach D (2007) *Transition management: new mode of governance for sustainable development*. International Books, Utrecht
- Loorbach D, Rotmans J (2006) Managing transitions for sustainable development. In: Olshoorn X, Wieczorek AJ (eds) *Understanding industrial transformation—views from different disciplines*. Springer, Dordrecht, pp 187–206
- Major E, Asch D, Cordey-Hayes M (2001) Foresight as a core competence. *Futures* 33:91–107
- McArthur JW, Sachs J (2009) Needed: a new generation of problem solvers. *Chron High Educ* 55(40):A64–A66
- McIntosh D (2001) The uses and limits of the model United Nations in an international relations classroom. *Int Stud Perspect* 2:269–280
- McKeown R, Hopkins C (2003) EE = ESD: defusing the worry. *Environ Educ Res* 9(1):117–128
- Meadows DL et al (1974) *Dynamics of growth in a finite world*. Pegasus, Waltham
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005) *Ecosystems and human well-being*. Millennium Ecosystem Assessment, 3 volumes. Island, Washington Nakicenovic N, Alcamo J, Davis G, de Vries B, Fenhann J et al
- (2000) *Special report on emissions scenarios: a special report of working group III of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge
- Orr D (2002) Four challenges of sustainability. *Conserv Biol* 16:1457–1460
- Ospina G (2000) Education for sustainable development: a local and international challenge. *Prospects* 30(1):31–40
- Ostrom E (2009) A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325:419–422
- Parkin S, Johnston A, Buckland H, Brookes F, White E (2004) *Learning and skills for sustainable development: developing a sustainability literate society*. Higher Education Partnership for Sustainability (HEPS), London

- Perrow C (1984) *Normal accidents: living with high-risk technologies*. Basic Books, New York
- Porter T, Co'rdoba J (2009) Three views of systems theories and their implications for sustainability education. *J Manag Educ* 33:323–347
- Raskin P, Banuri T, Gallopin G, Gutman P, Hammond A, Kates R, Swart R (2002) *Great transition: the promise and lure of the times ahead*. Stockholm Environment Institute, Stockholm
- Ravetz J (2000) Integrated assessment for sustainability appraisal in cities and regions. *Environ Impact Assess Rev* 2000(20):31–64
- Robinson J (2003) Future subjunctive: backcasting as social learning. *Futures* 35: 839–856
- Robinson J (2008) Being undisciplined—transgressions and intersections in academia and beyond. *Futures* 40:70–86
- Rockstro'm J, Steffen W, Noone K, Persson A, Chapin FS et al (2009) A safe operating space for humanity. *Nature* 461:472–475
- Rowe D (2007) Education for a sustainable future. *Science* 317(5836):323–324
- Rowe G, Frewer L (2005) A typology of public engagement mechanisms. *Sci Technol Hum Val* 30:251–290
- Salomon G (ed) (1993) *Distributed cognitions: psychological and educational considerations*. Cambridge University Press, Cambridge
- Sarewitz D, Kriebel D (2010) *The Sustainable Solutions Agenda*. Consortium for Science, Policy and Outcomes, Arizona State University and Lowell Center for Sustainable Production, University of Massachusetts, Lowell
- Scholz RW, Lang DJ, Wiek A, Walter AI, Stauffacher M (2006) Transdisciplinary case studies as a means of sustainability learning: historical framework and theory. *Int J Sustain Higher Educ* 7:226–251
- Segalas J, Ferrer-Balas D, Svanstrom M, Lundqvist U, Mulder KF (2009) What has to be learnt for sustainability? A comparison of bachelor engineering education competencies at three European universities. *Sust Sci* 4(1):17–27
- Shephard K (2007) Higher education for sustainability: seeking affective outcomes. *Int J Sust Higher Edu* 9(1):87–98
- Sipos Y, Battisti B, Grimm K (2008) Achieving transformative sustainability learning: engaging heads, hands and heart. *Int J Sust in Higher Educ* 9(1):68–86
- SpadyWG(1994)*Outcome-based education: critical issues and answers*. American Association of School Administrators, Arlington
- Steiner G, Posch A (2006) Higher education for sustainability by means of transdisciplinary case studies: an innovative approach for solving complex, real-world problems. *J Clean Prod* 14(9–11):877–890

S (1996) Education in change. In: Huckle J, S (eds) Education for sustainability. Earthscan, London, pp 18–39

S (2001) Sustainable education—re-visioning learning and change. Schumacher Briefing No. 6. Green Books, Dartington

S, Thomas I (2006) Education for sustainability: the role of capabilities in guiding university curricula. *Int J Innov Sust Dev* 1(4):349–370

Sterman JD (2002) All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist. *Syst Dynamics Rev* 18(4):501–531  
Svanström M, Lozano-García FJ, Rowe D (2008) Learning outcomes for sustainable development in higher education. *Int J Sust Higher Educ* 9(3):339–351

*Sustain Sci* (2011) 6:203–218  
217–123 Swart RJ, Raskin P, Robinson J (2004) The problem of the future: sustainability science and scenario analysis. *Glob Environ Chang* 14(2):137–146

Talwar S, Wiek A, Robinson J (2011) User engagement in sustainability research. *Sci Public Policy* (in press)

The Cloud Institute (2010) Education for sustainability. Online source (retrieved January 4, 2010): <http://www.sustainabilityed.org/education/>

Turner BL II, Robbins P (2008) Land-change science and political ecology: similarities, differences, and implications for sustainability science. *Annu Rev Environ Resour* 33:295–316

Turner BL II, Matson PA, McCarthy JJ, Corell RW, Christensen L et al (2003) Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis—three case studies. *Proc Natl Acad Sci USA* 100:8080–8085

Dam-Mieras R, Lansu A, Rieckmann M, Michelsen G (2008) Development of an interdisciplinary, intercultural master's program in sustainability: learning from the richness of diversity. *Innov High Educ* 32(4):251–264

Kerkhoff L, Lebel L (2006) Linking knowledge and action for sustainable development. *Annu Rev Environ Resources* 31:445–477  
Voorhees RA (2001) Competence-based learning models: a necessary future. *New Dir Instit Res* 110:5–13

Wals A, Jickling B (2002) Sustainability in higher education: from doublethink and newspeak to critical thinking and meaningful learning. *Int J Sust Higher Educ* 3(3):221–232  
Warburton K (2003) Deep learning and education for sustainability. *Int J Sust Higher Educ* 4(1):44–56

Welsh MA, Murray DL (2003) The ecollaborative: teaching sustainability through critical pedagogy. *J Manag Educ* 27(2):220–235

Wiek A (2010) Transformative sustainability science. Working Paper. School of Sustainability. Arizona State University

Wiek A, Walter A (2009) A transdisciplinary approach for formalized integrated planning and decision-making in complex systems. *Eur J Oper Res* 197(1):360–370

Wiek A, Withycombe L, Redman CL (2010) From eclectic to genuine sustainability curricula in higher education. Working Paper. School of Sustainability. Arizona State University

Wiek A, Withycombe L, Redman CL (2011) Moving forward on competencies in sustainability. *Environment- Sci Policy Sustain Dev* 53:3–13

Willard M, Wiedmeyer C, Flint RW, Weedon JS, Woodward R, Feldmand I, Edwards M (2010) The sustainability professional: 2010 competency survey report. International Society of Sustainability Professionals

Withycombe L, Wiek A (2010) Anticipatory competence as a key competence in sustainability. Working Paper. School of Sustainability. Arizona State University

WCED (1987) Our common future. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford