

Ciencia de la Sostenibilidad: ¿Una nueva disciplina o un nuevo enfoque para todas las disciplinas?

Sustainability Science: A new discipline or a new approach for all disciplines?

Amparo Vilches

Profesora del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universitat de València

Daniel Gil Pérez

Profesor jubilado del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universitat de València

Resumen

Al inicio de este siglo XXI comenzó a desarrollarse un nuevo dominio científico, la *Ciencia de la Sostenibilidad*, con el objetivo explícito de hacer frente a la actual situación de emergencia planetaria e impulsar la transición a sociedades sostenibles. Una nueva forma de hacer ciencia para un nuevo período de la historia de la humanidad, el Antropoceno, en el que el planeta está experimentando grandes cambios, debidos principalmente a la acción de los seres humanos, que amenazan la supervivencia de la propia especie humana. Nuestro propósito en este trabajo ha sido analizar en qué medida esta Ciencia de la Sostenibilidad puede realmente contribuir a la necesaria transición a la Sostenibilidad. Con ese objeto hemos estudiado su desarrollo desde sus orígenes hasta la actualidad. Por otra parte hemos estudiado si las características de la Ciencia de la Sostenibilidad suponen una mejora real respecto a las contribuciones que numerosas disciplinas (desde la Educación Ambiental a la Química Verde o la Economía baja en carbono) venían haciendo a la resolución de problemas socioambientales. Los resultados de estos análisis permiten, en primer lugar, reconocer un planteamiento radicalmente novedoso, con las características de una auténtica revolución científica, susceptible de contribuir muy significativamente a la transición a la Sostenibilidad. En segundo lugar, los criterios cuantitativos manejados llevan a constatar el extraordinario vigor de la nueva disciplina. Sin embargo, nuestros análisis han permitido también confirmar que la constitución de la Ciencia de la Sostenibilidad como disciplina académica encierra riesgos a los que debemos y podemos hacer frente.

Palabras clave: Relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) | Educación para la Sostenibilidad | Emergencia planetaria | Ciencia de la Sostenibilidad.

Abstract

At the beginning of this 21st century, a new scientific domain, the Sustainability Science, began to develop with the explicit aim of facing the present situation of planetary emergency to make possible the transition to sustainable societies. It intends to be a new way of doing science for a new period of Earth's history, the Anthropocene, when the planet is experiencing deep changes, mostly due to human actions, that threaten the survival of humanity. The aim of the research we are presenting here has been to ascertain if this new Sustainability Science can contribute significantly to the necessary transition to Sustainability. With this purpose, we have studied available information about its development from its origin till nowadays. On the other hand, we have analyzed if the Sustainability Science's characteristics introduce real improvement with

respect to the contributions that many disciplines –such as Environmental Education, Green Chemistry, or Low-carbon Economy- were already doing to the resolution of socio-environmental problems. The results obtained allow us to affirm that the Sustainability Science incorporates a radically new approach, with the characteristics of a truly scientific revolution, capable of contributing very efficiently to the transition to Sustainability. Besides, the quantitative criteria used show that the new discipline is developing vigorously. Nonetheless, our analyses have as well shown that the constitution of the Sustainability Science as a new academic discipline, involves serious risks that must and can be overcome.

Keywords: Science-Technology-Society-Environment Relationships (STSE) | Education for Sustainability | Planetary Emergency | Sustainability Science.

1. INTRODUCCIÓN

Al inicio de este siglo XXI comenzó a desarrollarse con fuerza un nuevo dominio científico: la *Ciencia de la Sostenibilidad*. Así lo anunciaban 23 investigadores procedentes de distintas áreas en un artículo conjunto publicado en la revista *Science* en 2001: “Está emergiendo un nuevo campo de Ciencia de la Sostenibilidad que busca comprender el carácter fundamental de las interacciones entre la naturaleza y la sociedad” (Kates et al., 2001). Y poco después otro artículo de 13 autores publicado en la revista norteamericana *Proceedings of the National Academy of Science* precisaba: “La emergencia de la ‘Ciencia de la Sostenibilidad’ se construye hacia la comprensión de la interacción humanidad-ambiente con el doble objetivo de atender a las necesidades de la sociedad al tiempo que se preservan los sistemas que dan soporte a la vida en el planeta” (Turner et al., 2003).

El desarrollo de este nuevo dominio científico ha proseguido con creciente vigor, dando lugar a la formación de grupos de investigación, realización de Conferencias Internacionales, creación de revistas específicas y publicación anual de miles de artículos. Así, ya en 2007 un cuidadoso análisis bibliográfico mostraba que se estaban publicando anualmente más de 3000 artículos en un número creciente de revistas específicas (Kajikawa et al., 2007). Y más recientemente Bettencourt y Kaur (2011) confirmaban que “el campo está actualmente creciendo de forma exponencial, con un periodo de duplicación de 8.3”.

Nos proponemos aquí analizar las causas del surgimiento de esta Ciencia de la Sostenibilidad y de su pujante desarrollo, explicar por qué entendemos que ello constituye una auténtica revolución científica, exponer algunas limitaciones que hemos podido detectar y discutir las estrategias para impulsarla e intensificar sus aportaciones.

2. ORIGEN DEL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD

Para explicar el surgimiento de la Ciencia de la Sostenibilidad es preciso comenzar refiriéndose a la creciente gravedad del conjunto de problemas que han conducido a hablar de emergencia planetaria (Bybee, 1991) y a introducir el concepto de *Sostenibilidad*. Utilizamos la mayúscula para referirnos al concepto científico y distinguirlo del frecuente uso trivial de las palabras sostenibilidad y sostenible como simples eslóganes con significados a menudo alejados del concepto científico, e incluso contrapuestos al mismo, lo que ha llevado a Robert Engelman (2013) a afirmar que “Vivimos actualmente en una era de la *sosteniblabla*”.

El origen del concepto, aunque es deudor de un largo proceso de estudios científicos sobre la relación entre el medioambiente y la actividad humana, con obras como *Man and Nature* (Marsh, 1864), se sitúa a principios de la década de los años 80, con la publicación de varios documentos relevantes, como el *Informe Brundtland* de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD, 1988). Surge por vía negativa, como resultado de los análisis de la situación del mundo. Una situación, fruto de las actividades humanas, que amenaza gravemente el futuro de la misma humanidad por acercarse peligrosamente a los límites del planeta e incluso haber superado ya algunos de ellos (Meadows, 1972; Meadows, Meadows & Randers 1992; Meadows, Randers & Meadows, 2006; Folke, 2013). Se habla por ello de una etapa geológica nueva, el *Antropoceno*, término propuesto por el premio Nobel Paul Crutzen para destacar la responsabilidad de la especie humana en los profundos cambios que está sufriendo el planeta (Sachs, 2008) y que originan un conjunto de graves problemas que hacen insostenible la actual forma de vida (Worldwatch Institute, 1982-2015; Bybee, 1991; Vilches y Gil, 2003; Diamond, 2006; Duarte, 2006; Green, 2013; Vilches, Macías y Gil Pérez, 2014):

- Es *insostenible* el actual ritmo de utilización de todo tipo de recursos esenciales, desde los energéticos a los bancos de pesca, los bosques, las reservas de agua dulce y el mismo suelo cultivable. Un ritmo muy superior al de su regeneración, cuando son renovables, o al de su sustitución por otros que sí lo sean.
- Es *insostenible* el ritmo de producción de residuos contaminantes, muy superior al de la capacidad del planeta para digerirlos: una contaminación pluriforme y *sin fronteras* envenena suelos, ríos, mares y aire y afecta ya a *todos* los ecosistemas.
- Es *insostenible*, en particular, el acelerado incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (que para el caso del CO₂ supera ya las 400 partes por millón en volumen, por primera vez en millones de años), de origen claramente antrópico, que está provocando un desarreglo climático visible ya, entre otras muchas consecuencias, en la rápida disminución de las llamadas nieves perpetuas (la más importante reserva de agua dulce con la que cuentan miles de millones de seres humanos) y en el aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos atmosféricos extremos (huracanes, inundaciones, sequías e incendios...); el cambio climático contribuye así a un proceso de degradación generalizada que corre el riesgo de llegar a ser irreversible, haciendo inhabitable la Tierra para la especie humana.
- Es *insostenible* el proceso de urbanización acelerada y desordenada –acompañado del abandono del mundo rural– que potencia los efectos de la contaminación (a causa del transporte, calefacción, acumulación de residuos, etc.) y el agotamiento de recursos (con la destrucción de terrenos agrícolas, el aumento de los tiempos de desplazamiento y consiguiente consumo de recursos energéticos, etc.).
- Es *insostenible* el crecimiento explosivo de la población mundial, que puede estar ya cerca de sobrepasar la capacidad de carga del planeta: la especie humana acapara ya casi tanta producción fotosintética como la totalidad de las restantes especies, y su huella ecológica (es decir, el área de territorio ecológicamente productivo necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada) ha superado ampliamente la biocapacidad del planeta.
- Es *insostenible* la acelerada pérdida de biodiversidad, que obliga a hablar de una sexta gran extinción ya en marcha, que amenaza con romper los equilibrios de la biosfera y arrastrar a la propia especie humana, causante de esta extinción.

- Es *insostenible* igualmente la pérdida de diversidad cultural y, muy en particular, de culturas campesinas milenarias. No debemos olvidar que la diversidad de culturas es la garantía de una pluralidad de respuestas a los problemas a los que ha de hacer frente la humanidad. Cada cultura no es solo una riqueza para el pueblo que la ha creado, sino un patrimonio de toda la humanidad.
- Es *insostenible* e inaceptable el desequilibrio entre una quinta parte de la humanidad impulsada al *hiperconsumo* y miles de millones de personas que sufren hambre y condiciones de vida insostenibles. Baste señalar que los 20 países más ricos del mundo han consumido en el último siglo más naturaleza, es decir, más materia prima y más recursos energéticos no renovables, que toda la humanidad a lo largo de su historia y prehistoria, mientras que para los millones de seres humanos que viven con menos de un dólar al día, aumentar su consumo es cuestión de vida o muerte y un derecho básico *que están lejos de alcanzar*.
- Es *insostenible*, en definitiva, un sistema socioeconómico guiado por la búsqueda del máximo beneficio particular a corto plazo, que apuesta por el crecimiento económico indefinido en un planeta finito, sin atender a sus consecuencias ambientales y sociales, lo que le convierte en responsable de los problemas que acabamos de enumerar y de otros igualmente graves y estrechamente vinculados, como los conflictos y violencias causados por la competitividad, por el afán de controlar los recursos energéticos y otras materias primas esenciales y, en suma, por la destructiva anteposición de intereses particulares a la cooperación en beneficio de todos y de las generaciones futuras.

Se suele replicar a estos análisis recordando que el extraordinario crecimiento económico que tuvo lugar en buena parte del planeta desde la segunda mitad del siglo XX produjo importantes avances sociales. Se señala, por ejemplo, que la esperanza de vida en el mundo pasó de 47 años en 1950 a 64 años a finales del siglo XX. Una mejor dieta alimenticia, por ejemplo, se logró aumentando la producción agrícola y ganadera, las capturas pesqueras, etc. Esta y otras mejoras han exigido maquinaria de labranza, plaguicidas, barcos frigoríficos... y abundantes recursos energéticos: han exigido, en definitiva, un enorme crecimiento económico, pese a estar lejos de haber alcanzado a la mayoría de la población. Esa es una de las razones, sin duda, por la que muchos responsables políticos, movimientos sindicales, etc., apuestan por la continuación del crecimiento.

Sin embargo, estudios como los de Meadows sobre “*Los límites del crecimiento*”, realizados en los años sesenta del siglo XX, comenzaron ya a mostrar la estrecha vinculación entre los indicadores de crecimiento económico y los de degradación ambiental, viniendo a cuestionar la posibilidad de un crecimiento continuado (Meadows et al., 1972). El concepto de *huella ecológica* ha permitido cuantificar aproximadamente estos límites: se estima que en la actualidad la huella ecológica media por habitante es de 2,8 hectáreas, lo que supera con mucho la superficie ecológicamente productiva (incluyendo los ecosistemas marinos) o *biocapacidad* de la Tierra disponible para los más de 7000 millones de habitantes, que se ve reducida a 1.7 hectáreas por habitante. Puede afirmarse, pues, que la especie humana está consumiendo más recursos que los que el planeta puede regenerar y produciendo más residuos que los que se pueden digerir. Todo ello justifica que hoy hablemos de un crecimiento *insostenible*. Como afirma Brown (1998) “Del mismo modo que un cáncer que crece sin cesar destruye finalmente los sistemas que sustentan su vida al destruir a su huésped, una economía global en continua expansión destruye lentamente a su huésped: el ecosistema Tierra”. No es posible seguir “externalizando” los costes ambientales (ni tampoco los sociales, con ataques a los derechos laborales y sociales, destrucción de servicios públicos, etc.) “para reducir costes y ganar competitividad”; eso puede favorecer el beneficio económico de algunos a muy corto plazo, pero supone un grave e insostenible atentado al bien común que es urgente interrumpir.

Al informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, conocido como Informe Brundtland (CMMAD, 1988), debemos uno de los primeros intentos de introducir el concepto de Sostenibilidad o Sustentabilidad: “El Desarrollo Sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Se trata, en opinión de Bybee (1991), de “la idea central unificadora más necesaria en este momento de la historia de la humanidad”, aunque se abre paso con dificultad y ha generado incomprensiones y críticas que es preciso analizar.

Una de las críticas que ha recibido la definición de la CMMAD es que el concepto de Desarrollo Sostenible apenas sería una idea de sentido común -la necesidad de preservar los recursos para las generaciones futuras- que aparece ya expresada en numerosas civilizaciones primitivas. No es difícil, sin embargo, rechazar esta crítica y dejar bien claro que se trata de un concepto absolutamente nuevo, que supone haber comprendido que el mundo no es tan ancho e ilimitado

como se había creído. Ese conocimiento es *nuevo*: la idea de insostenibilidad del actual desarrollo es reciente y ha constituido una sorpresa para el conjunto de la ciudadanía y la mayoría de los expertos. Y es nueva en otro sentido aún más profundo: se ha comprendido que la Sostenibilidad exige *planteamientos holísticos, globales*; exige tomar en consideración la *totalidad* de problemas *interconectados* a los que la humanidad ha de hacer frente y que solo es posible a escala planetaria, porque los problemas son “glocales” (a la vez globales y locales): no tiene sentido aspirar a *una* ciudad o *un* país sostenibles (la contaminación de las aguas y del aire, por ejemplo, no tiene fronteras), aunque sí lo tiene trabajar para que cada país, cada ciudad, cada persona, *contribuyan* a la Sostenibilidad. Esto es algo que no debe escamotearse con referencias a algún texto sagrado más o menos críptico.

Se trata, pues, de una idea reciente *que avanza con mucha dificultad*, porque los signos de degradación han sido hasta recientemente poco visibles y porque en ciertas partes del mundo los seres humanos hemos visto mejorados notablemente nuestro nivel y calidad de vida en muy pocas décadas. La supeditación de la naturaleza a las necesidades y deseos de los seres humanos ha sido vista siempre como signo distintivo de sociedades avanzadas, explica Mayor Zaragoza (2000) en *Un mundo nuevo*. Ni siquiera se planteaba como supeditación: la naturaleza era prácticamente ilimitada y se podía centrar la atención en nuestras necesidades sin preocuparse por las consecuencias ambientales y para nuestro propio futuro. El problema ni siquiera se planteaba. Por eso Mayor Zaragoza señala que “la preocupación, surgida recientemente, por la preservación de nuestro planeta es indicio de una auténtica revolución de las mentalidades: aparecida en apenas una o dos generaciones, esta metamorfosis cultural, científica y social rompe con una larga tradición de indiferencia, por no decir de hostilidad”. En consecuencia, desde finales del siglo XX se han venido prodigando justificados llamamientos y tomas de posición de los movimientos sociales y de la comunidad científica acerca de la necesidad y urgencia de abordar los problemas socioambientales que caracterizan la insostenible situación actual, que han culminado con el surgimiento de la Ciencia de la Sostenibilidad, que abordaremos en el siguiente apartado.

3. SURGIMIENTO DE LA CIENCIA DE LA SOSTENIBILIDAD

La creciente atención de la comunidad científica a la problemática socioambiental queda reflejada, por ejemplo, en el llamamiento realizado en 1998 por Jane Lubchenco, presidenta a la sazón de la AAAS (American Association for the Advancement of Science) -la más importante asociación científica a nivel mundial, tanto por el número de miembros como por la cantidad de premios Nobel y científicos de alto nivel que forman parte de la misma- reclamando que el siglo XXI sea, para la ciencia, el siglo del medio ambiente y que la comunidad científica "reoriente su maquinaria" hacia la resolución de los problemas que amenazan el futuro de la humanidad (Lubchenco, 1998).

Llamamientos como este no han dejado de multiplicarse: podemos destacar como ejemplo reciente el denominado "*Memorando de Estocolmo: Inclinando la balanza hacia la Sostenibilidad*", documento firmado en mayo de 2011 por los participantes en el Tercer Simposio sobre la Sustentabilidad Ambiental (<http://globalsymposium2011.org/es>), promovido por Naciones Unidas, entre los que figuran premios Nobel de Física, Química, Economía, Medicina y Literatura. El memorando publicado reclama una urgente transición a la Sostenibilidad que implica, entre otros, una transformación radical en la forma de usar la energía y las materias primas mediante mecanismos que desacoplen el desarrollo económico de la utilización de recursos energéticos contaminantes y no renovables. El documento termina con estas palabras: "Somos la primera generación consciente del nuevo riesgo global que enfrenta la humanidad, por lo que recae sobre nosotros cambiar nuestra relación con el planeta para asegurar que dejaremos un mundo sostenible a las futuras generaciones".

46

Mención especial merece el programa de investigación de 10 años "*Future Earth – Research for Global Sustainability*" (<http://www.icsu.org/future-earth>) lanzado en 2012 tras la Cumbre de la Tierra Rio+20 por el International Council for Science (ICSU), que pretende movilizar a millares de científicos y reforzar los vínculos con los responsables en la toma de decisiones, para fundamentar el profundo cambio global que supone la transición hacia la Sostenibilidad.

De forma convergente, el Secretario General de la ONU, Ban Ki-moon, ha lanzado en agosto de 2012 la *Red de Soluciones para el desarrollo sostenible* (<http://unsdsn.org/>), una nueva red mundial, de carácter independiente, destinada a movilizar tanto a la comunidad científica como a la sociedad civil en la búsqueda de soluciones a los problemas de Sostenibilidad y dirigida por el

profesor Jeffrey Sachs, Asesor Especial del Secretario General de la ONU para los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que culminan en 2015. Esta iniciativa es parte del mandato de la ONU para *Beyond 2015* (<http://www.beyond2015.org/>), es decir, para el establecimiento de unos nuevos y ambiciosos *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.

En la misma dirección, el Sexto Foro Mundial de la Ciencia, organizado por UNESCO, el Consejo Internacional para las Ciencias (ICSU), el Consejo Consultivo de las Ciencias para las Academias Europeas (EASAC) y la Asociación Americana para el Avance de las Ciencias (AAAS), reunió en Rio de Janeiro en noviembre de 2013 a más de 700 científicos, académicos y educadores de 120 países bajo el lema "Ciencia para el Desarrollo Global Sostenible". Dicho Foro concluyó con un llamamiento a favor de un mundo más sostenible, menos desigual y sin hambre, destacando en el texto final que los principales desafíos de la comunidad científica hoy son el cambio climático, la falta de alimentos y de agua, la desigualdad social y el aumento de la población y su concentración en áreas urbanas, defendiendo la necesidad de más inversiones en educación y en programas de cooperación entre los países en el ámbito de una ciencia que favorezca la Sostenibilidad.

Estos y otros llamamientos han dado ya lugar a lo largo de las últimas décadas a desarrollos científicos y tecnológicos importantes en campos como la puesta a punto de recursos energéticos limpios y sostenibles, el aumento de la eficiencia de aparatos y procesos (con el consiguiente ahorro energético), la producción ecológica de alimentos, la reducción y reciclado de los desechos, la prevención de catástrofes, la recuperación de ecosistemas dañados, etc. De hecho en publicaciones científicas e incluso en Internet pueden encontrarse una multitud de contribuciones orientadas al logro de la Sostenibilidad, relacionadas con distintas disciplinas científicas: Química Verde, Ecología Industrial, Física e Ingeniería para el Medio Ambiente, Economía baja en carbono, etc. (Vilches y Gil Pérez, 2013).

Y del mismo modo, una amplia literatura muestra innumerables contribuciones de la Educación ambiental, con tratamientos que contemplan el Ambiente en su sentido más amplio, es decir, que incluyen a la especie humana como parte del mismo, tal como se propuso ya en la *Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano*, celebrada en Estocolmo en 1972. Como parte de este proceso surgieron, entre otras iniciativas, las propuestas de Educación para el Desarrollo sostenible (EDS) y se aprobó por la Asamblea General de

Naciones Unidas el lanzamiento de la *Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible 2005-2014* (<http://www.oei.es/decada>), también denominada en su origen *Educación por un futuro sostenible*, con el propósito de implicar al conjunto de la población en la necesaria y cada vez más urgente transición a la Sostenibilidad, solicitando para ello el apoyo de *todas* las áreas y *todos* los niveles educativos, tanto de la educación formal como de la no reglada.

Nos encontramos así, por una parte, con una creciente gravedad de problemas que amenazan con una degradación irreversible de las condiciones de vida en el planeta y, por otra, con un número también creciente de estudios y propuestas para hacer frente a dichos problemas que han dado lugar, como ya hemos señalado, a notables realizaciones a favor de la Sostenibilidad. Pero, pese a la importancia de estas contribuciones de distintas áreas de conocimiento, se ha empezado a comprender sus serias limitaciones, debido a que los problemas que se pretende resolver están estrechamente vinculados y se potencian mutuamente, por lo que no pueden abordarse separadamente. Esa es la conclusión, por ejemplo, de Jared Diamond, en su libro *Colapso*, tras analizar 12 grupos de problemas a los que se enfrentan nuestras sociedades y que van desde la destrucción acelerada de hábitats naturales a la explosión demográfica, pasando por la incorrecta gestión de recursos como el agua, o la contaminación provocada por las industrias y el transporte: “Si no resolvemos cualquiera de la docena de problemas sufriremos graves perjuicios (...) porque todos ellos se influyen mutuamente. Si resolvemos once de los doce problemas, pero no ese decimosegundo problema, todavía nos veríamos en apuros, con independencia de cuál fuera el problema” (Diamond, 2006, página 645).

48

No es posible resolver un único problema –ya sea el agotamiento de recursos, el cambio climático, la pobreza extrema o la crisis económica- sin tener en cuenta su vinculación con los restantes. Se llega así a comprender la necesidad de abordar globalmente, sin olvidos ni reduccionismos, el sistema cada vez más complejo constituido por las sociedades humanas y los sistemas naturales con los que interaccionan y de los cuales, en definitiva, forman parte. *Y eso no lo estaba haciendo ninguna de las disciplinas existentes.*

Esa ha sido, precisamente, la razón fundamental del surgimiento de la Ciencia de la Sostenibilidad. Así se argumentó, por ejemplo, para justificar la creación en 2006 de una revista, “*Sustainability Science*”, específicamente dedicada a esta nueva área de conocimiento: “Los problemas a los que la Ciencia de

la Sostenibilidad ha de hacer frente no solo son complejos sino que están interconectados. Para encontrar soluciones a los mismos, debemos clarificar primeramente sus relaciones” (Komiyama & Takeuchi, 2006).

Presentaremos ahora esta nueva *Ciencia de la Sostenibilidad*, a cuyo pujante desarrollo hemos hecho referencia en la Introducción, con objeto de describir sus características más relevantes y distintivas.

4. **LA CIENCIA DE LA SOSTENIBILIDAD: UNA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA PARA LA TRANSICIÓN A LA SOSTENIBILIDAD**

Como acabamos de señalar, la estrecha vinculación de los problemas socioambientales que caracterizan la grave situación de emergencia planetaria reduce la efectividad de su tratamiento por separado realizado por distintas disciplinas, por lo que se vio la necesidad de una nueva área de conocimientos, una *Ciencia de la Sostenibilidad*, que integrara campos aparentemente tan alejados como, por ejemplo, el de la economía, el del estudio de la biodiversidad y el de la eficiencia energética, pero que tienen en común el referirse a acciones humanas que afectan a la naturaleza. Frente a los desafíos que hasta ahora no han abordado de manera eficaz las disciplinas existentes, se requieren esfuerzos para comprender los fenómenos de manera global y, vinculando las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades, contribuir a resolver los problemas. En palabras de la Directora General de UNESCO, Irina Bokova, en la apertura del Sexto Foro Mundial de las Ciencias de 2013: “Necesitamos ciencias más integradas – inter-disciplinarias, que utilicen todo tipo de conocimiento científico, tradicional y aborigen, incluyendo el conocimiento de las ciencias sociales y humanas... Necesitamos ciencias más conectadas – Ciencia que esté conectada a las políticas públicas, que respondan a las aspiraciones y necesidades de la sociedades”. Una nueva ciencia con el objetivo explícito de contribuir a la transición a la Sostenibilidad (Clark y Dickson, 2003), es decir, de señalar el camino hacia sociedades sostenibles, que atiendan a las necesidades de sus miembros al tiempo que preservan los sistemas que dan soporte a la vida en el planeta (Komiyama & Takeuchi, 2006).

Esta necesidad de integración era señalada por los 23 autores del artículo que puede considerarse el acta fundacional de la nueva ciencia (Kates et al., 2001), al que ya se hizo referencia en la Introducción. En el mismo sentido, Komiyama & Takeuchi (2006) se referían al necesario reconocimiento de la existencia de un

“vínculo fundamental entre ciencia y economía”, algo que, debemos aclarar, no tiene nada que ver con poner a la tecnociencia al servicio de la economía; muy al contrario, supone el reconocimiento de que la economía no puede desarrollarse autónomamente, ignorando los problemas socioambientales estudiados por otras ciencias; y que, paralelamente, dichos problemas no pueden ser resueltos y ni siquiera comprendidos si no se analiza su vinculación con la dimensión económica (Vilches y Gil Pérez, 2013).

Algunos autores (Ayestarán, 2009) relacionan el origen de la Ciencia de la Sostenibilidad con la Declaración de Ámsterdam, que tuvo lugar en 2001 en la *Conferencia sobre Ciencia Abierta del Cambio Global*. Las comunidades científicas de los cuatro programas internacionales de investigación del cambio global establecieron formalmente la “Asociación de la Ciencia del Sistema Tierra” desde las bases de una segunda revolución copernicana (Clark, Crutzen y Schellnhuber, 2004). Los programas de cambio global se comprometieron en dicha Declaración a “trabajar estrechamente con otros sectores de la sociedad y en todas las naciones y culturas para hacer frente al desafío de un cambio de la Tierra” impulsando la colaboración de asociaciones entre universitarios, industriales e instituciones gubernamentales de investigación.

50

Se empezó así a desarrollar una ciencia nueva para un nuevo período de la historia de la humanidad, el *Antropoceno*, en el que el planeta está experimentando grandes cambios, debidos principalmente a la acción de los seres humanos y que afectan desde la biodiversidad hasta a la composición de la atmósfera, amenazando la supervivencia de la propia especie humana. Como señalaba Brad Allenby (2006) en el primer número de *Sustainability Science*: “La Revolución Industrial y los cambios económicos, demográficos, tecnológicos y culturales asociados a la misma han conducido a lo que muchos científicos han comenzado a denominar ‘el Antropoceno’, que podemos básicamente traducir como la Edad de los seres humanos. Una respuesta a este desarrollo es el campo emergente de la ‘Ciencia de la Sostenibilidad’, un intento multidisciplinar y sistémico de percibir y comprender esta nueva etapa. Para lograrlo, sin embargo, es necesario desarrollar metodologías y marcos conceptuales que vayan más allá de las orientaciones existentes, predominantemente reduccionistas, que puedan abordar las características emergentes de sistemas complejos en los que se integran sistemas culturales y sociales, construcciones tecnocientíficas y sistemas naturales”.

Rompiendo con ese reduccionismo habitual, Komiyama y Takeuchi (2006) –promotores de la Ciencia de la Sostenibilidad y coeditores de la revista *Sustainability Science*– abordan el problema de la Sostenibilidad considerando tres niveles estrechamente vinculados que ellos denominan “global” (la totalidad de la base planetaria de la supervivencia humana incluida la biosfera), “social” (relaciones económicas, políticas...) y “humano” (comportamiento personal). La Ciencia de la Sostenibilidad debe, pues, adoptar un planteamiento holístico en la identificación de los problemas y de las perspectivas considerando la Sostenibilidad de esos tres sistemas y de sus vínculos, con un programa de investigación-acción orientado hacia la puesta en marcha de soluciones.

Estos planteamientos que integran campos hasta aquí inconexos permiten afirmar que nos encontramos ante *una profunda revolución científica*, cuya necesidad se intuía ya a principios del siglo XXI (Vilches y Gil, 2003): después de la revolución copernicana que vino a unificar Cielo y Tierra, después de la Teoría de la Evolución, que estableció el puente entre la especie humana y el resto de los seres vivos... ahora estaríamos asistiendo a la integración del desarrollo social (económico, industrial, cultural...) con los procesos del llamado mundo natural, buscando comprender las interacciones entre la naturaleza y la sociedad, a fin de favorecer a ambas. Se derriban así barreras como la que ha venido separando las ciencias sociales de las naturales, haciendo posible la comprensión de una problemática que es sistémica y compleja.

Para mejor comprender el alcance de esta revolución científica conviene detenerse en las características de la nueva Ciencia de la Sostenibilidad. Por lo que llevamos dicho hasta aquí, es obvio que ha de ser profundamente *interdisciplinaria*, para evitar el olvido de factores esenciales, que deben ser contemplados *conjuntamente*, puesto que se abordan retos complejos en los que intervienen problemas muy diversos pero estrechamente vinculados. Eso obliga a integrar una pluralidad de conocimientos utilizando estrategias de investigación sistémicas, para no caer en simplificaciones inadecuadas que bloquean la comprensión y conducen a supuestas “soluciones” que generan problemas aún más graves que los que se pretendían resolver. Es lo que ocurrió, por citar un ejemplo paradigmático, con el uso del DDT, plaguicida sintetizado tras la segunda guerra mundial para lograr mejores cosechas y dar a comer a una población en rápido crecimiento: hubo que acabar prohibiéndolo por sus graves efectos permanentes sobre el medio ambiente, incluida la propia especie humana.

Esta interdisciplinariedad no puede limitarse a las disciplinas científicas, sino que ha de extenderse a todos los campos de conocimiento, incluyendo también las actividades artísticas. Como señalan Tonia Raquejo y José María Parreño en la presentación del libro “Arte y Ecología”, del que son editores, “La apreciación estética, tanto visual como literaria –por su potente capacidad de activar el campo simbólico y emocional-, supone una importante vía para la concienciación de los conflictos ambientales y la reclamación de medidas correctoras o reparadoras. (...) Además, las intervenciones artísticas llevadas a cabo en parajes transformados por la actividad industrial extractiva, como las minas y canteras, han resultado ser potencialmente opciones ecológicas para restaurar el territorio degradado” (Raquejo y Parreño, 2015). Se precisa, pues, profundizar en el diálogo ciencia/arte como “una vía integradora para abordar la crisis ambiental global” (Novo, 2015).

52

Pero la revolución científica que supone la Ciencia de la Sostenibilidad va más allá de la unificación de campos y resulta aún más profunda porque se ha comprendido que, para hacer posible la transición a la Sostenibilidad, es necesario incorporar en la investigación y toma de decisiones a personas cuyo trabajo habitual se desarrolla fuera del ámbito académico, ya que los objetivos, conocimientos y posibilidad de intervención de la ciudadanía resultan imprescindibles para definir y poner en práctica estrategias viables. Se trata, pues, de una ciencia *transdisciplinar* que potencia la participación ciudadana desde el origen mismo de los estudios realizados, es decir, que apuesta por una plena integración ciencia/sociedad que rompa el aislamiento del mundo académico y multiplique la efectividad del trabajo conjunto.

Debemos recordar a este respecto el papel esencial jugado por la ciudadanía en la resolución de problemas tan graves como el ya mencionado del DDT y otros contaminantes orgánicos persistentes. La denuncia realizada por Rachel Carson (1962) en su libro “*Primavera silenciosa*” provocó críticas violentas y un acoso muy duro por parte de la industria química, políticos, e incluso *numerosos científicos*, que negaron inicialmente valor a sus pruebas. Sin embargo, apenas 10 años más tarde se reconoció que el DDT era realmente un peligroso veneno y se prohibió su utilización en el mundo rico, aunque, desgraciadamente, se siguió utilizando en los países en desarrollo. Lo que interesa destacar aquí es que la batalla contra el DDT fue dada por científicos como Rachel Carson *en confluencia con grupos ciudadanos* que fueron sensibles a sus llamadas de atención y argumentos. De hecho Rachel Carson es hoy recordada como “madre del movimiento ecologista”, por la enorme influencia que tuvo su libro en el

surgimiento de grupos activistas que reivindicaban la necesidad de la protección del medio ambiente, así como en los orígenes del movimiento educativo que llamó la atención sobre la necesidad de vincular el estudio de la ciencia al contexto social: un movimiento que fue denominado CTS (Ciencia- Tecnología- Sociedad) y más recientemente CTSA (agregando la A de Ambiente para llamar la atención sobre los graves problemas de degradación del medio que afectan cada vez más a la totalidad del planeta). Sin la acción de estos grupos de ciudadanos y ciudadanas alfabetizados científicamente, es decir, *con capacidad para comprender los argumentos de Carson*, la prohibición se hubiera producido mucho más tarde, con efectos aún más devastadores. Una situación similar se vivió en los años 70 con el uso de los compuestos clorofluorocarbonados (CFC), utilizados en sistemas de refrigeración, pulverizadores, etc., y el hallazgo de que provocaban un peligroso adelgazamiento de la capa de ozono que nos protege de las radiaciones ultravioleta: gracias a los trabajos de científicos como Crutzen, Rowland y Molina y *al apoyo del movimiento ecologista*, que contribuyó a dar realce social a sus investigaciones, se logró en 1987 prohibir su uso en el Protocolo de Montreal, a tiempo de evitar una catástrofe mayor. Y si bien los tres investigadores acabaron obteniendo el Premio Nobel en 1995, no debemos olvidar que la primera reacción, sobre todo del mundo empresarial, fue poner en duda estos resultados acusando a los científicos de catastrofistas. Por ejemplo, el presidente de “Dupont”, líder mundial en producción de CFC, calificó los estudios de “relatos de ciencia ficción” y “montón de basura”. La acción ciudadana fue determinante para el logro del Protocolo de Montreal, como lo fue en la prohibición del DDT (Vilches y Gil Pérez, 2013).

Ejemplos como estos han contribuido a hacer ver la importancia de la *transdisciplinariedad* para la Ciencia de la Sostenibilidad, cuya problemática afecta muy directamente a la ciudadanía. Ya no se trata de esperar a que los movimientos ciudadanos reaccionen *a posteriori* ante los efectos negativos de un determinado desarrollo tecnocientífico, sino de implicarles desde el primer momento en los análisis y toma de decisiones.

Hablar, como acabamos de hacer, de *consecuencias socioambientales a corto, medio y largo plazo* conduce a referirnos a una tercera característica fundamental de esta nueva ciencia transformadora: sus estrategias deben responder a una *visión amplia*, holística, tanto espacial como temporalmente: han de estar concebidas en una perspectiva espacial *glocal* (a la vez global y local) y en una perspectiva temporal que contemple el corto, medio y *largo plazo*, esforzándose en anticipar riesgos y obstáculos y en aprovechar tendencias positivas (Asher,

2006). Dicho de otro modo, todos los tratamientos han de tener presente esta visión amplia, sólidamente fundamentada, para evitar las contradicciones que a menudo afectan a las medidas adoptadas para resolver problemas puntuales en el tiempo o en el espacio.

Y esta visión amplia, esta *cosmovisión* que fundamenta la *Ciencia de la Sostenibilidad* plantea explícitamente la construcción de una *sociedad sostenible*, en la que el crecimiento depredador e insolidario es sustituido por un desarrollo sostenible, susceptible de “satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988). Ahora bien, ¿en qué medida esta revolución científica está contribuyendo realmente a la cada vez más necesaria y urgente transición a la Sostenibilidad? Abordaremos, para terminar, esta cuestión esencial y extraeremos las implicaciones correspondientes para el desarrollo más eficiente del nuevo enfoque.

5. LA CIENCIA DE LA SOSTENIBILIDAD: MÁS ALLÁ DE UNA NUEVA DISCIPLINA

Ya se hizo referencia en la Introducción al pujante desarrollo de la Ciencia de la Sostenibilidad desde comienzos de este siglo XXI, con miles de artículos publicados anualmente al cabo de muy poco tiempo (Kajikawa et al., 2007) y un claro crecimiento exponencial (Bettencourt y Kaur, 2011). A comienzos de 2014, hemos realizado una búsqueda exhaustiva de los enlaces en Internet a las expresiones “*Sustainability Science*” y “*Ciencia de la Sostenibilidad*”, obteniendo cifras impresionantes de resultados. Incluso la misma enciclopedia Wikipedia no parece dejar lugar a dudas: “Sustainability science has emerged in the 21st century as a new academic discipline”. Desde 2005, en la Revista Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS, <http://sustainability.pnas.org/>), existe una sección para dar a conocer e impulsar las contribuciones a la Ciencia de la Sostenibilidad, con numerosos enlaces a webs relacionadas que muestran el creciente interés de este campo emergente en el mundo, como el proyecto impulsado por las Academias Nacionales de Ciencia y Tecnología para el Programa de Sustentabilidad (STS) (sites.nationalacademies.org/pga/sustainability/index.htm).

Podría concluirse, pues, que el surgimiento de esta nueva disciplina respondía a una clara necesidad y que está teniendo ya una notable influencia. Como se habrá podido constatar a lo largo de este artículo, concordamos plenamente en lo que se refiere a la necesidad y potencialidad de una Ciencia de la Sostenibilidad que oriente los estudios y realizaciones para la transición a la Sostenibilidad, con un nuevo enfoque inter y transdisciplinario en una perspectiva espacial y temporal amplias.

Sin embargo, dudamos que la nueva ciencia esté ejerciendo hasta ahora una influencia significativa, capaz de acelerar el necesario proceso de transición a la Sostenibilidad. El hecho mismo de que se conciba la Ciencia de la Sostenibilidad como una nueva *disciplina académica* con sus órganos propios de expresión nos lleva a plantearnos una importante cuestión: ¿Hasta qué punto ello no va a traducirse en un desarrollo relativamente estanco con escasa influencia sobre el resto de la comunidad científica y movimientos sociales (contradiendo así los principios de inter y transdisciplinariedad que están en su origen)? Con objeto de someter a prueba la hipótesis implícita en esta pregunta, hemos estudiado la presencia de referencias a la nueva ciencia en los trabajos publicados en nuestro campo de trabajo: la Didáctica de las Ciencias (Science Education). Hemos analizado para ello los títulos y resúmenes de los miles de artículos publicados, desde 2001 (año en el que comienza a hablarse de Ciencia de la Sostenibilidad) hasta marzo de 2014, en revistas de esta área en lengua inglesa y en castellano, junto a algunas en portugués, francés y catalán. El **cuadro 1** indica las 26 revistas analizadas, seleccionadas por encontrarse entre las más comúnmente manejadas entre los investigadores en Didáctica de las Ciencias y los educadores interesados en esta investigación y de fácil acceso. Debemos añadir que para el caso de bastantes de estas revistas, cuyo contenido seguimos regularmente número a número (como es el caso de, por ejemplo, *Enseñanza de las Ciencias*, *Science & Education* y un largo etc.) el análisis no se ha limitado a los resúmenes, sino que se ha extendido a la totalidad de los textos, incluidas las referencias manejadas.

CUADRO 1

Relación de las 26 revistas analizadas buscando menciones a la Ciencia de la Sostenibilidad

9 Revistas en inglés: <i>International Journal of Science Education</i> ; <i>Journal of Research in Science Teaching</i> ; <i>Journal of Science Education and Technology</i> ; <i>Research in Science & Technological Education</i> ; <i>Research in Science Education</i> ; <i>School Science Review</i> ; <i>Science & Education</i> ; <i>Science Education</i> ; <i>Studies in Science Education</i> .
12 Revistas en castellano: <i>Alambique</i> ; <i>CTS</i> , <i>Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad</i> ; <i>Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales</i> ; <i>Educación Química</i> ; <i>Enseñanza de las Ciencias</i> ; <i>Investigación en la Escuela</i> ; <i>Revista de Educación</i> ; <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> ; <i>Revista Española de Física</i> ; <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> ; <i>Revista Iberoamericana de Educación</i> ; <i>Tecné</i> , <i>Episteme</i> y <i>Didaxis</i> : <i>TED</i> .
3 Revistas en portugués: <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i> ; <i>Ciência & Educação</i> ; <i>Educação. Temas e Problemas</i> .
1 Revista en francés: <i>RDST Recherches en didactiques des sciences et des technologies</i> .
1 Revista en catalán: <i>Educació Química</i> .

56

El análisis realizado ha confirmado, lamentablemente, nuestra hipótesis: entre los varios miles de artículos publicados en cerca de tres lustros por las 26 revistas seleccionadas, solo hemos encontrado uno (al margen de nuestras propias contribuciones) que haga referencia a la Ciencia de la Sostenibilidad. Se trata de un artículo publicado en *Science Education* (Carter, 2008) que señala la novedad y potencial importancia de la nueva ciencia para el desarrollo de la educación científica durante el siglo XXI y reconoce las limitaciones de las disciplinas tradicionales para investigar situaciones complejas. Pero, según los resultados que acabamos de comentar, es preciso reconocer que esta potencialidad no ha dado lugar hasta el momento a un número significativo de contribuciones fuera de los órganos de expresión de la nueva disciplina. Todo parece indicar que la Ciencia de la Sostenibilidad, pese a sus planteamientos epistemológicos interdisciplinarios, está ejerciendo escasa influencia sobre la educación científica y, más concretamente, sobre la educación ambiental y para la Sostenibilidad; y cabe temer que lo mismo sucede con otras áreas. De hecho, una encuesta informal realizada a colegas biólogos, físicos, químicos, ingenieros y economistas de diversos departamentos de universidades valencianas (Universidad de Alicante, Universidad Politécnica de Valencia y Universitat de València) mostraba un desconocimiento total de la existencia de la nueva área de conocimientos. Se empieza a reconocer por ello que la nueva ciencia no está contribuyendo a la transición a la Sostenibilidad en la medida en que era de esperar (Kauffman & Arico, 2014).

6. CONCLUSIONES

Resultados como los expuestos nos hacen pensar que la auténtica revolución científica capaz de integrar el desarrollo social (económico, industrial, cultural...) con los procesos del llamado mundo natural -para mejor comprender las interacciones entre la naturaleza y la sociedad y favorecer a ambas- no puede darse solo con la creación de una nueva área de conocimiento, sino que ha de constituir *un nuevo paradigma*, una nueva orientación que ha de impregnar a todos los campos del conocimiento y actividades humanas: el trabajo de los biólogos, economistas, físicos, sociólogos, ingenieros, químicos, artistas plásticos, músicos, cineastas, periodistas, docentes, etc., sea cual sea su campo de actividad, ha de tener presente el conjunto de las repercusiones socioambientales –tanto a corto como a medio y largo plazo- de dicha actividad; y eso obliga a estudiar las aportaciones de otras disciplinas, así como el punto de vista de los movimientos ciudadanos. No tiene sentido hoy, por ejemplo, que se apruebe la extracción de hidrocarburos mediante la tecnología del “fracking” (fractura hidráulica) sin un análisis completo de sus consecuencias socioambientales a corto, medio y largo plazo, algo a lo que han de contribuir distintos sectores de la comunidad científica –no solo el que se plantea la viabilidad técnica del proceso- y, por supuesto, los sectores ciudadanos directa e indirectamente implicados.

En ello ha de residir, pensamos, la esencia de la Ciencia de la Sostenibilidad: el trabajo de los profesionales de cualquier área y del conjunto de la ciudadanía—así como la enseñanza de las distintas disciplinas y la educación ciudadana en general- ha de tener presente la exigencia de inter y transdisciplinariedad y de planteamientos glociales en una perspectiva temporal amplia. No basta con que exista una nueva disciplina que responda a dichas características, sino que estas características han de ser requisitos de cualquier tarea científica o profesional. Solo así será posible avanzar en la transición a la Sostenibilidad al ritmo que la gravedad de la situación lo requiere.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allenby, B. (2006). Macro-ethical systems and sustainability science, *Sustainable Science*, 1, 7-13.
- Ascher, W. (2006). Long-term strategy for sustainable development: strategies to promote far-sighted action. *Sustainability Science*, 1, 15-22.

- Ayestaran, I. (2009). La segunda revolución copernicana de Kant a Kuhn: El paradigma de la Sostenibilidad y la ética del cambio climático, *Revista Internacional de Filosofía*, 47, 65-81.
- Bergandi, D. y Galangau-Quérat, F. (2008). Le Développement durable. Les racines environnementalistes d'un paradigme, *Aster*, 46, 31-44.
- Bettencourt, L. & Kaur, J. (2011). Evolution and structure of sustainability science, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 6 December 2011, 19540-19545.
- Brown, L. R. (1998). El futuro del crecimiento, en The Worldwatch Institute, *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria.
- Bybee, R. W. (1991). Planet Earth in crisis: how should science educators respond? *The American Biology Teacher*, 53 (3), 146-153.
- Carter, L. (2008). Sociocultural Influences on Science Education: Innovation for Contemporary Times, *Science Education*, 92, 165-181.
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Boston, USA: Houghton Mifflin.
- Clark, W.C., Crutzen, P.J. & Schellnhuber, H. J. (2004). Science for global sustainability. Toward a new paradigm, en Schellnhuber, Crutzen, Clark, Claussen & Held (Eds.), *Earth System Analysis for Sustainability: Report on the 91st Dahlem Workshop*, Cambridge, Mass., & Londres: The Massachusetts Institute of Technology Press & Dahlem University Press.
- Clark, W.C. & Dickson, M. (2003). Sustainability science: The emerging research program, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8059- 8061.
- CMMAD (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo) (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.
- Diamond, J. (2006). *Colapso*. Barcelona: Debate.
- Duarte, C. (Coordinador) (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas).
- Engelman, R. (2013). Más allá de la sostenibilidad, en The Worldwatch Institute, *La situación del mundo 2013. ¿Es aún posible lograr la Sostenibilidad?* Barcelona: Icaria.
- Folke, C. (2013). Respetar los límites del planeta y recuperar la conexión con la biosfera. En Worldwatch Institute, *The State of the World 2013: Is Sustainability Still Possible?* New York: W.W. Norton. (Versión en castellano con el título "¿Es aún posible lograr la Sostenibilidad?", editada en Barcelona por Icaria). Capítulo 2.
- Green, P. (2013). Conformar las respuestas comunitarias frente a la catástrofe. En Worldwatch Institute, *The State of the World 2013: Is Sustainability Still Possible?* New York: W.W. Norton. (Versión en castellano con el título "¿Es aún posible lograr la Sostenibilidad?", editada en Barcelona por Icaria). Capítulo 33.

- Kajikawa, Y., Ohno, J., Takeda, Y., Matsushima, K. & Komiyama, H. (2007). Creating an academic landscape of sustainability science: an analysis of the citation network, *Sustainability Science*, 2, 221-231.
- Kates, R. W., Clark, W.C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C.C., Lowe, I., Mccarthy, J. J., Schellnhuber, H. J., Bolin, B., Dickson, N. M., Faucheux, S., Gallopin, G. C., Grübler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N. S., Kasperson, R. E., Mabogunje, A., Matson, P., Mooney, H., Moore, B. Iii., O'riordan, T. & Svedin, U. (2001). Sustainability Science, *Science* 27 April 2001, Vol. 292 no. 5517, 641-642.
- Kauffman, J. & Arico, S. (2014). New Directions in Sustainability Science: Promoting Integration and Cooperation, Editorial, Special Feature, *Sustainability Science*, 9 (4), on line 8 august, 2014. DOI 10.1007/s11625-014-0259-3.
- Komiyama, H. & Takeuchi, K. (2006). Sustainability science: building a new discipline, *Sustainability Science*, 1 (1), 1-6.
- Lubchenco, J. (1998). Entering the Century of the Environment: A New Social Contract for Science. *Science*, 279, 491-497.
- Marsh, G.P. (1864). *Man and Nature*. Citado por Bergandi y Galangau-Quérat (2008).
- Mayor Zaragoza, F. (2000). *Un mundo nuevo*. Barcelona: UNESCO. Círculo de lectores.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens, W. (1972). *Los límites del crecimiento*. Madrid, España: Fondo de Cultura Económica.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L. & Randers, J. (1992). *Más allá de los límites del crecimiento*, Madrid, España: El País-Aguilar.
- Meadows, D. H., Randers, J. & Meadows, D. L. (2006). *Los límites del crecimiento 30 años después*. Barcelona, España: Galaxia Gutemberg.
- Novo, M. (2015). El diálogo ciencia/arte: una vía integradora para abordar la crisis ambiental global. En Raquejo, T. y Parreño, J. (eds.). *Arte y Ecología*. Madrid: UNED.
- Raquejo, T. y Parreño, J. (2015). *Arte y Ecología*. Madrid: UNED
- Sachs, J. (2008). *Economía para un planeta abarrotado*. Barcelona: Debate.
- Turner, B.L., Kaspersonb, R., Matsone, P., McCarthy, J., Corell, R., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J., Luers, A., Martello, M., Polsky, C., Pulsipher, A. & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 100, 8074-8079.
- Vilches, A. y Gil-Pérez, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.
- Vilches, A. y Gil Pérez, D. (2013). Ciencia de la Sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la Química y la Educación Química están contribuyendo, *Educación Química*, 24 (2), 199-206.
- Vilches, A., Macías, O. y Gil-Pérez, D. (2014). *La transición a la Sostenibilidad. Un desafío urgente para la ciencia, la educación y la acción ciudadana*. Temas clave de

reflexión y acción. Madrid: OEI. ISBN 978-84-7666-204-5 (<http://www.oei.es/decada/index.php>)

Worldwatch Institute (1984-2015). *The State of the World*. New York: W.W. Norton. (Versiones en castellano, *La situación del mundo*, Barcelona: Icaria).

Meadows, D. H., Meadows, D. L. & Randers, J. (1992). *Más allá de los límites del crecimiento*, Madrid, España: El País-Aguilar.

Meadows, D. H., Randers, J. & Meadows, D. L. (2006). *Los límites del crecimiento 30 años después*. Barcelona, España: Galaxia Gutenberg.

Sachs, J. (2008). *Economía para un planeta abarrotado*. Barcelona: Debate.

Turner, B.L., Kasperson, R., Matsone, P., McCarthy, J., Corell, R., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J., Luers, A., Martello, M., Polsky, C., Pulsipher, A. & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 100, 8074-8079.

Vilches, A. y Gil-Pérez, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.

Vilches, A. y Gil Pérez, D. (2013). Ciencia de la Sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la Química y la Educación Química están contribuyendo, *Educación Química*, 24 (2), 199-206

60

Vilches, A., Macías, O. y Gil Pérez, D. (2009). *Década de la Educación para la sostenibilidad. Temas de Acción Clave*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, Accesible en: <http://www.oei.es/decada/index.php>

Worldwatch Institute (1984-2014). *The State of the World*. New York: W.W. Norton. (Versiones en castellano, *La situación del mundo*, Barcelona: Icaria).