
LA CIENCIA EMERGENTE DE LA SUSTENTABILIDAD: DE LA PRÁCTICA CIENTÍFICA HACIA LA CONSTITUCIÓN DE UNA CIENCIA

Walter Salas-Zapata, Leonardo Ríos-Osorio y Javier Álvarez-Del Castillo

RESUMEN

El término 'ciencia de la sustentabilidad' se ha utilizado para referirse más a la actividad científica orientada a promover el paso de las sociedades hacia trayectorias sustentables, que para hacer alusión a un conjunto de principios bajo los cuales una comunidad científica pueda construir conocimiento de forma sistemática alrededor de un objeto de estudio, que es lo que caracteriza a una ciencia. Este ensayo sostiene la tesis que en el seno de esta actividad científica está emergiendo una ciencia de

la sustentabilidad en el sentido moderno y no meramente una práctica científica. Esta afirmación tiene fundamento en el hecho de que es posible definir la resiliencia socioecológica de los sistemas como objeto de estudio de la ciencia de la sustentabilidad, que es el soporte de transdisciplinas como la economía ecológica, ecología política, ética ambiental, ecología industrial, ecología cultural y la agroecología; y además, este objeto de estudio está ontológica y epistemológicamente sustentado.

THE EMERGING SCIENCE OF SUSTAINABILITY: FROM SCIENTIFIC PRACTICE TO THE MAKE-UP OF A SCIENCE

Walter Salas-Zapata, Leonardo Ríos-Osorio and Javier Álvarez-Del Castillo

SUMMARY

The term 'sustainability science' has been used to mean the scientific activity oriented to promote the transition of societies toward sustainability but is not referred to a set of principles a scientific community is based on for building knowledge systematically about a study object, which is finally what characterized all sciences. This assay argues that within this scientific activity a science of sustainability is emerging as a modern one and not

merely as a scientific practice. This conclusion is supported on the fact that it is possible to define social-ecological resilience of systems as study object of sustainability science, which is in turn the foundation of transdisciplines such as ecological economics, political ecology, environmental ethics, industrial ecology, cultural ecology and agroecology. Additionally, this study object has ontological and epistemological foundations.

Introducción

El surgimiento del desarrollo sustentable como proyecto social y político de la humanidad, así como los problemas que motivaron el origen de éste, ha promovido la orientación de esfuerzos hacia la búsqueda de la transición de las sociedades hacia trayectorias sustentables. Esta actividad se ha denominado ciencia de la sustentabilidad (Kates *et al.*, 2001; Clark y Dickson, 2003; Martens, 2006; Kajikawa, 2008). Sin

embargo, el término 'ciencia de la sustentabilidad' no ha sido utilizado para referirse a una ciencia en particular sino para hacer alusión a la investigación científica enfocada en los problemas que son de interés del desarrollo sustentable (Clark y Dickson, 2003). Esto se debe, en gran parte, a que el desarrollo de principios propios bajo los cuales la comunidad de investigadores en sustentabilidad pueda construir sistemáticamente conceptos y teorías que soporten un cuerpo autó-

nomo de conocimiento, es todavía incipiente (Clark y Dickson, 2003; Kajikawa, 2008).

Lo anterior no necesariamente lleva a concluir que la sustentabilidad no es una ciencia, pues las ciencias no se forman en un día sino en medio de un proceso de evolución de sistemas de enunciados que se crean alrededor de objetos de estudio que inicialmente se van dotando de sistemas conceptuales y teóricos con métodos propios, y luego se valen de normas

de verificación y criterios formales que le dan carácter científico a la construcción de conocimiento (Foucault, 1997). La definición de un objeto de estudio es, por tanto, el punto de inicio de la comprensión de los problemas y preguntas de cada ciencia (Vargas, 2003). Por esa razón no se puede configurar una ciencia si no hay un objeto de estudio definido.

El objeto de estudio de una ciencia es la porción de realidad donde recae la cognición de la misma (Vargas, 2003).

PALABRAS CLAVE / Ciencia de la Sostenibilidad / Ciencia de la Sustentabilidad / Epistemología / Ontología / Resiliencia Socioecológica /

Recibido: 16/06/2011. Aceptado: 01/09/2011.

Walter Alfredo Salas Zapata. Candidato a Ph.D. en Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, Universidad Politécnica de Cataluña, España. Profesor, Universidad de Antioquia, Colombia. Dirección: Escuela de Microbio-

logía. Calle 67 No.53-108, Oficina 5-418, Ciudad Universitaria. Medellín-Colombia. e-mail: wsalas@udea.edu.co

Leonardo Alberto Ríos Osorio. Ph.D. en Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, Universi-

dad Politécnica de Cataluña, España. Profesor, Universidad de Antioquia, Colombia.

Javier Álvarez Del Castillo. Ph.D. en Ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña, España. Profesor, Escuela Técnica Supe-

rior de Ingeniería Industrial y Aeronáutica de Terrassa, Universidad Politécnica de Cataluña, España.

RESUMO

O termo 'ciência da sustentabilidade' tem sido utilizado para referir-se mais à atividade científica orientada a promover o passo das sociedades para trajetórias sustentáveis, que para fazer alusão a um conjunto de princípios sob os quais uma comunidade científica possa construir conhecimento de forma sistemática ao redor de um objeto de estudo, que é o que caracteriza a uma ciência. Este ensaio defende a tese que no meio desta atividade científica está emergindo uma ciência da

sustentabilidade no sentido moderno e não meramente uma prática científica. Esta afirmação tem fundamento no fato de que é possível definir a resiliência socioecológica dos sistemas como objeto de estudo da ciência da sustentabilidade, que é o suporte de transdisciplinas como a economia ecológica, ecologia política, ética ambiental, ecologia industrial, ecologia cultural e a agroecologia, além disso, este objeto de estudo está ontológica e epistemologicamente sustentado.

Es la definición de aquello que se precisa conocer. Es el marco de realidad en el que se ubican los problemas de investigación de una comunidad científica. Por esa razón, si en una comunidad científica no hay consenso alrededor de cuál es su objeto de estudio, las observaciones y explicaciones propuestas por sus miembros estarán referidas a fenómenos diferentes cuando realmente éstos pretenden entender un mismo problema.

En consecuencia, la falta de consenso sobre un objeto de estudio lleva inevitablemente a un retraso en la construcción de teorías y conceptos, dificulta el entendimiento de los problemas objeto de investigación, y finalmente deriva en una limitada capacidad de la ciencia para proponer soluciones. Por esa razón, sin la definición de un objeto de estudio sería muy difícil que la llamada 'ciencia de la sustentabilidad' se consolide como ciencia y contribuya a una existencia sustentable de la humanidad.

En este ensayo sostenemos la tesis de que en el seno de la investigación para el desarrollo sustentable se está gestando una ciencia de la sustentabilidad con objeto propio, con carácter de ciencia madre y no solamente una mera práctica científica. El ensayo se desarrolla en tres partes: en la primera se propone un objeto de estudio para la ciencia de la sustentabilidad a partir de la búsqueda

de puntos de convergencia entre autores; en la segunda se analiza este objeto de estudio para sustentar la participación que diferentes transdisciplinas han tenido en el desarrollo de la ciencia de la sustentabilidad; y en la tercera, se describen los fundamentos onto-epistemológicos de este objeto de estudio y sus posibles abordajes desde diferentes enfoques.

La Definición de un Objeto de Estudio para la Ciencia de la Sustentabilidad

Sobre el objeto de estudio de la ciencia de la sustentabilidad poco se ha escrito y mucho menos consensado. Tal vez los aportes más significativos en ese sentido son los trabajos de Gallopín (2001, 2004, 2006), Ríos *et al.* (2009) y Jiliberto (2006a). Si bien el primero no utiliza el término 'objeto de estudio', sí utiliza uno cercano como es el de 'unidad de análisis'. Para Gallopín (2001, 2004, 2006) esta unidad de análisis es el sistema socioecológico, que Ríos *et al.* (2009) asumen como objeto de estudio. Por su parte, Jiliberto (2006a) no menciona un objeto de estudio en particular para la ciencia de la sustentabilidad pero sí argumenta el carácter ontológico que éste debería tener.

Aunque la definición de un objeto de estudio es un proceso gradual de construcción de consenso, según Vargas (2003) se puede dar un paso

adelante en la definición de objetos mediante el establecimiento de un conjunto de proposiciones que definan la constitución de la 'cosa' o de aquello que se precisa conocer. En ese sentido, la definición de un objeto de estudio para la ciencia de la sustentabilidad supone, de un lado, tomar proposiciones de diferentes autores para aumentar la probabilidad de que dicho objeto represente un mínimo consenso entre los investigadores, y de otro lado, tomar únicamente proposiciones que definan o sugieran qué porción de realidad sería objeto de cognición en esta ciencia. Esto es tomar proposiciones que definan la sustentabilidad como fenómeno de la realidad a estudiar y no como meta social de la humanidad.

Al hacer este ejercicio se encuentran las proposiciones descritas en la Tabla I. Cabe anotar que si bien pueden existir más proposiciones de las señaladas en esta tabla, es muy probable que ellas guarden identidad y coherencia con algunas de las incluidas en la misma, pues en su construcción se privilegió la variedad de proposiciones más no la cantidad, dado que el punto de partida de la construcción de consenso es la identificación de la similitud dentro del reconocimiento de la variedad.

En la Tabla I se pueden encontrar dos tipos de proposiciones que sugieren dos maneras de entender la sustentabilidad como porción de

realidad a estudiar. De un lado se encuentran aquellas proposiciones que sugieren que la sustentabilidad es un principio, un atributo o una cualidad de determinados sistemas, y desde cuya perspectiva el objeto de estudio sería la resiliencia o la integración equilibrada de varios sistemas (Jiménez, 2002, 2008; Fiksel, 2006; Gallopín, 2006; Jiliberto, 2006b), y de otro lado se encuentran las proposiciones que sugieren que lo que estudia la ciencia de la sustentabilidad son las interacciones naturaleza-sociedad que corresponden a las interacciones entre sistemas sociales, como los económicos, culturales, políticos y sociales, y los sistemas ecológicos, como la naturaleza y el ambiente. Desde esta segunda perspectiva el objeto de estudio de la ciencia de la sustentabilidad serían los sistemas socioecológicos, que son sistemas constituidos por acoplamientos entre sistemas sociales y ecológicos (Costanza *et al.*, 1991; Gallopín 2001, 2006; Kates *et al.*, 2001; Clark y Dickson, 2003; Fiksel 2006; Jiliberto, 2006b).

Cómo se puede observar, sobresalen dos maneras de definir el objeto de estudio de la ciencia de la sustentabilidad, una más formal y funcional que lo define como resiliencia e integración equilibrada de los sistemas, y otra más estructural que lo asume como las interacciones o sistemas socioecológicos.

TABLA I
PROPOSICIONES TENIDAS EN CUENTA PARA LA DEFINICIÓN
DEL OBJETO DE ESTUDIO

Como fenómeno de la realidad la sustentabilidad es:

Sostenibilidad es... un principio funcional aplicable a determinados sistemas (Jiménez, 2002).

Sostenibilidad es... una propiedad o atributo de los sistemas abiertos a interacciones con su mundo externo (Gallopín, 2006).

Los sistemas sustentables son sistemas resilientes. Entender los sistemas sustentables implica el reto de entender su resiliencia. La resiliencia puede definirse como la capacidad de un sistema de tolerar las perturbaciones mientras mantiene su estructura y función (Fiksel, 2006).

La sostenibilidad de un sistema... puede entenderse como resiliencia... (que) es la capacidad de los sistemas para recuperar los equilibrios y absorber esfuerzos o fluctuaciones externas teniendo en cuenta su habilidad autoorganizativa. (Es la) capacidad de los sistemas sociales y naturales para hacer frente a las fluctuaciones y adaptarse a los cambios (Jiménez, 2002, 2008).

La sostenibilidad de un sistema... es una integración equilibrada... ¿Qué entidad es preciso integrar?... sistemas en los que la naturaleza, la economía, la salud y la educación se integran (Jiliberto, 2006b).

El concepto de sustentabilidad solo tiene sentido cuando se relaciona con determinados sistemas de referencia (Jiménez, 2008)... (es) indispensable especificar claramente el sistema al que se está aplicando el concepto (Gallopín, 2006).

La unidad de análisis apropiada para la ciencia de la sustentabilidad debe ser el sistema socioecológico (Gallopín, 2001)... el sistema socioecológico está compuesto por cuatro subsistemas principales: el social, el económico, el institucional y el ambiental, y las relaciones entre ellos (Gallopín, 2006).

La ciencia de la sustentabilidad trata de entender el carácter fundamental de las interacciones entre naturaleza y sociedad (Kates *et al.*, 2001).

La ciencia de la sustentabilidad se enfoca en las interacciones dinámicas entre naturaleza y sociedad (Clark and Dickson, 2003).

La ciencia de la sustentabilidad debe abordar las diferentes magnitudes de escala (tiempo, espacio y función), equilibrios y balances, múltiples actores (intereses), y fallas sistémicas (Martens, 2006).

Sostenibilidad... es la relación dinámica entre sistemas económicos y ecológicos en la que (i) la vida humana puede continuar indefinidamente, (ii) las individualidades humanas pueden prosperar, y (iii) las culturas se pueden desarrollar, en una forma tal que las actividades humanas no destruyan la diversidad, complejidad y función del soporte ecológico de la vida (Costanza *et al.*, 1991).

La caracterización de las interacciones naturaleza-sociedad implica el estudio de las relaciones entre los sistemas industriales (energía, transporte, manufacturas, producción de alimentos), sistemas sociales (urbanización, movilidad, comunicación), y sistemas naturales (suelos, atmósfera, sistemas acuáticos y bióticos), incluyendo los flujos de información, riqueza, materias, energía, trabajo, y desechos (Fiksel, 2006).

No obstante, si bien los objetos señalados por ambas perspectivas son parte del objeto, también cabría anotar que optar por uno u otro sería definir un objeto de estudio incompleto.

Entre las razones para no aceptar la 'resiliencia por sí sola' como objeto de estudio se pueden mencionar: primero, la concepción de la resiliencia como la capacidad que tiene un sistema de recuperar su punto de equilibrio luego de una perturbación, parte del falso supuesto de que los sistemas siempre buscan un punto de equilibrio, pues esto no sucede en los sistemas sociales, ecológicos y socioecológicos que no tienen uno sino varios puntos

de equilibrio (Holling, 1973). Por esa razón tampoco puede asumirse la 'integración equilibrada de los sistemas' como el objeto de estudio de la ciencia de la sustentabilidad. Segundo, la resiliencia por sí sola ha sido ampliamente estudiada por la física y la ingeniería, en el ámbito de resistencia de materiales; y por la ecología, para entender los mecanismos de ajuste de los ecosistemas ante las perturbaciones. Y tercero, las interacciones socioecológicas, que tradicionalmente han sido omitidas por las ciencias clásicas, han jugado un papel tan fundamental en los problemas de insustentabilidad del desarrollo que su omisión significaría perpetuar los pro-

blemas que la ciencia de la sustentabilidad pretende resolver.

Así mismo, entre las razones para no aceptar las 'interacciones o los sistemas socioecológicos' como el objeto de estudio se encuentran: primero, el concepto de sustentabilidad en esencia se refiere a un comportamiento de los sistemas y no a su constitución. Lógicamente, aunque la constitución de un sistema tiene relación con la sustentabilidad del mismo, asumir únicamente el componente material del objeto de estudio, excluyendo su comportamiento, significaría abordar un sistema sin el fenómeno fundamental que se desea entender. Y segundo,

las interacciones naturaleza-sociedad han sido objeto de estudio de las disciplinas cuando alcanzan un nivel transdisciplinar, y desde esa perspectiva la ciencia de la sustentabilidad no se diferenciaría de otras ciencias.

De ese modo, ni la resiliencia ni las interacciones socioecológicas, de forma separada, harían que la ciencia de la sustentabilidad tenga identidad para reconocerse como una ciencia diferente de las demás. Bajo estas consideraciones, se puede decir que ambos componentes son necesarios en el objeto de estudio y que la resiliencia ha sido un fenómeno estudiado en sistemas de la misma naturaleza pero no ha sido estudiada en sistemas definidos a partir de sus interacciones socioecológicas.

En ese sentido podría decirse que el objeto de estudio de la ciencia de la sustentabilidad es la resiliencia de los sistemas socioecológicos. Sin embargo, la denominación de sistema socioecológico no se refiere a ningún sistema en particular sino a cualquier sistema constituido por interacciones socioecológicas. En consecuencia, sin importar el sistema de que se trate lo importante para la ciencia de la sustentabilidad es entender la resiliencia vinculada a las interacciones socioecológicas. Por esa razón, sería más apropiado afirmar que el objeto de estudio de la ciencia de la sustentabilidad es la resiliencia socioecológica de los sistemas.

La resiliencia es considerada la propiedad y el fundamento de los sistemas sustentables (Holling, 1996, 2001; Perrings, 1998; Fiksel, 2003, 2006). Pero cabe anotar que la resiliencia tiene diferentes definiciones (Holling, 1994; Folke, 2006) y que la que ha mostrado ser más apropiada para entender la resiliencia en sistemas socioecológicos es la que define resiliencia como la capacidad que tienen los sistemas de auto-organizar adaptativamente sus estruc-

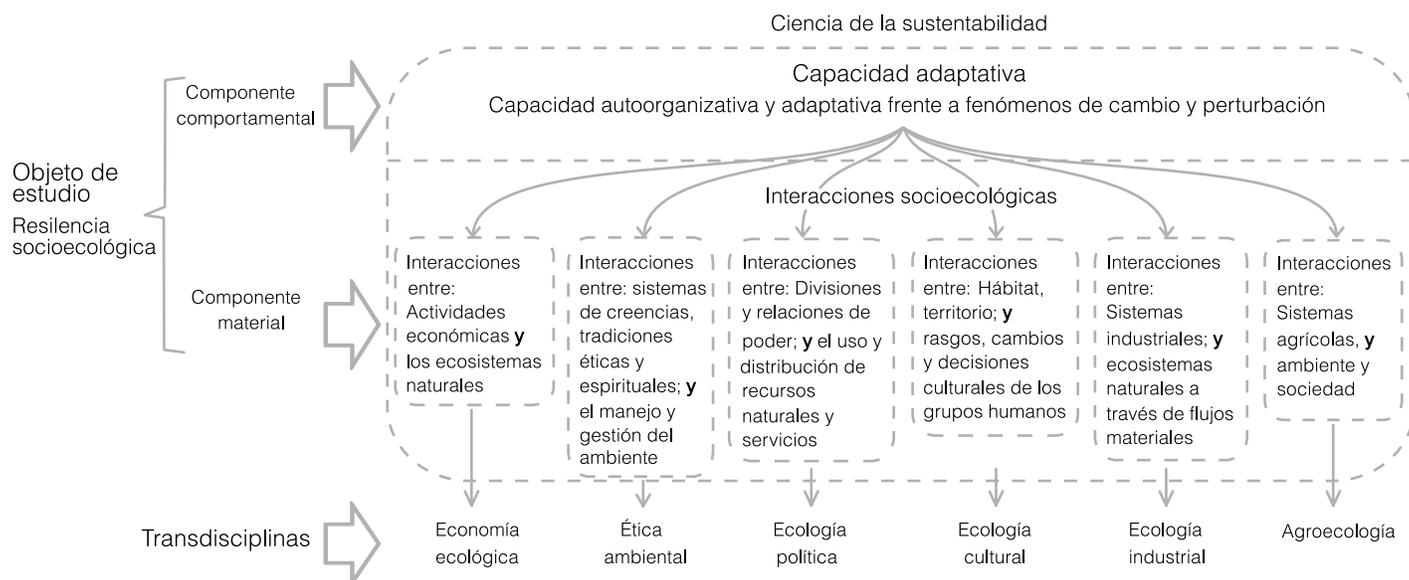


Figura 1. Transdisciplinas de la ciencia de la sustentabilidad.

turas e interacciones socioecológicas para enfrentar las perturbaciones, y persistir sin cambios significativos en sus atributos y funciones esenciales (Levin *et al.*, 1998; Holling, 2001; Berkes *et al.*, 2003; Norberg y Cumming, 2008).

Las Transdisciplinas de la Ciencia de la Sustentabilidad

Asumir la resiliencia socioecológica de los sistemas como el objeto de estudio de la ciencia de la sustentabilidad lleva a que inevitablemente esta ciencia tenga un carácter transdisciplinar, cuyo objeto de estudio está constituido por dos componentes que son el comportamiento adaptativo y las interacciones socioecológicas que están sujetas a procesos de reajuste y organización, e implica la integración disciplinar en núcleos propios de conocimiento denominados transdisciplinas.

Las interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos no siempre son las mismas. Pueden ser de diferente tipo según los sistemas sociales y ecológicos específicamente involucrados en una interacción dada. Por ejemplo, las interacciones cultu-

ra-ecosistema, son diferentes de las interacciones economía-ecosistema, y estas a su vez difieren de las interacciones política-naturaleza. Todas ellas son interacciones socioecológicas pero se diferencian entre sí por los sistemas particularmente involucrados.

Deliberadamente o no, estos tipos particulares de interacción se enmarcan en el objeto de estudio de la ciencia de la sustentabilidad y han dado lugar al surgimiento de diferentes transdisciplinas, tales como la economía ecológica, la ecología política, la ética ambiental, la ecología cultural, la ecología industrial y la agroecología, donde cada una de ellas además de ocuparse del análisis descriptivo y funcional de un tipo de interacción socioecológica, se ha enfocado sobretudo en la búsqueda por entender la armonía, desbalances, impactos, ajustes y desajustes que se generan en los sistemas involucrados en tales interacciones y comprometen la existencia de estos (Figura 1).

Lo anterior significa que estas transdisciplinas no solamente se enfocan en una interacción socioecológica particular sino también en los procesos de cambio,

adaptación, y auto-organización que se presentan en medio de dicha interacción. Por esa razón se puede decir que el objeto de estudio que subyace a todas ellas es la resiliencia socioecológica de los sistemas, y como toda disciplina, estas transdisciplinas corresponden a formas de organización del conocimiento de una ciencia.

De ese modo, se puede observar que la economía ecológica no solamente estudia las interacciones entre los ecosistemas y los sistemas y actividades económicas, sino fundamentalmente cómo estas relaciones pueden organizarse de manera sustentable (Baumgärtner *et al.*, 2008). Así mismo, la ética ambiental se ha preocupado por desarrollar una filosofía de las relaciones entre los seres humanos con su ambiente, y particularmente, las relaciones entre los sistemas de creencias, las tradiciones éticas y espirituales, y el manejo y gestión del ambiente, pues la ética convencional tradicionalmente se ha ocupado de las relaciones hombre-hombre y no de las relaciones hombre-ambiente (Berkes *et al.*, 2003)

Por su parte, la ecología política procura entender

cómo las divisiones y relaciones de poder, basadas en diferencias sociales, económicas y culturales, influyen en las relaciones ecológicas, la distribución de los recursos, y el beneficio de los servicios ecosistémicos entre los actores de un territorio dado (Berkes *et al.*, 2003). Y por otra parte, la ecología cultural se enfoca en la relación entre el hábitat, el ambiente o el territorio, y los rasgos y cambios culturales; pero particularmente busca entender cómo los procesos de adaptación y cambio en las decisiones y conductas de los grupos humanos emergen de estas relaciones entre cultura y ambiente (Davidson-Hunt y Berkes, 2003).

La ecología industrial fundamentalmente intenta entender cómo el sistema industrial puede evolucionar, ser regulado y reestructurado para ser más compatible con los ecosistemas naturales. Se enfoca, por tanto, en las relaciones entre los componentes del sistema industrial y la biósfera, que se dan a través del sustrato biofísico de las actividades humanas y los flujos materiales de la actividad industrial (Erkman, 1997).

De igual modo, la agroecología se enfoca en

entender las relaciones entre los sistemas agrícolas y el ambiente y la sociedad dentro de los cuales se desarrolla la actividad agrícola. Particularmente, intenta comprender como estos procesos y relaciones permiten gestionar y adaptar los sistemas agrológicos a las fluctuantes dinámicas del entorno humano y natural (Altieri, 1999). Como se puede observar, todas estas transdisciplinas buscan entender la resiliencia socioecológica pero, como lo ilustra la Figura 1, en diferente tipos de interacción socioecológica.

De ese modo, se puede decir que la ciencia de la sustentabilidad que se ha venido configurando es una ciencia madre, que así como la biología y la sociología han dado lugar a diferentes disciplinas, ésta ciencia se soporta en un objeto de estudio que ha venido siendo desarrollado por diferentes transdisciplinas científicas.

Fundamento Onto-Epistemológico de la Resiliencia Socioecológica de los Sistemas

La cuestión fundamental de la ontología es la definición de la naturaleza de las entidades que existen en la realidad, y la de la epistemología es establecer las vías para fundamentar, producir y validar el conocimiento de tales entidades. Estas entidades son los objetos de estudio (Vargas, 2003; Padrón, 2007).

Desde el punto de vista ontológico los objetos de estudio de las ciencias se han clasificado en objetos de carácter natural, objetos sociales y culturales, objetos lógico-formales, y objetos de correspondencia al espíritu y la conciencia (Vargas 2003); y estos a su vez han dado lugar, respectivamente, a las ciencias, han dado lugar a las ciencias empírico-analíticas (como la biología, la física y la química), las ciencias formales (como las matemáticas y la lógica), las ciencias

socio-históricas (como la economía, la sociología, la antropología y las ciencias políticas), y las ciencias de la conciencia y el espíritu (como la psicología, entre otras).

Esta clasificación de las ciencias y sus objetos de estudio tiene origen en la filosofía griega de comienzos del siglo IVa.c., a la que se atribuye la descomposición de la realidad en el dualismo ser/ente (Lee-Teles, 2006); y también se debe al surgimiento y consolidación del positivismo durante la modernidad. Pues para el positivismo, y particularmente el positivismo Popperiano, todas las entidades que existen en la realidad pueden ser de tres tipos o mundos: i) el mundo de las cosas o de lo objetivo, donde está todo lo que se puede percibir a través de los sentidos, ii) el mundo del Yo o de lo subjetivo, donde se encuentran los símbolos, los contenidos de la conciencia y de la vida interior del sujeto, y iii) el mundo de los constructos compartidos o de lo intersubjetivo, donde se encuentran las ideas y las representaciones colectivas tales como la lengua, el arte, la religión, la ciencia, la ley, etc. (Padrón, 2007).

Esta perspectiva ontológica se conoce como ontología metafísica (Lee-Teles, 2006), y ha sido el cimiento de la mayoría de las ciencias que hoy se conocen. Su premisa fundamental es que la realidad y todas las entidades que en ella existen se conciben solo a través de objetos, sujetos, y de construcciones intersubjetivas.

La definición de la realidad a partir de la ontología metafísica tiene varias limitaciones. De un lado, al constituirse únicamente sobre la dimensión espacial de la realidad, niega el tiempo que es una dimensión indispensable para la existencia y relacionamiento de cualquier entidad y, por consiguiente, ignora el movimiento y el carácter dinámico de la rea-

lidad, pues ésta no solamente está constituida por objetos, sujetos y construcciones intersubjetivas, sino también por procesos. De otro lado, esta perspectiva ontológica reduce la relación sujeto-objeto al ámbito de las percepciones que construye el sujeto sobre el objeto, lo que a su vez constituye una óptica limitada para concebir y entender las interacciones sociedad-naturaleza.

La resiliencia socioecológica de un sistema no es un objeto y tampoco un sujeto, y mucho menos una construcción intersubjetiva. La capacidad de un sistema socioecológico de reajustarse adaptativamente en respuesta a una perturbación para mantener unos atributos esenciales es un proceso, un comportamiento y una dinámica del sistema. Por esa razón, desde la ontología metafísica, que ha permeado el pensamiento de la mayoría de las comunidades científicas que hoy existen en el mundo, no se entiende cómo la resiliencia socioecológica puede ser un objeto de estudio y tampoco que la llamada 'ciencia de la sustentabilidad' se considere una ciencia.

Sin embargo, desde la perspectiva de Foucault y Deleuze (Lee-Teles, 2006) la realidad es el movimiento en el que se integran la totalidad de cosas existentes. En ese sentido, la utilización de objetos, sujetos, y construcciones intersubjetivas como unidades para filtrar y conocer la realidad es un error debido a que estas entidades son atemporales y no dan cuenta de dicho movimiento. Por esa razón, desde esta perspectiva la unidad más apropiada para filtrar y acceder a la realidad es el acontecimiento, o evento. Esta perspectiva ontológica se denomina ontología histórica.

“El acontecimiento expresa la mutua pertenencia de la existencia y el tiempo” (Lee-Teles, 2006) y viene a ser la unidad básica de reproducción de la realidad, porque

en cada acontecimiento la realidad, que es una totalidad no fragmentada, se muestra tal y como es. El acontecimiento no es una cosa o un mero objeto, sino un proceso, y asumirlo como unidad en la que se reproduce la realidad no niega la existencia de los objetos, aunque es en el acontecimiento donde todo lo existente se teje y entreteje (Jiliberto, 2006a).

Por esa razón, el carácter ontológico de la resiliencia socioecológica de los sistemas es histórico-temporal y como objeto de estudio no es aprehensible a través de objetos, sujetos, ni de construcciones intersubjetivas sino por medio de unidades de realidad llamadas acontecimientos, o eventos. En ese sentido, la perspectiva ontológica que sustenta a la ciencia de la sustentabilidad es la ontología histórica y no la metafísica. En consecuencia, para la realización de investigaciones en sustentabilidad el problema a estudiar no debe ser asumido a través de objetos sino de eventos (Jiliberto, 2006a).

Enfoques Epistemológicos para la Ciencia de la Sustentabilidad

Si la perspectiva ontológica que sustenta a la ciencia de la sustentabilidad es histórica, en tanto ontológicamente la resiliencia socioecológica es un acontecimiento y no un objeto, un sujeto y tampoco una construcción intersubjetiva, entonces no tendría sentido que el sustento epistemológico de esta ciencia sea el mismo que han tenido las ciencias clásicas basadas en una ontología metafísica.

Desde la ontología metafísica la realidad se compone de objetos, sujetos y constructos intersubjetivos, y la mejor manera de conocerla es mediante la separación entre el observador y lo observado; en cambio desde la ontología histórica, para captar un acontecimiento, el investigador requiere “hundirse en él

y experimentar la propia existencia como relacionalidad. Ello es relación de sí consigo, con los demás y con el mundo” (Lee-Teles, 2006).

En ese sentido los enfoques epistemológicos para la ciencia de la sustentabilidad deberían considerar tres aspectos fundamentales. Primero, sugerir al investigador la filtración del problema de investigación a través de la resiliencia socioecológica, que ontológicamente es un acontecimiento y no un objeto, un sujeto o una construcción intersubjetiva; segundo, asumir que el acontecimiento es una unidad de realidad donde entidades de orden cultural, social, político, económico, y ecológico se integran a un proceso; y tercero, sustentar la vinculación entre el investigador y el problema de investigación (en tanto acontecimiento) como vía para la construcción de conocimiento. En ese sentido cabe analizar algunos enfoques epistemológicos que han sido propuestos para la investigación en sustentabilidad a la luz de estos tres aspectos.

Epistemología representacionista

Este enfoque es la expresión del positivismo en el análisis de sistemas complejos. No está sustentado en la ontología histórica y, por esa razón, desde este enfoque la investigación tiende a enfocarse más en los sistemas socioecológicos que en la resiliencia socioecológica de los mismos. No obstante, sí reconoce el carácter temporal de los fenómenos, aunque en este caso, el acontecimiento se traduce en modelos integradores de series temporales.

Desde este enfoque la realidad puede ser conocida mediante la representación de los sistemas involucrados en él utilizando un único lenguaje científico, pues la manera como los investigadores pueden observar compensaciones y desbalances

que las interacciones socioecológicas generan en diversos tipos de sistemas es utilizando una unidad común de medida que les permita hacer comparaciones. Por esa razón solamente tiene en cuenta los elementos medibles y empíricamente observables de la realidad sin importar su naturaleza (Jiliberto, 2006b). De ahí su afán por la identificación de las mejores variables para el desarrollo de indicadores y de modelos matemáticos que permitan hacer observable el comportamiento de los sistemas estudiados. Un ejemplo de este tipo de investigación es el informe Meadows *et al.* (1972).

Entre los aspectos positivos de realizar investigación bajo el enfoque representacional se puede mencionar que, primero, este tipo de investigación permite tanto a los investigadores como a la sociedad en general darse cuenta con precisión de la magnitud de los problemas que enfrenta; segundo, un ejercicio adecuado de cuantificación permite hacer comparaciones y estimaciones precisas para proponer metas de sustentabilidad; y tercero, en casos en los que los problemas de investigación tienen escalas temporales y espaciales tan grandes que imposibilitan el establecimiento de un vínculo con los actores del problema, una alternativa sería acudir a los datos y registros históricos existentes.

Entre los aspectos negativos se puede mencionar que, dado que tiende a concentrarse más en las interacciones socioecológicas que en la capacidad adaptativa, al analizar la sustentabilidad de un sistema por medio de los desbalances e impactos que producen estas interacciones, el tipo de conocimiento que produce sobre la sustentabilidad de dicho sistema será más descriptivo que explicativo. Es decir, este enfoque es limitado para las investigaciones que pretenden describir los mecanismos que

generan sustentabilidad en un sistema.

Otro aspecto negativo es que el hecho de considerar solamente elementos medibles limita al investigador para explicar la causalidad de los fenómenos, pues los elementos cuantificables no necesariamente son los que más influyen en su comportamiento. Así mismo, debido a que la separación producida entre el investigador y el problema de investigación reduce el contacto del investigador con la realidad, la capacidad de éste para comprender el problema y de la investigación para contribuir a mejorar procesos de toma de decisión se ven fuertemente limitadas. Pues si no hay interacción del investigador con los actores sociales involucrados en el problema de investigación, difícilmente la investigación contribuirá a transformar conciencias para la solución de los mismos.

Cabe anotar que si bien el enfoque representacional no se basa en sistemas complejos, éste asume los sistemas socioecológicos como sistemas complejos. Desde este enfoque la no-linealidad, las propiedades emergentes, la multicausalidad y la incertidumbre de los fenómenos son incorporadas, pero solamente a través de la medición de sus elementos observables y de la reducción de la incertidumbre cuantitativa para vislumbrar posibles tendencias de comportamiento de un sistema socioecológico dado.

Los enfoques basados en los sistemas complejos

Sobre este punto en particular parece haber consenso en que el abordaje de los problemas de los que se ocupa la ciencia de la sustentabilidad debe hacerse desde el enfoque de sistemas complejos (Clayton y Radcliffe, 1997; Gallopín, 2001, 2003; Fiksel, 2006; Novo, 2006; Ravetz, 2006; Grosskurth, 2007; Kemp y Martens, 2007; Espinosa *et al.*, 2008; Ríos *et al.*, 2009).

Bajo los enfoques basados en sistemas complejos (Tabla II) el conocimiento de la realidad se da a través del ejercicio de observación en el que el observador y lo observado están integrados y configuran una relación de carácter sistémico que explica el conocimiento generado (Novo, 2006; Morín, 2007; Ríos *et al.*, 2009). Por esa razón, bajo esta perspectiva el proceso de investigación genera conocimiento pero también transforma al investigador y a lo observado.

Desde los enfoques de los sistemas complejos no es muy clara la postura ontológica desde la que se podría asumir la resiliencia socioecológica. Parece ser que la perspectiva ontológica que sustenta a estos enfoques también es la ontología metafísica porque éstos dirigen la atención de los investigadores hacia el sistema, que si bien denota una integración de entidades de diversa naturaleza es un concepto vacío porque es atemporal (Jiliberto, 2006a). Por esa razón desde estos enfoques la resiliencia socioecológica no sería asumida como un evento en el que pueden existir los sistemas sino como una propiedad emergente de un sistema.

Los enfoques de los sistemas complejos no suponen una negación del enfoque representacional sino que lo trasciende, de hecho ambos coinciden en filtrar la realidad a través de sistemas complejos. La diferencia radica en que en estos enfoques complejos la integración del investigador al problema de investigación adquiere valor porque posibilita la inserción del investigador en el problema y facilita su comprensión como acontecimiento y no como objeto, sujeto, ni como construcción intersubjetiva.

Entre las ventajas que tiene la utilización de estos enfoques complejos está su alto poder explicativo y comprensivo debido a que la ubicación del investigador le per-

TABLA II
ENFOQUES BASADOS EN SISTEMAS COMPLEJOS PARA LA CIENCIA
DE LA SUSTENTABILIDAD

Epistemología transaccional

Desde esta perspectiva el conocimiento se explica como producto, no de la observación objetiva del mundo, sino de la captación de información del entorno físico y social, que después es transformada y procesada por los mecanismos sensoriales, lingüísticos y cognitivos del sujeto, que luego generan una decisión y una acción por parte de él, con lo que finalmente se transforma el entorno (Ríos *et al.*, 2009).

Parte del supuesto de que la información que un sujeto adquiere del objeto es esencialmente la misma pero cambia según diferentes configuraciones del sujeto. Por esa razón, en este enfoque no es tan importante saber la información que adquiere el sujeto sino entender el tipo de relación que éste establece con el objeto.

Epistemología reflexiva

Plantea la idea de que el sujeto y el objeto están inmersos en un entorno. Esta relación sujeto, objeto y entorno se explica en términos de organismo, nicho y ambiente, respectivamente, donde el nicho es la parte del ambiente observada a través de los filtros cognitivos del sujeto -de ahí se infiere que el objeto es parte del nicho-, y el resto del ambiente puede ser observado pero no necesariamente será percibido cognitivamente. De ese modo el sujeto organismo y el nicho acoplados constituyen la realidad, pues el resto no hace parte de ella porque supera la frontera percibida del observador (Espinosa *et al.*, 2008). Así mismo, se denomina reflexiva porque en cada sistema sujeto-objeto, el objeto refleja la actividad subjetiva del sujeto mientras simultáneamente éste refleja el objeto (Ríos *et al.*, 2009).

Epistemología transdisciplinar

Parte del supuesto de que la realidad está compuesta por elementos de diferente naturaleza, que reciben el nombre de niveles de realidad, y pueden ser de carácter económico, social, cultural, político y ecológico, y se rigen por leyes de causalidad diferentes (Hirsh *et al.*, 2006; Komiyama and Takeuchi, 2006; Kajikawa, 2008; Max-Neef, 2005).

Un sujeto separado del objeto solamente puede conocer (*knowing*) el objeto, pero cuando el sujeto es parte integral con el objeto puede comprenderlo (*understanding*). En el primer caso se observan contradicciones que se eliminan en el segundo. Por lo tanto, el conocimiento y la comprensión pertenecen a niveles de realidad diferentes, y de ello se infiere que el traslado a un nivel de percepción y de realidad lleva a un mayor grado de conciencia de ella (Max-Neef, 2005).

mite percibir cognitivamente tanto elementos medibles como no medibles de la realidad. De igual modo, su ubicación le permite entrar en contacto con otros lenguajes científicos y formas de conocimiento que le proveen una visión integral del problema y, a la vez, facilitan los procesos de aprendizaje de aquellos actores que no hacen parte del grupo de científicos. Por esa razón estos enfoques aumentan la posibilidad de que una investigación potencie procesos de toma de decisiones tendientes a resolver el problema que motivó la investigación.

No obstante, entre las desventajas se puede decir que en el contexto de la ciencia de la sustentabilidad el desarrollo de estos enfoques epistemológicos es incipiente, debido a que no se ha definido un objeto de estudio por parte de la comunidad científica y no se han descrito experiencias que intencio-

nalmente pretendan llevarlos a la práctica, pues también son de difícil implementación.

Comentarios Finales

En el seno de la actividad científica orientada a encontrar soluciones que favorezcan la transición de las sociedades hacia trayectorias sustentables está emergiendo una ciencia de la sustentabilidad que no es solamente una práctica científica, como se ha entendido hasta ahora, sino una ciencia con objeto de estudio propio: la resiliencia socioecológica de los sistemas.

Se puede afirmar que está emergiendo una ciencia por dos razones. Primero, aun cuando no hay un consenso declarado sobre cuál es el objeto de estudio, es posible definir y proponer un objeto de estudio a partir de la diversidad de concepciones que existen sobre sustentabi-

lidad, asumida ésta como porción de la realidad. Segundo, deliberadamente o no, transdisciplinas como la economía ecológica, la agroecología y la ecología política, y otras, tienen sustento en este objeto de estudio y a su vez el desarrollo científico de éstas revela la existencia y consenso sobre el mismo.

El fundamento onto-epistemológico del objeto de estudio de la ciencia de la sustentabilidad es la ontología histórica. Esto se debe a que como porción de realidad la resiliencia socioecológica no es un objeto, un sujeto ni una construcción intersubjetiva sino un acontecimiento o evento en el que las entidades de orden social, cultural, político, económico y ecológico se relacionan e integran. Esto implica que en la investigación científica en sustentabilidad el problema no debe ser asumido como objeto, sujeto o cons-

trucción intersubjetiva sino como acontecimiento, y los enfoques epistemológicos deben brindar luces sobre cómo es posible conocer la resiliencia socioecológica como acontecimiento.

No obstante, el desarrollo epistemológico en este campo es incipiente porque los enfoques epistemológicos que se han sugerido para la ciencia de la sustentabilidad no fueron propuestos para entender la resiliencia socioecológica de los sistemas, sino la complejidad de los problemas de insustentabilidad del desarrollo. Además, las experiencias prácticas descritas bajo estos enfoques son escasas.

En ese sentido, un paso indispensable hacia la constitución de la sustentabilidad como ciencia es la conformación y consolidación de comunidades científicas estructuradas alrededor de la investigación en sustentabilidad. A nivel mundial el desarrollo de estas comunidades es aun incipiente y en América Latina es casi inexistente, pero el diálogo entre los investigadores es indispensable para que haya una construcción paulatina de consenso sobre el objeto de estudio, el modo de hacer investigación y el tipo de conocimiento que surge en esta ciencia.

REFERENCIAS

- Altieri M (1999) *Agroecología: Bases Científicas para una Agricultura Sustentable*. Nordand-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 325 pp
- Baumgärtner S, Becker C, Frank K, Müller B, Quaas M (2008) Relating the philosophy and practice of ecological economics: The role of concepts, models, and case studies in inter- and transdisciplinary sustainability research. *Ecol. Econ.* 67: 384-393.
- Berkes F, Colding J, Folke C (2003) Introduction. En Berkes F, Colding J, Folke C (Eds.) *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge University Press. Cambridge, RU. pp. 1-29.
- Clark W, Dickson N (2003) Sustainability science: the emerging

- research program. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100: 8059-8061.
- Clayton H, Radcliffe N (1997) *Sustainability: A Systems Approach*. 2ª ed. Earthscan. Londres, RU. 258 pp.
- Costanza C, Daly H, Bartholomew J (1991) Goals, Agenda and Policy Recommendations for Ecological Economics. En Costanza R (Ed.) *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press. Nueva York, EEUU. pp. 1-20.
- Davidson-Hunt I, Berkes F (2003) Nature and society through the lens of resilience: toward a human-in-ecosystem perspective. En Berkes F, Golding J, Folke C (Eds.) *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge University Press. Cambridge, RU. pp. 53-82.
- Erkman S (1997) Industrial ecology: a historical view. *J. Clean. Prod.* 5: 1-10.
- Espinosa A, Harnden R, Walker J (2008) A complexity approach to sustainability - Stafford Beer revisited. *Eur. J. Oper. Res.* 187: 636-651.
- Fiksel J (2003) Designing resilient, sustainable systems. *Env. Sci. Technol.* 37: 5330-5339.
- Fiksel J (2006) Sustainability and resilience: toward a systems approach. *Sustain. Sci., Pract. Policy* 2: 14-21.
- Folke C (2006) Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems. *Global Env. Change* 16: 253-267.
- Foucault M (1997) *La Arqueología del Saber*. 18ª ed. Siglo XXI. Madrid, España. 355 pp.
- Gallopín G (2001) *Science and Technology, Sustainability and Sustainable Development*. Restricted distribution document. LC/RC 2081. ECLAC. Santiago, Chile.
- Gallopín G (2003) *Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: Un Enfoque Sistémico*. Serie Medioambiente y Desarrollo 64. CEPAL. Santiago, Chile. 44 pp.
- Gallopín G (2004) *Sustainable Development: Epistemological Challenges to Science and Technology*. Workshop on Sustainable Development: Epistemological Challenges to Science and Technology. ECLAC. 13-15/10/2004. Santiago, Chile.
- Gallopín G (2006) Los indicadores de desarrollo sostenible: aspectos conceptuales y metodológicos. *Memorias. Seminario de Expertos sobre Indicadores de Sostenibilidad en la Formulación y Seguimiento de Políticas*. ECLAC. 4-6/10/2006. Santiago, Chile.
- Grosskurth J (2007) Ambition and reality in modelling: a case study on public planning for regional sustainability. *Sustain. Sci., Pract. Policy* 3: 3-11.
- Hirsch G, Bradley D, Pohl C, Rist S (2006) Implications of transdisciplinarity for sustainability research. *Ecol. Econ.* 60: 119-128.
- Holling CS (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Ann. Rev. Ecol. System.* 4: 1-23.
- Holling CS (1994) Simplifying the complex: the paradigms of ecological function and structure. *Futures* 26: 598-609.
- Holling CS (1996) Surprise for science, resilience for ecosystem, and incentives for people. *Ecol. Appl.* 3: 733-735.
- Holling CS (2001) Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems* 4: 390-405.
- Jiliberto R. (2006a). A new system epistemology for sustainable development analysis. *Int. J. Sustain. Dev.* 9: 211-226.
- Jiliberto R (2006b) *Modelo Holárquico para el Análisis de la Sostenibilidad Regional: el Caso de la Región de Murcia (España)*. Boletín CF+S 34. <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n34/arjil.html> (Cons. 7/10/2009)
- Jiménez L (2002) La sostenibilidad como proceso de equilibrio dinámico y adaptación al cambio. *ICE Des. Sosten.* 800: 65-84.
- Jiménez L (2008) *Desarrollo Sostenible*. 2ª ed. Pirámide. Madrid, España. 293 pp.
- Kajikawa Y (2008) Research core and framework of sustainability science. *Sustain. Sci.* 3: 215-239.
- Kates R, Clark W, Corell R, Hall J, Jaeger C, Lowe I, McCarthy J, Schellnhuber H, Bolin B, Dickson N, Faucheux S, Gallopín G, Grubler A, Huntley B, Jäger J, Jodha N, Kaspersen R, Mabogunje A, Matson P, Mooney H, Moore B, O'Riordan T, Svedin U (2001) Sustainability science. *Science* 292: 641-642.
- Kemp R, Martens P (2007) Sustainable development: how to manage something that is subjective and never can be achieved?. *Sustain. Sci. Pract. Policy* 3: 1-10.
- Komiyama H, Takeuchi K (2006) Sustainability science: building a new discipline. *Sustain. Sci.* 1: 1-6.
- Lee-Teles A (2006) *Acontecimiento y Subjetividad*. http://epensamiento.com/index.php?option=com_content&view=article&id=49:acontecimiento-y-subjetividad&catid=34:articulos&Itemid=53 (Cons. 10/06/2011).
- Levin A, Barrett S, Aniyar S, Baumol W, Bliss C, Bolin B, Dasgupta P, Ehrlich P, Folke C, Gren IM, Holling CS, Jansson A, Jansson BO, Maler KG, Martin D, Perrings C, Sheshinski E (1998) Resilience in natural and socioeconomic systems. *Env. Dev. Ecol.* 3: 222-235.
- Martens P (2006) Sustainability: science or fiction? *Sustain. Sci. Pract. Policy* 2: 36-41.
- Max-Neef M (2005) Foundations of transdisciplinarity. *Ecol. Econ.* 53: 5-16.
- Meadows DH, Meadows DL, Randers J, Behrens W (1972) *Los Límites del Crecimiento*. 1ª ed. Fondo de Cultura Económica. Nueva York, EEUU. 252 pp.
- Morin E (2007) *Introducción al Pensamiento Complejo*. Gedisa. Barcelona, España. 167 pp.
- Norberg J, Cumming G (2008) Introduction. En Norberg J, Cumming G (Eds.) *Complexity Theory for a Sustainable Future*. Columbia University Press. Nueva York, EEUU. pp. 1-8.
- Novo M (2006) *El Desarrollo Sostenible. Su Dimensión Ambiental y Educativa*. 1ª ed. Pearson-Prentice Hall, Madrid, España. 431 pp.
- Padrón J (2007) Tendencias epistemológicas de la investigación científica en el siglo XXI. *Cinta de Moebio* 28: 1-28.
- Perrings C (1998) Introduction: resilience and sustainability. *Env. Dev. Ecol.* 3: 221-222.
- Ravetz J (2006) Post-normal science and the complexity of transitions toward sustainability. *Ecol. Compl.* 3: 275-284.
- Ríos L, Ortiz M, Álvarez X (2009) An epistemology for sustainability science: a proposal for the study of the health/disease phenomenon. *Int. J. Sust. Dev. World* 16: 48-60.
- Vargas G (2003) *Tratado de Epistemología: Fenomenología de la Ciencia, la Tecnología y la Investigación Social*. 1ª ed. San Pablo. Bogotá. 303 pp.