

Gian Carlo Delgado Ramos,* Mireya Imaz Gispert** y
Ana Beristain Aguirre**

La sustentabilidad en el siglo XXI

SE RECONOCE QUE HAY una responsabilidad histórica diferenciada en la erosión progresiva de los sistemas biogeoquímicos que soportan la vida en el planeta debido, principalmente, a la acción del ser humano. Las afectaciones son de tal grado, e incluso observables a escala global, que se habla ya de una nueva era geológica: el Antropoceno (Crutzen 2002).

Estos impactos han sido sobre todo generados bajo las relaciones sociales de producción imperantes, es decir, bajo una lógica que apuesta por un crecimiento económico al infinito en un planeta finito.

Como resultado, podemos ver mayores y cada vez más asimétricos patrones de consumo soportados por formas de producción de gran impacto socioambiental. En el siglo XX, mientras la población creció poco más de cuatro veces, el consumo promedio de energía a nivel global lo hizo 12 veces, el de metales 19 veces y el de materiales de construcción hasta 34 veces (caso del cemento) (Krausmann *et al.* 2009). Ello derivó, a principios del siglo XXI, en una extracción total de recursos naturales de entre 48.5 y 60 mil millones de toneladas anuales (más de una tercera parte biomasa, 21% combustibles fósiles y 10% minerales) (Krausmann *et al.* 2009), al tiempo que el 10% de la población mundial más rica acaparó 40% de la energía y 27% de los materiales (Weisz y Steinberger 2010).¹ Este extraordinario incremento en la demanda de recursos y energía de la humanidad ha provocado grandes transformaciones en los ecosistemas y en los ciclos físicos y biogeoquímicos a escalas local y global cuyas consecuencias no han podido ser determinadas aún en toda su extensión.

En concierto con tales patrones crecientes de producción-consumo, el flujo de residuos ha aumentado, siendo los datos de residuos sólidos municipales (de los más completos en generación de residuos con que se cuenta) útiles para una primera

* Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades-UNAM. **Correo electrónico:** giandelgado@unam.mx

** Programa de Investigación de Medio Ambiente-UNAM. **Correos electrónicos:** mimaz@unam.mx y anab@puma.unam.mx

¹ Se trata de un nivel de consumo por parte del ser humano que se estima en la misma escala que los principales flujos globales de materiales en los ecosistemas, tales como la biomasa producida anualmente (Krausmann *et al.* 2009).

aproximación:² sólo en medio siglo casi se cuadruplicó la generación de ese tipo de residuos al pasar de 360 millones de toneladas en 1960 a 1.16-1.3 mil millones de toneladas en 2010/2011 (Lacoste y Chalmin 2006; Hoornweg y Bhada-Tata 2012), una cifra que podría duplicarse en 2025 puesto que se calculan para entonces unos 2.2 mil millones de toneladas anuales (Hoornweg y Bhada-Tata 2012).

Tales ritmos de explotación y erosión de la naturaleza se han estudiado desde la visión de “fronteras planetarias” o límites a la perturbación antrópica de procesos críticos del planeta Tierra los cuales, de no violentarse, derivarían en un espacio de operación de relativa seguridad para la vida humana.

Las fronteras no son necesariamente un punto de quiebre, son una alerta para que la sociedad reaccione y tome las medidas necesarias para impedir la transgresión de esos límites, los cuales tienen como marco el concepto del principio precautorio. Las fronteras planetarias se enmarcan en el extremo final “seguro” de la zona de incertidumbre, de ahí que su transgresión no significa que inmediatamente se generarán escenarios indeseables; lo que sí es claro es que, mientras más se transgrede la frontera, más alto será el riesgo de cambios de régimen, de procesos de desestabilización del sistema, o de erosión de la resiliencia y, consecuentemente, menores las oportunidades para tomar medidas efectivas para evitar un cambio de régimen (Steffen *et al.* 2015). Por tanto, al reconocer que la época del Holoceno es el único estado que conocemos del planeta que puede soportar a las sociedades humanas contemporáneas, Steffen *et al.* (2015) sostienen oportunamente que “...es poco inteligente desviar sustancialmente al planeta Tierra de una condición similar a la del Holoceno”.

Steffen *et al.* (2015) sugieren que existen dos niveles de límites planetarios. Por un lado proponen al Cambio Climático y la Integridad de la Biósfera como límites centrales, los cuales tienen por sí mismos el potencial de cambiar la operación del Sistema Tierra. Por otro lado, identifican diversos límites que tienen el potencial de afectar la calidad de la vida humana y de afectar a los límites centrales, pero por sí mismos, en principio, no pueden conducir a un nuevo estado del Sistema Tierra.

El Cambio Climático y la Integridad de la Biósfera son fenómenos emergentes a nivel sistémico altamente conectados con el resto de los límites planetarios; de ahí su relevancia y sensibilidad.

La tabla 1 muestra las fronteras ecológicas planetarias identificadas, su estado antes del uso de combustibles fósiles y a principios del siglo XXI.

2 Se considera que los residuos sólidos municipales representan entre una tercera y una cuarta parte del total de residuos generados (se suman residuos que entran al flujo ilegal de disposición final, de tóxicos y otros residuos de manejo especial que no son considerados municipales, etcétera).

Tabla 1. Fronteras ecológicas planetarias.

Frontera planetaria	Estado antes de 1850	Frontera propuesta		Estado actual
		Rockström <i>et al.</i> 2009	Steffen <i>et al.</i> 2015	
Cambio climático*	280 partes por millón	< 350 partes por millón	< 350–450 partes por millón	396.5 partes por millón
			Desequilibrio energético: +1.0 Wm ⁻²	2.3 Wm ⁻²
Cambio en la integridad biosférica		Pérdida de biodiversidad (10 especies por millón)	Diversidad genética (10 especies por millón con aspiraciones a una especie por millón)	100 especies por millón
			Funcionalidad de la diversidad (índice de biodiversidad intacta de 90%)	84% (con base en Sudáfrica, solamente)
Agotamiento de la capa de ozono	290 DU***	276 DU	5% menos que en el nivel preindustrial de 290 DU	283 DU (Rockström <i>et al.</i> 2009); sólo transgredido en la Antártida durante la primavera Austral (~200 DU; Steffen <i>et al.</i> 2015)
Acidificación oceánica**	3.44 Ω arag**	2.75 Ω arag	≥80% – ≥70% del nivel de saturación preindustrial de la superficie oceánica media	2.90 Ω arag (Rockström <i>et al.</i> 2009); ≥84% de saturación (Steffen <i>et al.</i> 2015)
Ciclo biogeoquímico del nitrógeno	0 toneladas / año	35 millones de toneladas / año	62 Tg N año ⁻¹	121 millones de toneladas/año (Rockström <i>et al.</i> 2009); ~150 Tg N año ⁻¹ (Steffen <i>et al.</i> 2015)
Ciclo biogeoquímico del fósforo	1 millón de toneladas / año	11 millones de toneladas / año	Ciclo global no mayor a 11 Tg P año ⁻¹	8.5-9.5 millones de toneladas/año (Rockström <i>et al.</i> 2009); ~22 Tg P año ⁻¹ para el ciclo global y ~14 Tg P año ⁻¹ para el ciclo regional (Steffen <i>et al.</i> 2015)
			Ciclo regional no mayor a 6.2 Tg P año ⁻¹	
Cambio de uso de suelo	Bajo	15%	Área forestada de bosque original a nivel global (75%–54%) y área forestada como porcentaje del potencial de bosque a nivel de bioma (tropical: 85%–60%; templado: 50%–30%); boreal 85%–60%)	11.7% (Rockström <i>et al.</i> 2009); 62% (Steffen <i>et al.</i> 2015)

Tabla 1. Fronteras ecológicas planetarias (continuación...)

Uso humano de agua dulce (alteración del ciclo del agua)	415 km ³	4,000 km ³ año ⁻¹	Global de 4,000 km ³ año ⁻¹ y extracciones a nivel de cuenca no mayores al 25%–55% en meses de bajo flujo; de 30%–60% para meses de flujo intermedio y de 55%–85% en meses de alto flujo)	2,600 km ³ año ⁻¹
Carga atmosférica de aerosoles	—	—	Profundidad óptica de los aerosoles (AOD) a nivel global AOD como promedio de temporada de una región dada (caso de estudio, monzones de Sur Asia).	0.30 AOD en la región Sur de Asia
Introducción de entidades novedosas	Inexistente	Desconocida****		Desconocido****

Fuente: Elaboración propia con base en Rockström *et al.* (2009). “Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity.” *Ecology and Society*. Vol. 14. No. 2. Artículo 32; Steffen *et al.* (2015). “Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet” *Scienceexpress*. DOI: 10.1126/science.1259855.

* Desde 1751 se estima se han emitido 337 mil millones de toneladas de carbono, sólo como producto de la quema de combustibles fósiles.

** Una disminución en el valor significa un aumento en la acidificación. Los datos indican el estado de saturación de aragonita (Ω arag).

*** Una unidad Dobson o DU equivale a 0,01 mm de espesor de la capa de ozono en condiciones normales de presión y temperatura.

**** No se cuenta con indicadores que permitan medir de modo estandarizado este tipo de contaminación aunque sí existen algunas propuestas metodológicas para tóxicos específicos. De especial atención son los contaminantes orgánicos persistentes, los plásticos, los disruptores endocrinos, los metales pesados, los desechos radioactivos, y los nanomateriales.

El discurso dominante del desarrollo sustentable

Ante la innegable crisis ambiental que ya se verificaba de manera profunda desde la segunda mitad del siglo XX, un grupo de empresarios y científicos conformaría el denominado Club de Roma (1968),³ el cual encargó la elaboración del informe *Los límites del crecimiento*, publicado en 1972. Ese mismo año se convocaría a la primera *Cumbre de la Tierra* donde se decidió conformar el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con la idea de estimular acciones a escala internacional desde el Sistema de Naciones Unidas.

3 Para una revisión de la historia y rol del Club de Roma ver: Mihaljo Mesarovic and Eduard Pestel, *Mankind at the Turning Point. The Second Report to the Club of Rome*, New York: E. P. Dutton (1974).

La publicación del Informe Bruntland titulado *Nuestro Futuro Común*, en 1987, se puede considerar como parteaguas en la conformación del discurso de la sustentabilidad y la consecuente toma de acciones de los gobiernos. El informe introdujo el concepto de *desarrollo sustentable*, entendido entonces como "...la capacidad para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades" (United Nations 1987). El PNUMA y otros actores internacionales de peso hermanaron el desarrollo sustentable con el crecimiento económico. En el propio Informe se precisaba en el párrafo 27 que, aunque el concepto de desarrollo sustentable implicaba límites, éstos no eran absolutos sino, "...limitaciones impuestas por el estado actual de la tecnología y la organización social sobre los recursos ambientales y por la habilidad de la biósfera de absorber los efectos de las actividades humanas. Pero la tecnología y la organización social pueden ser gestionadas y mejoradas para abrir paso a una nueva era de crecimiento económico" (United Nations 1987).

Una década después, dicha noción de "sustentabilidad" que permite un crecimiento económico al infinito en un planeta finito estaba ya bien enraizada en la visión del PNUMA. En el informe *Cambio Global y Desarrollo Sustentable* de 1997, se aclaraba que el desarrollo sustentable consistía en: "...una aproximación integrada a la toma de decisiones y elaboración de políticas, en la que la protección ambiental y el crecimiento económico a largo plazo no son incompatibles, sino complementarios, y más allá, mutuamente dependientes: solucionar problemas ambientales requiere recursos que sólo el crecimiento económico puede proveer, mientras que el crecimiento económico no será posible si la salud humana y los recursos naturales se dañan por el deterioro ambiental" (United Nations 1997).

Tal asociación o círculo virtuoso del desarrollo sustentable reconoce a su modo las fronteras ecológicas antes descritas, pero cree y sostiene que la eficiencia en el uso de los recursos será en el futuro próximo de tal dimensión que se podrán estimular ambos, un mayor consumo y una disminución de las afectaciones ambientales. Así, la apuesta debiera ser por una creciente eficiencia, sobre todo tecnológica. Tal es el fundamento de la denominada "economía verde" que el PNUMA promovió en el marco de Río +20, la segunda edición de la *Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*, originalmente celebrada en 1990, cuando se aprobó la *Agenda 21*. Previo a Río +20, se celebró la Cumbre del Milenio en la que se definirían los "Objetivos de Desarrollo del Milenio", así como otras reuniones internacionales enfocadas a problemas ambientales específicos (agua, biodiversidad, capa de ozono, etcétera).

El discurso de la economía verde puede resultar atractivo; sin embargo, tiene una falla central: la propia lógica capitalista de producción. Los datos lo

corroboran: el sistema actual de producción ha registrado un aumento en la eficiencia relativa de 20 mil por ciento en los últimos dos siglos (Newman, Beatley y Boyer 2012). Tal eficiencia relativa se refiere a la eficiencia de subcomponentes del sistema pero no del sistema mismo que sería, en cambio, la eficiencia absoluta. Esta última no ha aumentado; por el contrario, ha sido sobrepasada por patrones de consumo cada vez mayores, pero asimétricos, por parte de una población cada vez más numerosa. Por tanto, debe advertirse que el crecimiento económico no es, en la práctica, igual a calidad de vida (de hecho cada vez hay más pobres en el actual sistema de producción), de ahí que una eficiencia biofísica absoluta, es decir, un consumo global menor de energía y materiales no necesariamente implique mala calidad de vida para el grueso de la población, siempre y cuando la distribución de la riqueza sea menos asimétrica y la lógica de la producción se sustente en la reproducción de la vida.

Sin embargo, de continuar la tendencia actual, habrá un aumento en la actividad extractiva de hasta tres órdenes de magnitud para el 2050, de tal modo que se alcanzarían, para ese año, unos 140 mil millones de toneladas anuales. En cambio, si se asume un escenario moderado en el que los países centrales o desarrollados reducen su consumo en un factor de 2 y los periféricos o “en desarrollo” registran un aumento moderado, la extracción llegaría a 70 mil millones de toneladas anuales o 40% más que en el año 2000 (PNUMA 2011, 29-30). Sólo mantener los patrones de consumo del año 2000, unos 48.5 mil millones de toneladas anuales, implicaría que los países centrales disminuyeran su consumo de 3 a 5 veces, mientras que algunos en desarrollo lo tendrían que hacer en el orden del 10% al 20% (*Ibid*). Pese a que los datos son claros en el sentido de que los consumos y afectaciones ambientales siguen en aumento y que los de mayor impacto corresponden, en términos per cápita, a los países desarrollados, se insiste de manera constante en la ayuda y asistencia a los países en desarrollo como principal medida. El trasfondo asume que los países desarrollados harán lo que les corresponde (lo que en materia de cambio climático claramente hasta el momento no sucede), mientras que los países en desarrollo requerirán de ayuda, no sólo por los limitados recursos con que cuentan, sino también porque se considera que afrontarán el mayor crecimiento poblacional y el grueso de las afectaciones ambientales y climáticas en las próximas décadas.

No obstante, como no se identifica a la estructura económica internacional como el problema, sólo se sugieren ciertos ajustes y que los ricos ayuden a los pobres para que éstos incluyan criterios ambientales y climáticos, vía la asistencia, la cooperación y la filantropía (Delgado y Romano 2013). La discusión se enfoca así en cuánto apoyo se debería dar a los países no-desarrollados y bajo qué modalidad y condiciones, y no respecto a las diferencias históricas y estructurales imperantes entre unos y otros. Aunque se reconoce que los patrones de

consumo despilfarradores son problemáticos, no se propone nada de fondo al respecto, sobre todo porque la propuesta de planes para impulsar un *consumo y producción sustentables* —sin especificar lo que eso signifique— se hace subrayando que los programas son voluntarios.

La economía verde constituye así una propuesta *ad hoc* al sistema de producción actual en tanto que parte de la idea de fomentar el crecimiento económico esencialmente a partir de hacer “inversiones verdes” y negocios con tecnologías “verdes” (sea en materia energética, producción de alimentos, gestión del agua y de residuos, etcétera). El vínculo con algún(os) beneficio(s) social(es) es, desde luego añadido, pero en el fondo se trata de un asunto secundario ya que el mercado sigue siendo el mecanismo central en la distribución de la riqueza y los eventuales beneficios.

El “negocio verde” es muy atractivo puesto que la inversión estimada anual se coloca entre uno y 2.5 billones de dólares (PNUMA 2012). El modelo que asume el ciclo tripartita de que (1) mejores diseños y desarrollo de productos sustentables, (2) atraen más clientes, lo que a su vez resulta en (3) ventas crecientes (Ibid), es fallido desde su inicio pues, como ya se dijo, la eficiencia energética-material de un producto no implica la reducción del consumo de energía y materiales (y de generación de desechos) por parte del sistema económico en su conjunto; todo lo contrario, si las ventas aumentan, el consumo total muy probablemente lo hará también, lo que repercutirá en ciclos de producción ampliados, más eficientes por unidad producida pero muy probablemente también más devastadores si se miran en su conjunto (aquí es pues elemental dar cuenta, no sólo de las eficiencias relativas, sino especialmente de la eficiencia absoluta). Desde luego, en el proceso, las ganancias corporativas bien pueden ser sustanciosas siempre y cuando los patrones de consumo no se limiten y el flujo de subsidios directos y/o indirectos se mantenga.

No obstante, la sustentabilidad puede ser vista en positivo, es decir, como una variedad de sociedades, culturalmente distintas, que conviven en territorios concretos y biofísicamente diversos pero que tienen rasgos comunes, esto es, que se reconocen como parte de la naturaleza y por lo tanto, aunque pretenden la mejor calidad de vida posible, al mismo tiempo reconocen y operan dentro de las fronteras ecológicas planetarias, siendo consecuentemente cada vez más ahorradoras, socialmente más justas, menos reactivas y más preventivas. El desarrollo sustentable desde tal perspectiva no alude en ningún momento a un crecimiento económico, sino al desarrollo del ser humano como tal, al desarrollo o florecimiento de sus capacidades. Dicha meta, en constante renovación, requiere de rutas transitorias y de crecientes experiencias que busquen romper en un grado u otro con los actuales esquemas que han demostrado ser inviables. En tal sentido, la praxis, la co-producción de conocimiento y la cultura figuran

como elementos centrales en la construcción territorializada del desarrollo sustentable. Algunos autores se refieren a tales experiencias como espacios de la diferencia (Escobar 2008), otros como resistencias bioculturales (Toledo y Ortiz Espejel 2014).

Por lo dicho, el concepto de desarrollo sustentable presenta una variedad de interpretaciones que se asocian a nociones de sustentabilidad débil o fuerte, esto es, a aquellas ancladas más en la valoración antropocéntrica y unilateral de la naturaleza por medio del mercado o a valoraciones multicriteriales que procuran romper con posicionamientos antropocéntricos, transistóricos y lineales, respectivamente.

Complejidad e interdisciplina como rasgos clave en las nuevas perspectivas socioecológicas⁴

En la nueva literatura ecológica, la sociedad tiende a ser descrita como una red de relaciones, un entramado de flujos, actores y socio-naturalezas con un alto grado de complejidad que toma cuerpo en múltiples dimensiones espaciales y temporales, expresándose así una diversidad de interconexiones y sinergias. Ello es claro, por ejemplo, en la elaboración y desarrollo de las ya descritas fronteras ecológicas planetarias.

Para dar cuenta de tal complejidad, se avanza en la producción de conocimiento interdisciplinario que suele resultar en enfoques novedosos o perspectivas híbridas, necesarias para entender holísticamente la cambiante y cada vez más compleja (y ciertamente destructiva) relación entre el ser humano y la naturaleza (de la cual forma parte).

Las nuevas perspectivas híbridas han tomado cuerpo en disciplinas híbridas tales como la economía ecológica, la ecología social, la ecología política, las ciencias de la sustentabilidad, entre otras.⁵ Aunque éstas retoman conceptos y escuelas de pensamiento previos, abren una renovación e incluso replanteo del pensamiento y discurso, dígase sobre la naturaleza, la sociedad, la política y otros aspectos considerados relevantes, ello desde una visión que, ante la actual crisis global, busca de manera cada vez más imperativa identificar y comprender los retos actuales, así como plantear futuros posibles y rutas de transición. Un segundo nivel de hibridación se verifica también entre las diversas perspectivas o disciplinas híbridas y otras formas de conocimiento, conformando

4 Con base en Delgado Ramos 2015.

5 Incluye “disciplinas conjugadas” como la sociología política, economía ambiental, ecología humana, geografía humana, geografía ambiental, etcétera. Para detalles sobre la diferencia entre éstas y las denominadas “disciplinas híbridas” véase Delgado Ramos 2015.

campos de pensamiento hibridado, es decir, aquellos enfoques que se hibridan con múltiples perspectivas —tantas como sean necesarias para comprender mejor los fenómenos analizados— y que por tanto, buscan inclusive trascender las fronteras planteadas por las disciplinas híbridas (muchas veces de manera no intencionada y más bien como producto de la práctica misma y las limitaciones de los grupos o individuos para construir análisis cada vez más complejos y robustos). Como resultado, tanto las disciplinas o dominios híbridos como los campos de pensamiento hibridado, son modos de producción de conocimiento en permanente construcción que incluso se desbordan de la práctica formal del conocimiento científico.

La *coproducción de conocimiento*, basada en un continuo diálogo de saberes entre los actores directa e indirectamente relacionados, se torna por tanto clave pues aquella, vista en positivo, debería dar cuenta, no sólo del conocimiento científico validado (aquel conocimiento cuya vitrina de presentación idónea son las revistas arbitradas), sino también, por un lado, de aquel conocimiento científico no-validado o evaluado por pares y que puede sin embargo empujar nuevos enfoques, perspectivas y hallazgos hacia adentro de la estructura de generación de conocimiento científico validado, y por otro lado, del conocimiento en forma de saberes, prácticas, valores y/o intereses tradicionales-populares, mismos que cuando menos son éticamente válidos y por tanto importantes para cualquier aproximación interdisciplinaria integral. Como sostienen Ungar y Strand (2005, 40):

Los sistemas complejos emergentes están basados en el reconocimiento de la influencia de la intencionalidad y los valores en toda la investigación [por lo que] el objeto de estudio no puede ser descrito sin reflexividad por parte de los científicos, pues la incertidumbre es una consecuencia de la actividad científica misma. La presencia de otros expertos, de los pobladores locales por ejemplo, en el proceso de construcción de conocimiento, no es en esencia una herramienta útil para aproximarse a la realidad, un complemento para la actividad científica [...], sino una forma de garantizar la calidad de este proceso [...] La gente supervisa, cuestiona, reformula si es necesario, el quehacer de los científicos.

Además, es patente que cada vez más los movimientos sociales y sus redes generan conocimiento subjetivado, articulando datos y experiencias que muchas veces pasan desapercibidos por el circuito del conocimiento formalizado. Se trata pues de una coproducción de conocimiento que busca "...enriquecer el camino hacia lenguajes localizados con el quehacer científico como aliado y no como rival" (Ungar y Strand 2005). Tal coproducción es relevante para la búsqueda de rutas hacia una genuina sustentabilidad ya que, parafraseando a Fazey

et al. (2014), se puede afectar o estimular la capacidad para generar soluciones innovadoras, la relevancia de los resultados para la toma de decisiones políticas y/o de movimientos de base, y el grado de participación en el proceso y aprendizaje. Es en dicho sentido que la resiliencia socioambiental no puede ser construida de manera integral más que a partir de la coproducción de conocimiento, mediante la praxis localizada y respaldada por el consenso social.

Complejidad e interdisciplina en las ciencias de la sustentabilidad⁶

Las Ciencias de la Sustentabilidad son un campo emergente del conocimiento que busca respuestas a la creciente preocupación científica de diversas áreas del conocimiento acerca de cómo el Planeta deberá contender con el crecimiento poblacional y, como se ha señalado ya, con el acelerado y creciente uso de recursos que demandan los patrones económicos hasta ahora dominantes, dentro del margen de los límites planetarios.

Las Ciencias de la Sustentabilidad analizan las interacciones entre los sistemas naturales y sociales y cómo esas interacciones afectan el reto de la construcción de un futuro justo, social, económica y ambientalmente viable.

Los trabajos y reflexiones que intentan dar respuesta a esta intrincada e inseparable relación entre el mundo socioeconómico y el natural se han multiplicado. Podemos mencionar autores como Burnside *et al.* (2012), Burger *et al.* (2012) y Hodge (2013) entre otros, quienes señalan la emergencia de la macroecología como una forma de sumarse a la comprensión de la sustentabilidad desde las ciencias biológicas, y de cómo la humanidad está integrada a, y limitada por los sistemas terrestres. Estos autores definen la macroecología humana como el estudio de las interacciones ambientales a través de las escalas temporales y espaciales, integrando relaciones a pequeña y gran escala, así como patrones emergentes y procesos que los impulsan, caracterizando dimensiones y consecuencias de lo humano con las interacciones con el ambiente que afectan la abundancia, distribución y diversidad de las especies, así como el desarrollo social, económico y tecnológico de las poblaciones humanas.

La sustentabilidad urge a internalizar los costos ambientales y sociales del desarrollo, por lo que es imperativo estructurar nuevas formas de medir, analizar y conceptualizar esta noción. Las soluciones no van a emerger de simples extrapolaciones de las prácticas actuales; es urgente entender las interconexiones entre los diferentes componentes del sistema Tierra, incluyendo la reconstrucción de la dimensión humana y del desarrollo. La unidad básica de análisis

6 Con base en Imaz, Ayala y Beristain 2014.

debe incluir las dimensiones ecológicas y humanas, lo que hace que las Ciencias de la Sustentabilidad sean obligadamente interdisciplinarias, es decir, de enfoque híbrido.

En virtud de los efectos que ya se viven como consecuencia de la alteración de los procesos que enmarcan los límites planetarios, un enfoque para desarrollar capacidades que permitan hacer frente a los cambios esperados e inesperados es el de la resiliencia socio-eco-sistémica, la cual busca trascender el análisis de la dinámica de los ecosistemas como un factor externo a los seres humanos, enfocándose en entender cómo somos parte de éstos y cómo interactuamos con la bio-geosfera. Este análisis integrador no se construye sólo con la suma de las partes, y nos urge efectuar cambios en nuestro entendimiento y en la comprensión del comportamiento complejo, poco predecible y con una creciente conectividad de los sistemas planetarios y sociales, lo cual genera un gran nivel de incertidumbre y deja poco margen para la predicción, pues aún en el caso de sistemas relativamente simples, al menos en las esferas de la ecología y lo social, entender y visualizar no son sinónimos de capacidad para predecir. Así, las Ciencias de la Sustentabilidad deberán aprender a contender con las numerosas fuentes de incertidumbre que les da su propio objeto de análisis: los socio-ecosistemas.

Reflexión final

Sostenemos que la genuina sustentabilidad no sólo trasciende la noción dominante de la sustentabilidad, sino que además parte de romper con todo intento de escisión entre el ser humano y la naturaleza, para desde ahí visualizar rutas socio-ecológicamente armónicas y con visión multi-espacial y multi-temporal. En tal sentido, una aproximación interdisciplinaria propia de los sistemas complejos es necesaria para producir permanentemente el conocimiento (y las diversas epistemologías y ontologías), y diseñar de acuerdo con el mismo las acciones y conocimientos necesarios para construir sustentabilidad.

En la praxis tal proceso implica, entre muchas otras cuestiones, la democratización y coproducción del conocimiento, la liquidación de las fuertes asimetrías socioeconómicas y de género imperantes, la defensa de los bienes públicos y de los bienes comunes, el reconocimiento del valor intrínseco de la naturaleza, y el empuje de políticas públicas y prácticas de producción abocadas a garantizar el bien común, lo cual pasa por mantener las condiciones ecosistémicas propias del Holoceno y donde lo central es la vida y no la acumulación de capital.

Lo dicho precisa inevitablemente un cambio de paradigma en las relaciones que la sociedad establece, tanto con la naturaleza, de la cual, insistimos, es parte, así como con sus semejantes, es decir, en términos de las estructuras de poder

y toma de decisiones, así como de las propias relaciones de producción, incluyendo la distribución y el consumo, que hoy por hoy develan cada vez más su inviabilidad socioambiental.

La genuina sustentabilidad es aquélla que se construye con una diversidad de propuestas, social, histórica y culturalmente diversas, que abierta y conscientemente buscan trascender el estado de fractura metabólica o de creciente transgresión de las fronteras ecológicas planetarias y de alienación social. ■

Referencias

- Burger, Joseph R., Craig D. Allen, James H. Brown, William R. Burnside, Ana D. Davidson, Trevor S. Fristoe, Marcus J. Hamilton, Norman Mercado-Silva, Jeffrey C. Nekola, Jordan G. Okie, Wenyun Zuo. «The macroecology of sustainability.» *PLoS Biology* 10, nº 6 (2012): 1-7.
- Burnside, W., J. Brown, O. Burger, M. Hamilton, M. Moses y L. Bettencourt. «Human macroecology: linking pattern and process in big-picture human ecology.» *Biological Reviews* (2012): 194-208.
- Crutzen, Paul. «Geology of Mankind.» *Nature* 415, nº 23 (2002). DOI: 10.1038/415023a
- Delgado Ramos, Gian Carlo. «Complejidad e interdisciplina en las nuevas perspectivas socioecológicas: la ecología política del metabolismo urbano.» *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* (FLACSO-Ecuador), nº 17 (2015): 108-130.
- y Romano, Silvina M. *Medio ambiente, fundaciones privadas y asistencia para el desarrollo en América Latina*. CEIICH-UNAM. México 2013.
- Escobar, Arturo. *Territories of Difference. Place, movements, life, redes*. EEUU: Duke University Press, 2008.
- Fazey, Ioan, Lukas Bunse, Joshua Msika, Maria Pinke, Katherine Preedy, Anna C. Evely, Emily Lambert, Emily Hastings, Sue Morris, Mark S. Reed. «Evaluating knowledge exchange in interdisciplinary and multi-stakeholder research.» *Global Environmental Change* (2014): 204-220.
- Hodge, Anne-Marie. «The emerging field of human macroecology.» *Scientific American*, Mayo 2013.
- Hoornweg, D. y P. Bhada-Tata. *What a Waste*. World Bank – Urban Development Series, nº 15 (2012).
- Imaz Gispert, Mireya, Dalia Ayala Islas y Ana G. Beristain Aguirre. «Sustentabilidad, territorios urbanos y enfoques emergentes interdisciplinarios.» *Interdisciplina*, nº 2 (2014): 33-49.
- Krausmann, Fridolin, Simone Gingrich, Nina Eisenmenger, Karl-Heinz Erb, Helmut Haberl, Marina Fischer-Kowalski. «Growth in global material use,

- GDP and population during the 20th Century.» *Ecological Economics*, nº 68 (2009): 2696-2705.
- Lacoste, Elisabeth y Philippe Chalmin. *From waste to resource: 2006 World Waste Survey*. París, Francia: Ciclope y Veolia, 2006.
- Newman, P., T. Beatley y B. Heather. *Resilient Cities. Responding to Peak Oil and Climate Change*. Washington, D.C., EEUU: Island Press, 2009.
- PNUMA. «Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth.» En *A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel*. París, Francia, 2011.
- . *The Business Case for the Green Economy. Sustainable Return on Investment*. París, Francia, 2012.
- Sin autor. 1974. “El Club de Roma”. *Comercio Exterior*. nº 405: 137-145. En: revistas.bancomex.gob.mx/rce/magazines/405/RCE4.pdf
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, Stephen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers Sverker Sörlin. «Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet.» *Scienceexpress*, 2015: DOI: 10.1126/science.1259855.
- Toledo, Víctor Manuel y Benjamín Ortiz Espejel. *México, regiones que caminan hacia la Sustentabilidad. Una geopolítica de las resistencias bioculturales*. Puebla, México: Universidad Iberoamericana, 2014.
- Ungar, Paula y Roger Strand. «Complejidad: una reflexión desde la ciencia de la conservación.» *Nómadas*, 2005: 36-46.
- United Nations. «Global change and sustainable development: critical trends.» *Report of the Secretary-General. Economic and Social Council*E/CN.17/1997/3 (Abril 1997).
- . *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. 1987. www.un-documents.net/our-common-future.pdf.
- Weisz, Helga y Julia Steinberg. «Reducing energy and material flows in cities.» *Environmental Sustainability* 2 (2010): 185.

EDITORIAL

Gian Carlo Delgado Ramos,* Mireya Imaz Gispert** and
Ana Beristain Aguirre**

Sustainability in the Twenty-first Century

IT IS WELL ESTABLISHED that there is a differentiated historic responsibility in the progressive erosion of the bio-geo-chemical systems that support life on the planet due, principally, to the action of human beings. The damage has reached such a degree and global spread that many are beginning to talk about a new geological era: the Anthropocene (Crutzen 2002).

These impacts have been generated, by and large, under the dominant social productive relationships; that is, according to a logic that stakes everything on infinite growth on a finite planet.

As a result, we observe greater and increasingly asymmetrical patterns of consumption, provided by production methods with a great social and environmental impact. In the XX century, while population grew about four times, average global energy consumption shot up twelve times, metal consumption 19 times, and construction materials 34 times (in the case of cement) (Krausmann *et al.* 2009). This entailed, at the beginning of the XXI century, the extraction of between 48.5 and 60.0 billion tons annually (of which a third were biomass, 21 percent fossil fuels, and 10 percent minerals) (Krausmann *et al.* 2009), while the richest ten percent of the population controls 40 percent of the energy and 27 percent of the materials (Weisz and Steinberger 2010).¹ This extraordinary increase in humanity's demand for resources and energy has caused great transformations in the ecosystems and in the physical and bio-geo-chemical cycles on local and global scales, the consequences of which have not yet been fully determined.

Together with these growing production-consumption patterns, the generation of waste has also increased; the data on collected municipal solid waste (the most complete information on waste generation available) are useful for a

^a Center for Interdisciplinary Research in Science and the Humanities – Mexican National Autonomous University. **E-mail:** giandelgado@unam.mx

^b Research Program on the Environment – Mexican National Autonomous University. **E-mails:** mimaz@unam.mx and anab@puma.unam.mx

¹ This is a level of consumption by humans calculated on the same scale as the principal global flows of materials within the ecosystems, such as biomass produced annually (Krausmann *et al.* 2009).

preliminary approach.² In just half a century, the generation of this type of waste quadrupled from 360 million tons in 1960 to 1,160-1,300 million tons in 2010/2011 (Lacoste and Chalmin 2006; Hoornweg and Bhada-Tata 2012), a figure that could double again in 2025, considering that 2,200 million tons annually are predicted for that year (Hoornweg and Bhada-Tata 2012).

Rates of exploitation and erosion of nature have been studied from the point of view of *planetary boundaries*, or “limits” of anthropic disturbance of the planet Earth’s critical processes, which, if they were not perturbed, would result in a relatively safe operating space for human life.

The frontiers are not necessarily breaking points, but rather red lights that should cause society to react and take the necessary actions to prevent the transgression of these limits, which have been developed within the framework of the precautionary principle. Planetary boundaries are conceived as a safe operating space for humanity based on our evolving understanding of the functioning and resilience of the Earth System. Planetary boundaries are not equivalent to a global threshold or tipping point, it is rather the final “safe” end zone of uncertainty, meaning that their transgression doesn’t mean that they will generate undesirable consequences immediately; what is clear, however, is that the more the frontier is violated, the greater the risks of regimen changes, destabilization processes within the system, erosion of resilience and, consequently, less opportunities for applying effective measures to prevent or contain a regimen change. Steffen *et al.* (2015) point out sensibly that “...it would be unwise to drive the Earth System substantially way from a Holocene-like condition”.

Steffen *et al.* (2015) suggest that there are two levels of planetary boundaries. On the one hand, they propose Climate Change and Biosphere Integrity as core boundaries that, on their own, have the potential to change the operation of the Earth System. On the other, they identify several boundaries with the potential to affect the quality of human life and at the same time influence the core boundaries; however, on their own they couldn’t cause a new state of the Earth System.

Climate Change and Biosphere Integrity are phenomena that emerge systemically, and closely linked to the rest of the planetary limits; thus, their relevance and critical character.

Table 1 shows identified ecological planetary boundaries, their state before the use of fossil fuels, and at the beginning of the Twenty-first century.

² We consider that municipal solid waste represents between a quarter and a third of the total waste generated (including waste that enters the illegal flow of final disposal, toxic and other types of waste that require special handling and that are not considered municipal, etc.).

Table 1. Planetary ecological boundaries.

Planetary boundary	State before 1850	Proposed boundary		Present state
		Rockström <i>et al.</i> 2009	Steffen <i>et al.</i> 2015	
Climate change*	280 parts per million	<350 parts per million	<350–540 parts per million	396.5 parts per million
			Energy imbalance +1.0 Wm ⁻²	2.3 Wm ⁻²
Change in biospheric integrity		Loss of biodiversity (10 species per million)	Genetic diversity (10 species per million, with an aspirational goal of 1 per million)	100 species per million
			Functionality of diversity (90% intact biodiversity index)	84% (based on southern Africa only)
Stratospheric ozone depletion	290 DUs***	276 DUs	<5% reduction from preindustrial level of 290 DUs (5%–10%) assessed by latitude	283 DUs (Rockstrom <i>et al.</i> 2009); only transgressed over Antarctica Austral spring (–200 DUs; Steffen <i>et al.</i> 2015)
Ocean acidification**	3.44 Ω arag**	2.75 Ω arag**	≥80%–≥70% of preindustrial aragonite saturation state of average oceanic surface	290 omega Ω arag (Rockström <i>et al.</i> 2009); about 84% of the preindustrial aragonite saturation state (Steffen <i>et al.</i> 2009)
Nitrogen biochemical cycle	0 tons yr ⁻¹	35 million tons yr ⁻¹	62 Tg N yr ⁻¹	121 million tons/year (Rockström <i>et al.</i> 2009); about 150 Tg N yr ⁻¹ (Steffen <i>et al.</i> 2015)
Phosphorus biochemical cycle	1 million tons yr ⁻¹	11 million tons yr ⁻¹	Global cycle not greater than 11 Tg P yr ⁻¹	8.5–9.5 million tons per year (Rockström <i>et al.</i> 2009); about 22 Tg P yr ⁻¹ for the global cycle and about 14 Tg P yr ⁻¹ for the regional cycle (Steffen <i>et al.</i> 2015)
			Regional cycle not greater than 6.2 Tg yr ⁻¹	
Land-system change	Low	15%	Original forest area on a global scale (75–54%) and forested land as a percentage of potential forest as part of a biome (tropical: 85–60%; temperate: 50–30%; boreal 85–60%)	11.7% (Rockström <i>et al.</i> 2009); 62% (Steffen <i>et al.</i> 2015)

Table 1. Planetary ecological boundaries (continued...)

Human use of freshwater (alteration of water cycle)	415 km ³	4,000 km ³ yr ⁻¹	Global use of 4,000 km ³ yr ⁻¹ and monthly withdrawal no greater than 25–55% at basin level in low-flow months; 30–60% in intermediate flow-months, and 55–85% in high-flow months	2,600 km ³ yr ⁻¹
Atmospheric aerosol burden	—	—	Global Aerosol Optic Depth (AOD) AOD as seasonal average for a given region (Study case, monsoons in South Asia)	0.30 AOD in the southern Asian region
Introduction of novel entities	Non-existent	Unknown****		Unknown****

Source: Compiled by the authors, based on Rockström *et al.* (2009), “Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity”. *Ecology and Society*. Vol. 14. N° 2. Article 32; Steffen *et al.* (2015). “Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet”. *Scienceexpress*. DOI: 10.1126/science.1259855.

* It is estimated that, as from 1751, 337 billion tons of carbon have been emitted, exclusively by burning fossil fuels.

** A reduction in the value means an increase in acidification. The figures represent the state of aragonite saturation.

*** A Dobson Unit, or DU, is the equivalent of 0,01 mm. depth of the ozone layer in normal pressure and temperature conditions.

**** There are no indicators that might enable us to measure this type of pollution in a standardized way, although there are some methodological proposals for specific toxic substances. Some of the substances singled out are persistent organic polluting substances, plastics, endocrine disruptors, heavy metals, radioactive waste and nanomaterials.

The sustainable development dominant discourse

Considering the undeniable environmental crisis that was deeply evident in the second half of the twentieth century, a group of investors and scientists founded what became known as the Club of Rome (1968), which commissioned the report *The Limits of Growth* published in 1972.³ The first *Earth Summit* was convened that same year, in which the United Nations Environment Program (UNEP) was created with the aim of promoting actions on an international scale within the framework of the United Nations.

³ For a review of the history and role of the Club of Rome, see: Mihaljo Mesarovic and Eduard Pestel, *Mankind at the Turning Point. The Second Report to the Club of Rome*, New York: E. P. Dutton (1974).

The publication of the Bruntland report, under the title *Our Common Future*, in 1987, can be considered a decisive event in the formulation of the sustainability discourse and the consequent actions taken by governments. The report introduced the concept of *sustainable development*, understood in those days as "...the ability to ensure present needs without compromising the ability of future generations to meet their own" (United Nations 1987). Both the UNEP and other international stakeholders linked sustainable development with economic growth. In the report itself, paragraph 27 specified that, even though the concept of sustainable growth implied limits, these were not absolute, but "...limitations imposed by the present state of technology and social organization on environmental resources and by the ability of the biosphere to absorb the effects of human activities. But technology and social organization can be both managed and improved to make way for a new era of economic growth" (United Nations 1987).

A decade later, this notion of "sustainability" that allows infinite economic growth on a finite planet was already well established in the UNEP's vision. The report *Global Change and Sustainable Development*, published in 1997, made clear that sustainable development was "...an integrated approach to policy- and decision-making in which environmental protection and long-term economic growth are seen not as incompatible but as complementary, indeed mutually dependent: solving environmental problems requires resources which only economic growth can provide, while economic growth will falter if human health and natural resources are damaged by environmental degradation" (United Nations 1997).

This association, or "virtuous circle" of sustainable development recognizes in its own way the existence of the ecological planetary boundaries described previously, but it believes and advocates that efficiency in the use of resources will be such in the near future that they could stimulate each other: greater consumption with reduction of environmental impairment. Thus, the wager should be on growing efficiency, especially in the technological field. This is the basis of the so-called "green economy" that the UNEP heavily promoted in the framework of Río + 20, the second edition of the United Nations Conference on the Environment and Development, in which *Agenda 21* was voted. Before Río + 20, the Millennium Summit was concluded in which the "Development Objectives of the Millennium" were defined; there were also other international events focusing on specific environmental problems (such as water, biodiversity, the ozone layer, etc.).

The green economy discourse can certainly be attractive; however, it contains a central flaw: capitalist production logic itself. The data bear this out: the existing production system has achieved a relative efficiency increase of 20,000

percent in the last two centuries (Newman, Beatley and Boyer 2012). This relative efficiency refers to the efficiency of sub-components of the system, but not to the system itself; this would be absolute efficiency. This last measure has not increased; on the contrary, it has been overrun by the ever-growing, but asymmetric, consumption patterns of a growing population. In consequence, we must warn that economic growth is not, in practice, the equivalent of a better quality of life (as a matter of fact there is ever-growing poverty in the present production system); so absolute bio-physical efficiency, that is, lower global consumption of materials and energy does not mean necessarily a diminishing quality of life for the majority of the population, as long as the distribution of wealth is more symmetrical and the logic of production is based on the reproduction of life.

However, if the present trend continues, there will be an increase in extractive activities of as much as three orders of magnitude by 2050, so that by that year it would reach 140 billion tons of energy and materials per annum. If we depart from a “moderate” scenario, in which the central or “developed” countries reduce their consumption by a factor of two, and the peripheral or “underdeveloped” nations increase theirs by a judicious amount, extraction would reach 70 billion tons per annum, or 40% more than in 2000 (UNEP 2011, 29-30). Just maintaining the consumption patterns of the year 2000, requiring some 48.5 billion tons per annum, would mean that the central countries would diminish their consumption by three to five orders of magnitude, while other developing nations would have to do so by 10-20% (*Ibid.*). Notwithstanding that the data is clear in the sense that consumption and environmental deterioration are still rising, and that, in per capita terms, the developed countries are responsible for a major part of the negative impact, there is a constant insistence on providing aid and assistance to the developing countries as the principal measure of containment. The assumption would seem to be that the developed countries would do what should be done (in terms of climatic change, this clearly hasn't happened), while the developing countries will need help, not only because of their limited resources, but also because it is considered that they will face greater population growth and bear the brunt of environmental and climate changes in the coming decades.

However, as the international economic structure is not identified as the problem, suggestions are limited to certain adjustments and the exhortation that the rich should help the poor so that the latter should include environmental and climate related criteria, by means of aid, cooperation and philanthropy (Delgado and Romano 2013). Thus, the discussion focuses on how much aid should be given to the non-developed countries, in what way and under what conditions, without any thought to the historic and structural differences been

one and the others. Although the fact is recognized that spendthrift consumption patterns are a problem, there are no major propositions to solve it, especially considering that plans to promote *sustainable consumption and production*—without specifying what that means—are formulated stressing that all programs are voluntary.

Thus, green economy is an *ad hoc* proposition to the existing production system, as it departs from the notion of fomenting economic growth essentially by means of “green investment” and business ventures with “green” technologies (whether in energy, food production, water management, waste disposal, or whatever). The link with some social benefits is, of course, a plus, but essentially it is a secondary issue as the market is always the central mechanism in the distribution of wealth and eventual benefits.

“Green business” is very attractive because the estimated annual investment is around 1 to 2.5 trillion US dollars (UNEP 2012). This model—which assumes the triple cycle of (1) better design and development of sustainable products (2) will attract more customers, that in turn will result in (3) more sales—is flawed from its inception because, as mentioned earlier, the energy-material efficiency of a product does not imply a reduction in consumption of energy and material (apart from waste generation) on the part of the economic system as a whole; very much to the contrary, if sales improve, very probably total consumption will rise too, and this will result in greater production cycles, more efficient in terms of units produced, but very probably more devastating when considered in their entirety (at this point, then, it is basic to account for not only relative or partial efficiencies, but absolute efficiency too). Of course, in the process, corporate profits can be substantial, if and when consumption patterns are not limited, and the flow of direct and indirect subsidies is maintained.

Nevertheless, sustainability can be examined positively, that is to say, as a broad range of societies, culturally different, that live together in concrete and bio-physically diverse territories, sharing certain common traits; that is, they recognize themselves as part of nature and consequently, though they aspire to the best quality of life possible, they simultaneously recognize and operate within planetary ecological boundaries, thus becoming more thrifty, socially fair, less reactive and more preventive. Sustainable development from this point of view doesn’t consider economic growth as a goal; instead, it does stress the development of humans as such, with the advancement and thriving of their capacities. This aim, in constant state of renovation, requires provisional ways and growing experiences to enable it to break out—in greater or lesser degree—from the present systems that have proved to be unviable. In this sense, the *praxis*, the co-production of knowledge and culture are central elements in the territorialized construction of sustainable development. Some authors refer

to these experiences as “the territories of difference” (Escobar 2008); others call them “bio-cultural resistances” (Toledo and Ortiz Espejel 2014).

Consequently, the concept of sustainable development presents a variety of interpretations that are associated with notions of sustainability weak or strong, this is, to those more anchored in the valuation of anthropocentric and unilateral nature through market valuations multicriteriales or they attempt to break with positioning anthropocentric, transistoricos and linear, respectively.

Complexity and interdiscipline as key features in new socio-ecological perspectives⁴

In recent ecological literature, society tends to be described as a network of relationships, a highly complex weave of flows, actors and socio-natures that becomes embodied in multiple spatial and temporal dimensions, thus expressing a diversity of interconnections and synergies. This becomes clear, for example, in the generation and development of the planetary ecological frontiers we have already mentioned. To analyze this sort of complexity, we observe progress in the production of interdisciplinary knowledge that tends to result in novel approaches or hybrid perspectives, necessary to reach a holistic understanding of the constantly changing and increasingly complex (and certainly destructive) relationship between humans and nature (of which humans are part).

The new hybrid perspectives have become embodied in hybrid disciplines like ecological economy, social ecology, political ecology, sciences of sustainability, and others. Even if these (new disciplines) take up pre-existent concepts and schools of thought,⁵ they also cause the renovation, and even the re-formulation of thought and discourse, whether on nature, society, politics or other issues considered relevant, always from a point of view that—given the present global crisis—strives imperatively to identify and understand present challenges, as well as proposing possible futures and road maps for transition. A second level of hybridization takes place, too, between different hybrid perspectives or disciplines and other forms of knowledge, determining fields of hybrid thought, that is, approaches that can hybridize with multiple perspectives—as many as are necessary to better understand the phenomena under observation—and that, consequently, attempt to even transcend the frontiers posed by the hybrid disciplines themselves (in many cases, unintentionally, rather as the product of

⁴ Based on Delgado Ramos 2015.

⁵ This includes “conjugated disciplines” such as political sociology, environmental economy, human ecology, human geography, environmental geography, etcetera. For details on the difference between conjugated and hybrid disciplines, see Delgado Ramos 2015.

practice itself and the limitations of groups or individuals when it comes to building more complex and robust analyses). As a result, both hybrid disciplines or domains, and fields of hybridized knowledge, are knowledge production modes in permanent construction, and may even overflow formal scientific practice.

The *co-production* of knowledge, based on the continuous knowledge-dialogue between different actors direct or indirectly related, becomes a key element because, seen in a positive light, it should account for not only validated scientific knowledge (whose accepted showcase is the ensemble of peer-reviewed journals), but also, on the one hand, non-validated or non-peer reviewed scientific knowledge that can, however, trigger new approaches, perspectives and findings within the generating structure of validated scientific learning, and on the other hand, knowledge in the form of traditional-popular practices, values and/or interests, that are at least ethically valid and consequently important for any integrated interdisciplinary approach. As Ungar and Strand (2005, 40) write:

Emergent complex systems are based on the recognition of the influence of intentionality and values on the whole investigation [and for this reason] the study object cannot be described without reflectivity on the part of the scientists, because uncertainty is a consequence of scientific activity itself. The presence of other experts—the local population, for example—in the process of building knowledge is not, in essence, a *useful* tool for approaching reality, a complementary part of scientific activity [...], but a method of guaranteeing the quality of this process [...]. Ordinary people supervise, question, re-formulate if necessary, the work of the scientists.

Furthermore, it is visible that social movements and their networks increasingly generate subjectivated knowledge, articulating information and experiences that many times pass unnoticed by the formalized knowledge circuit. We are talking about, therefore, a co-production of knowledge that strives “...to enrich the way towards localized discourses that have scientific work as their ally and not as their rival” (Ungar and Strand 2005). Such co-production of knowledge is relevant to the search for routes towards genuine sustainability because, paraphrasing Fazey *et al.* (2014), it is possible to affect or stimulate the capacity to generate innovative solutions, increase the relevance of results for political decision-making, or by grass roots movements, or the degree of participation in the process and in learning. This is why socio-environmental resilience cannot be built integrally other than by the co-production of knowledge, by means of localized practice and backed by social consensus.

Complexity and interdiscipline in the sciences of sustainability⁶

The sciences of sustainability are an emerging field of knowledge that searches for answers to the growing concern of scientists in various fields about how the Planet can face the problems of growing population and, as mentioned above, the growing use of resources demanded by the economic patterns now dominant, within planetary boundaries.

The sciences of sustainability analyze the interactions between natural and social systems, and how these interactions affect the challenge of building a fair future, both socially and economically, as well as environmentally viable.

Works that attempt to offer answers to this intricate and inseparable relationship between the socio-economic and natural worlds have multiplied. We can mention authors like Burnside *et al.* (2012), Burger *et al.* (2012) and Hodge (2013), among many others, who point out the emergence of macro-ecology as a form of latching on to the comprehension of sustainability from the point of view of biological sciences, and how humanity is integrated into, and limited by, Earth systems. These authors define human macro-ecology as the study of environmental interactions measured according to temporal and spatial scales, integrating large and small scale relationships, as well as the emerging patterns and processes that drive them, characterizing dimensions and consequences of the human contribution with the interactions with the environment that affect the abundance, distribution and diversity of species, as well as social, economic and technological development of human populations.

Sustainability demands that we internalize the environmental and social costs of development, so it is imperative to structure new forms of measuring, analyzing and conceptualizing this notion. No solutions will rise from simple extrapolations of present day practices; it is urgent that we understand the interconnections between the different components of the Earth system, including the reconstruction of the human dimension and development. The basic unit of analysis should include both the ecological and human dimensions, making the sciences of sustainability necessarily interdisciplinary, which makes it an hybrid perspective.

Considering the effects that are already apparent as a consequence of the alteration of processes that determine planetary boundaries, one approach to enabling the development of capacities that would allow us to face expected and unexpected changes is that of socio-eco-systemic resilience, that proposes transcending the analysis of ecosystems dynamics as a factor that is independent from humans, and focusing on understanding how we are part of these

⁶ Based on Imaz, Ayala and Beristain 2014.

ecosystems and how we interact with the bio-geosphere. This integrating analysis cannot be constructed simply with the sum of its parts; it requires changes in our understanding and the comprehension of complex behavior, unpredictable as it is, and with growing connectivity with planetary and social systems, thus creating a high level of uncertainty and leaving little margin for predictions because, even in cases of relatively simple systems—at least in the environmental and social fields—understanding and visualizing are not synonymous with the capacity to predict. Thus, the sciences of sustainability must learn to contend with the numerous sources of uncertainty that emerge from the very object of analysis: socio-ecosystems.

Final consideration

We argue that a genuine sustainability besides transcending the dominant notion of sustainability, must break with any attempt to introduce a division between human beings and nature, thus to be able to visualize socio-ecologically harmonious routes, with multi-spatial and multi-temporal visions. In this sense, an interdisciplinary approach, as in complex systems, is necessary for the permanent production of knowledge (along with the various epistemologies and ontologies it entails) and agreeing upon design of actions and knowledge necessary for the construction of sustainability.

In practice, this process implies—among many other issues—the democratization and co-production of knowledge, the liquidation of the strong existing socio-economic and gender-related asymmetries, the defense of public and common goods, the recognition of the intrinsic value of nature, and the stimulus to public policy and productive practices that prioritize the common good, that depend on maintaining Holocene-like eco-systemic conditions, in which the central value is life and not accumulation of capital.

This inevitably requires a paradigm shift in the relationships society establishes both with nature—of which, we insist, we are part—as well as among its members; that is, in terms of power structures and decision-making, as well as production relationships, including distribution and consumption that, at present, are increasingly revealing their socio-environmental dysfunctionality.

Genuine sustainability is that which is built from a variety of socially, historically and culturally diverse proposals that, openly and deliberately, search for ways to transcend the state of metabolic fracture or growing transgression of planetary ecological boundaries and social alienation. ■

References

- Burger, Joseph R., Craig D. Allen, James H. Brown, William R. Burnside, Ana D. Davidson, Trevor S. Fristoe, Marcus J. Hamilton, Norman Mercado-Silva, Jeffrey C. Nekola, Jordan G. Okie, Wenyun Zuo. «The macroecology of sustainability.» *PLoS Biology* 10, nº 6 (2012): 1-7.
- Burnside, W., J. Brown, O. Burger, M. Hamilton, M. Moses and L. Bettencourt. «Human macroecology: linking pattern and process in big-picture human ecology.» *Biological Reviews* (2012): 194-208.
- Crutzen, Paul. «Geology of Mankind.» *Nature* 415, nº 23 (2002). DOI: 10.1038/415023a
- Delgado Ramos, Gian Carlo. «Complejidad e interdisciplina en las nuevas perspectivas socioecológicas: la ecología política del metabolismo urbano.» *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* (FLACSO-Ecuador), nº 17 (2015): 108-130.
- and Romano, Silvina M. *Medio ambiente, fundaciones privadas y asistencia para el desarrollo en América Latina*. CEIICH-UNAM, México 2013.
- Escobar, Arturo. *Territories of Difference. Place, movements, life, redes*. EEUU: Duke University Press, 2008.
- Fazey, Ioan, Lukas Bunse, Joshua Msika, Maria Pinke, Katherine Preedy, Anna C. Evely, Emily Lambert, Emily Hastings, Sue Morris, Mark S. Reed. «Evaluating knowledge exchange in interdisciplinary and multi-stakeholder research.» *Global Environmental Change* (2014): 204-220.
- Hodge, Anne-Marie. «The emerging field of human macroecology.» *Scientific American*, May, 2013.
- Hoornweg, D. and P. Bhada-Tata. *What a Waste*. World Bank – Urban Development Series, nº 15 (2012).
- Imaz Gispert, Mireya, Dalia Ayala Islas and Ana G. Beristain Aguirre. «Sustentabilidad, territorios urbanos y enfoques emergentes interdisciplinarios.» *Interdisciplina*, nº 2 (2014): 33-49.
- Krausmann, Fridolin, Simone Gingrich, Nina Eisenmenger, Karl-Heinz Erb, Helmut Haberl, Marina Fischer-Kowalski. «Growth in global material use, GDP and population during the 20th Century.» *Ecological Economics*, nº 68 (2009): 2696-2705.
- Lacoste, Elisabeth and Philippe Chalmin. *From waste to resource: 2006 World Waste Survey*. Paris, France: Ciclope y Veolia, 2006.
- Newman, P., T. Beatley and B. Heather. *Resilient Cities. Responding to Peak Oil and Climate Change*. Washington, D.C., EEUU: Island Press, 2009.
- No author. 1974. «El Club de Roma». *Comercio Exterior*. nº 405: 137-145. In: revistas.bancomex.gob.mx/rce/magazines/405/RCE4.pdf
- PNUMA. «Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from

- Economic Growth.» In *A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel*. Paris, France, 2011.
- . *The Business Case for the Green Economy. Sustainable Return on Investment*. Paris, France, 2012.
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, Stephen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers Sverker Sörlin. «Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet.» *Scienceexpress*, 2015: DOI: 10.1126/science.1259855.
- Toledo, Víctor Manuel and Benjamín Ortiz Espejel. *México, regiones que caminan hacia la Sustentabilidad. Una geopolítica de las resistencias bioculturales*. Puebla, México: Universidad Iberoamericana, 2014.
- Ungar, Paula and Roger Strand. «Complejidad: una reflexión desde la ciencia de la conservación.» *Nómadas*, 2005: 36-46.
- United Nations. «Global change and sustainable development: critical trends.» *Report of the Secretary-General. Economic and Social Council E/CN.17/1997/3* (April 1997).
- . *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. 1987. www.un-documents.net/our-common-future.pdf
- Weisz, Helga and Julia Steinberg. «Reducing energy and material flows in cities.» *Environmental Sustainability* 2 (2010): 185.