



## **Complejidad e interdisciplina en las nuevas perspectivas socioecológicas: la ecología política del metabolismo urbano**

### **Complexity and interdisciplinarity in novel socioecological perspectives: political ecology of urban metabolism**

Gian Carlo Delgado Ramos

---

Doctor en Ciencias Ambientales e investigador del programa “Ciudad, gestión, territorio y ambiente” del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); integrante del Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México. [gandelgado@gmail.com](mailto:gandelgado@gmail.com)

---

Fecha de recepción: 3 de septiembre de 2014

Fecha de aceptación: 19 de enero de 2015

#### **Resumen**

Producto de la complejidad que caracteriza la actual crisis socioecológica, este trabajo verifica la creciente necesidad de análisis que partan de nociones propias de los sistemas complejos y la interdisciplina, lo que lleva a plantear la emergencia de novedosas perspectivas socioecológicas híbridas. Al abogar por estimular la coproducción de conocimiento de carácter reflexivo y participativo, se presentan las principales características deseables y las patologías imperantes en la actual forma de intercambiar conocimientos y, en sí, en la producción de conocimiento. La discusión se ejemplifica al dar cuenta del caso de la ecología política del metabolismo urbano, un campo híbrido de

frontera. Se concluye respaldando la convergencia de enfoques interdisciplinarios como característica fundamental de la coproducción de conocimiento híbrido robusto (basado en amplios procesos participativos) en tanto que se considera a su vez especialmente útil para la toma de decisiones socialmente consensuadas, dígame en torno a los complejos problemas socioecológicos de hoy día.

**Palabras clave:** complejidad, interdisciplina, ecología política urbana, metabolismo urbano.

### **Abstract**

Considering the complexity that characterizes current socio-ecological crisis, this paper argues that analyses based on complex systems and interdisciplinary approaches are increasingly needed, which in turn appeal for the emergency of novel hybrid socioecological perspectives. Arguments in favor of encouraging the co-production of knowledge of participatory and reflexive nature are presented, followed by a discussion on the main desirable characteristics and prevailing pathologies of knowledge-exchange practices and, in fact, within knowledge production. The just said is then exemplified with the case of political ecology of urban metabolism, a hybrid knowledge frontline field. It is concluded that the convergence of interdisciplinary approaches is a key feature of robust co-production of hybrid knowledge practices (based on broad participatory processes); the later particularly useful for consensual decision-making, say around socioecological complex problems of today.

**Keywords:** complexity, interdisciplinary, urban political ecology, urban metabolism.

---

### **Introducción**

El *metabolismo social* o la interacción y transformación humana de la naturaleza, es un proceso biofísico, histórico y culturalmente diverso por lo que su análisis requiere de una aproximación interdisciplinaria que trascienda la mera estimación de flujos de energía y

materiales en tanto que interesa dar cuenta, además, de la finalidad y las formas en las que se organiza el espacio territorial (Fischer-Kowalski y Haberl, 2000; Bruckmeier, 2013). Tales “procesos sociales de territorialización” (Porto-Gonçalves, 2009), que derivan de relaciones sociales de producción y de tipologías y estados de desarrollo de las fuerzas productivas específicas, cambian deliberadamente parámetros importantes de los ecosistemas y los mantienen activamente en un estado diferente a las condiciones que reinarían en ausencia de tales intervenciones (Fischer-Kowalski y Haberl, 2000).

El metabolismo de las sociedades industriales se caracteriza por las crecientes cantidades de recursos que moviliza, en especial combustibles fósiles y otros recursos no renovables, contexto en el que el crecimiento económico-material logrado, sobre todo a partir del siglo XX, ha permitido instaurar erróneamente la ilusión de un crecimiento económico al infinito pese a la finitud del planeta.

Con el atropello cada vez más evidente de las fronteras ecológicas planetarias (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015), aunque ya se reconocen tales límites, las nociones desarrollistas o aquellas que abogan por el crecimiento económico sostenido se mantienen impertérritas, de ahí que se apueste discursivamente por un *desacople* entre el crecimiento económico y el consumo de recursos naturales, olvidándose que ése último ha ido en aumento pese a que en los últimos dos siglos la eficiencia relativa -o la de los subcomponentes del sistema socioeconómico global- ha aumentado en un 20 mil por ciento (Newman, Beatley y Boyer, 2012). En este punto debe advertirse que 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 (Daiber y Houtart, 2012).

En ese sentido, la construcción de una genuina resiliencia dependerá de las capacidades sociales existentes para reconocer, no sólo el rol de las eficiencias tanto relativas como absolutas, sino sobre todo, la viabilidad de tales o cuales perfiles metabólicos, su

temporalidad y las constricciones biofísicas imperantes, así como la deseabilidad sociopolítica de una gestión adaptativa de los recursos y ecosistemas de tal modo que no se transgredan las fronteras ecológicas planetarias.

El reto cognitivo radica, de entrada, en sobrepasar la separación analítica sociedad-naturaleza, apuntando en cambio hacia nociones más holísticas en las que el estudio de la viabilidad de tal o cual tipología de metabolismo social así como de posibles transiciones metabólicas, solo puede hacerse de manera integral si se parte de una mirada propia de los *sistemas complejos*, es decir, de aquellos cuyos componentes son heterogéneos y sus relaciones e implicaciones son multiescalares y multidimensionales. Por tanto, las perspectivas ecológicas críticas requieren de enfoques interdisciplinarios que habiliten pensar y actuar de otra forma, esto es, que abran paso a modalidades emergentes de producción de conocimiento que, como advierte García (1994), partan del ejercicio de poner en tela de juicio las mismas preguntas que tradicionalmente han servido para definir el problema y sus alcances.

### **Las perspectivas ecológicas híbridas**

En la literatura ecológica de frontera, 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.

Para dar cuenta de tal complejidad, se avanza en la producción de conocimiento interdisciplinario que suele resultar en enfoques novedosos, es decir, en una diversidad epistémica que contrarresta la disciplinariedad homogenizante. Tales enfoques son necesarios para entender holísticamente la cambiante y cada vez más compleja (y ciertamente destructiva) relación entre el ser humano y la naturaleza (de la cual, tal y como se ha señalado, forma parte). Se apuesta así por una visión compleja, integral e interdisciplinaria, de interacción/articulación de diversas epistemologías (incluso ontologías), teorías y metodologías, lo que en la práctica se verifica en nuevas

aproximaciones que pueden calificarse como *disciplinas híbridas o dominios híbridos* que plantean énfasis particulares.

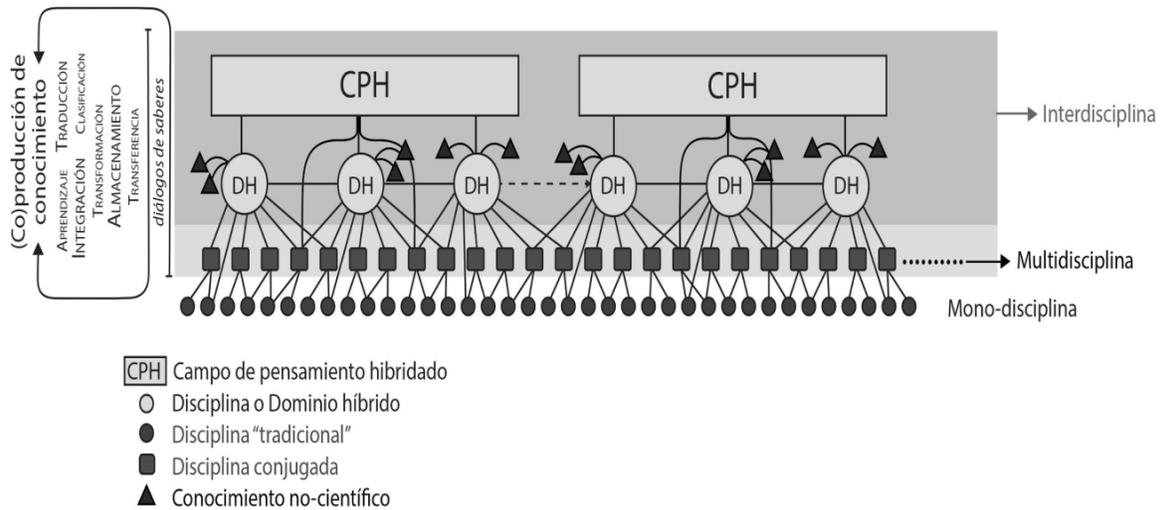
Por ejemplo, para Bruckmeier tales énfasis se verifican en (2013: 1-2): a) enfoques en los cambios globales, sociales y ambientales, dando cuenta de la complejidad de los sistemas y sus interacciones; b) aproximaciones interdisciplinarias sobre la base del conocimiento generado no sólo por múltiples disciplinas, sino incluso por disciplinas o dominios híbridos emergentes (algunas ya en desarrollo desde hace cierto tiempo como lo son la *economía ecológica*, la *ecología política*, la *antropología ambiental*, la *historia ambiental o ecológica*, la *ecología social*, entre otras); c) lecturas con perspectiva histórica (dígase en términos de los patrones metabólicos de cada sistema de producción y de sus “fases”); d) indagaciones y propuestas de alternativas sustentables de largo plazo, con justicia social y entendiendo el rol de la política, la gestión y la implementación de procesos de acción, por ejemplo, gobernanza y participación comunitaria.

Aunque las nuevas perspectivas que conforman las mencionadas disciplinas o dominios híbridos retoman conceptos y escuelas de pensamiento previos, abren, sin embargo, 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 imperante identificar y comprender los retos actuales, así como plantear futuros posibles y rutas de transición.

Cada dominio o disciplina híbrida (DH) en sí misma se relaciona y se vincula cada vez más con múltiples disciplinas tradicionales, disciplinas conjugadas (tales como la ahora clásica *economía política* o la *sociología política*) y dominios híbridos (Figura 1). Ello conforma los inicios de nuevos 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).

**Figura 1**

Esquematación de la conjugación e hibridación en la (co)producción de conocimiento



**Fuente:** autor. **Diseño gráfico:** Ángeles Alegre Schettino.

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 de conocimiento científico (véase más adelante).

Aunque se puede sostener que las disciplinas conjugadas (de carácter multidisciplinar) no son nada nuevo, éstas no son iguales a las disciplinas híbridas de finales del siglo XX y principios del XXI. Las disciplinas conjugadas han sido relevantes en las últimas décadas del siglo XX pues, ante la creciente complejidad de la crisis global, han estimulado y abierto camino a las nuevas disciplinas híbridas cuyos rasgos distintivos son la interdisciplina y el abordaje desde los sistemas complejos. De hecho muchas de las disciplinas híbridas tienen sus orígenes en las mencionadas disciplinas conjugadas y en algunos casos aún conservan la misma denominación pero con impulsos y enfoques novedosos, al menos en ciertas corrientes que se pueden calificar de frontera; ese es por ejemplo el caso de la ecología social cuyo tránsito hacia una disciplina híbrida se da particularmente desde la década de 1990 (Bruckmeier, 2013: 11-12).

El auge de nuevas disciplinas híbridas se observa en diversas áreas, no obstante, parece haber mayor dinamismo en aquellas relativas a la cuestión ecológica y la salud, incluyendo

las abocadas al análisis de las implicaciones sociales, ecológicas y éticas de los avances tecnocientíficos.

Debe precisarse que en el proceso de conformación de nuevas disciplinas híbridas y campos de conocimiento híbridos, lo deseable es que no haya una competencia por una hegemonía epistemológica, sino complementariedades en medio de la diversidad epistémica; aunque ha de reconocerse que, en efecto, hay enfoques más aptos para algunas cuestiones que otros, sobre todo cuando se trata de la producción del conocimiento para la toma de decisiones políticas en un contexto de incertidumbre y creciente complejidad en torno a la certeza de los balances y/o los posibles resultados derivados de una acción (sea de continuidad o de cambio, por ejemplo los impactos de los contaminantes emergentes, la agudización del cambio climático, etcétera). Y, en tanto que en lo socioecológico no suele haber soluciones lineales ni únicas que derivan de respuestas dicotómicas unicriteriales (bueno o malo, deseable o indeseable, tal y como se estructuran los análisis costo-beneficio tan usados en los estudios de impacto ambiental), en el mejor de los casos las visiones que dan origen a tal tipología de soluciones resultan limitadas, incapaces de abrazar la multidimensionalidad, la multiescalaridad y la inconmensurabilidad de valores en juego, pero también de ofrecer la mejor calidad del conocimiento (Gallopín et al., 2001) y de transparencia en el proceso de evaluación y toma de decisiones.

Por tanto, la *co-producción de conocimiento*, basada en un continuo diálogo de saberes entre los actores directa e indirectamente relacionados se torna clave, tanto de aquellos formalmente reconocidos en la academia como de aquellos que están fuera pero que pueden o tienen algo que decir y aportar. Lo dicho es doblemente importante si reconocemos que la *ciencia normal* –en el sentido kuhniano (Kuhn, 1971)- no sólo es limitada, sino que no es objetiva, (siempre) válida y fiable cuando hablamos de sistemas complejos, o de las fronteras del conocimiento, donde hay mayor presencia de incertidumbre e ignorancia. Debe además subrayarse que la coproducción de conocimiento en sentido amplio incluye la transferencia, almacenamiento, clasificación, transformación, integración y traducción del conocimiento y del aprendizaje, conceptos que concretamente tienen significados implícitos diversos, pero aún más, que en la práctica toman forma en actos que son intersectados por tales o cuales escalas y tipologías de poder, incluyendo relaciones Norte-Sur o de

discriminación racial o de género. Por ello, es muy importante dar cuenta de quién controla y cómo se organiza y manipula el conocimiento en general, las bases de datos, las publicaciones, etcétera, y para qué propósito o fines.

La coproducción de conocimiento en positivo debería dar cuenta, de manera creciente, no sólo del conocimiento científico validado (aquel conocimiento cuya vitrina de presentación idónea son las revistas arbitradas y entre las cuales suele haber diversos factores de impacto o de pedigrí), [1] 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:

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 (Ungar y Strand, 2005: 40).

Además, es patente que cada vez más los movimientos sociales y las redes de éstos, generan conocimiento subjetivado, articulando datos y experiencias que muchas veces pasan desapercibidos del 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). Para ello se demanda “extender la comunidad de pares” (Funtowicz y Ravetz, 2000; Funtowicz y Strand, 2007) de tal suerte que la figura del experto sea puesta en cuestión, no porque deje de ser importante, sino porque no es suficiente para hacer frente

a dinámicas y problemas cada vez más complejos, bañados de incertidumbre, ambigüedad e incluso de ignorancia, y en los que la toma de acciones es urgente (pero de manera socialmente robusta y responsable) y en un contexto en el que lo que está en juego no es menor. En dicho contexto, todas las conjeturas presentes acerca de las posibles causas y consecuencias de las problemáticas socioecológicas son válidas, independientemente de su veracidad, ello en tanto que forman parte de los discursos y las narrativas presentes que, en todo caso y aun cuando resulten erróneas, siempre sirven para avanzar hacia la coproducción de un conocimiento más robusto así como para cuestionar y transparentar los procesos de toma de decisiones.

Por supuesto, tal y como se dijo, el control del conocimiento y del aprendizaje es un obstáculo para la coproducción del mejor conocimiento posible para la toma de decisiones políticas, lo que por su propia naturaleza impacta, para bien o para mal, el bien común (Daiber y Houtart, 2012). De ahí que la toma de decisiones deba soportarse en una activa e informada participación social, reconociendo cuotas de poder genuinas; lo que en la práctica demanda un replanteo del poder y del ejercicio del poder en contextos de verdadera construcción de democracia y justicia social.

Es importante apuntar que la ciencia para la política busca atender y resolver problemas, es decir, tiene objetivos puntuales y, en tanto, tal cómo se definen, enmarcan y analizan tales o cuales problemas, así como la forma y los pesos otorgados a las diversas dimensiones en juego, no son cuestiones menores, ni neutrales; y es que cabe preguntarse, por ejemplo: ¿se trata de problemas según y quién y para quién, en qué sentido, desde qué escala de valor y con cuál visión de futuro?

Lo central de lo indicado, parafraseando a Fazey et al. (2014), es que 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.

El reconocimiento del diálogo de saberes o de la extensión de la comunidad de pares se expresa en la práctica de diversas maneras, en ejercicios de comunicación, diálogo y crítica

constructiva que ciertamente, hoy por hoy no siempre logran desdibujar del todo la figura del experto como elemento central (de hecho hay algunas aproximaciones abocadas más a la consultoría que sustituyen al experto tradicional al abogar por una nueva figura de *experto interdisciplinario* encargado de traducir y enmarcar el proceso y sus resultados; a esto no me refiero con diálogo de saberes desde la ciencia de la complejidad). Con todo y pese a todo, se puede sostener que se está abriendo camino hacia una genuina ciencia reflexiva y participativa, aquella donde inevitablemente coexisten distintos puntos de vista, donde figuran consensos intermedios o radicales controversias, aquella cuyo soporte radica en: a) lo que algunos califican como *knowledge exchange* y otros *diálogo de saberes* y b) en la conformación de metodologías de evaluación de tales procesos.

Tales metodologías en sí mismas involucran una visión particular de valor, significado y pesos otorgados a los diversos componentes o dimensiones de una problemática, todo desde un conjunto de objetivos dados que bien pueden influir e incluso acotar las diversas posiciones epistemológicas y ontológicas presentes. En ese sentido se podría señalar que, en cierto modo, mientras el *knowledge exchange* tiende más hacia esquemas científicamente formalizados de intercambio de diversas formas de conocimiento (Fazey et al., 2014), [2] el diálogo de saberes pone más énfasis en la praxis o las reflexiones situadas de colectivos y movimientos sociales que generan conocimiento propio y propuestas alternativas valiosas. En la práctica ambos enfoques, con sus múltiples metodologías, ciertamente tienden cada vez más a entrecruzarse, contexto en el que es muy relevante que los procesos sean lo más abiertos y transparentes posible, comenzando por hacer explícitos los objetivos, los componentes, el trasfondo, los valores y pesos otorgados en las metodologías empleadas. Igualmente es clave buscar espacios de respeto mutuo y diálogos constructivos y, por lo tanto, de confianza entre los actores.

Por lo dicho, es clave atender la diversidad de retos y patologías presentes tanto en los procesos de coproducción de conocimiento, incluyendo las dimensiones materiales, físicas y espaciales de las prácticas (Wickson, Strand y Kjolberg, 2014), como de aquellos que resultan del funcionamiento y de la propia estructura del sistema de producción imperante y cuya contradicción central radica en el avance de capacidades, tanto productivas como destructivas, bajo una dinámica que prioriza la acumulación creciente de capital.

Y aunque el avance de las disciplinas híbridas y campos híbridos de conocimiento sobre la base de la coproducción de conocimiento -en el sentido positivo aquí planteado- puede ayudar a afrontar los retos y patologías indicadas, lo cierto es que la emergente coproducción de conocimiento es aún insuficiente para entender y resolver todos los problemas globales que hoy día afronta la humanidad. Por ello y pese a ello, la coproducción de conocimiento pretende democratizar, transparentar y fortalecer la calidad del conocimiento producido y de la información que de éste deriva con el objeto de mejorar gradualmente nuestro entendimiento y capacidades para atender, con consenso social, los problemas que el actual sistema de producción crecientemente genera.

Un proceso de coproducción de conocimiento más sólido puede tomar cuerpo progresivamente, en efecto, de manera heterogénea según la problemática, las escalas espaciales y los contextos biofísicos, sociales, políticos, económicos y culturales de cada caso. En conjunto, sin embargo, las experiencias pueden aportar y generar cambios mayores positivos para el bien común de la humanidad. A continuación se presenta una propuesta de campo híbrido emergente en el ámbito de la cuestión urbana.

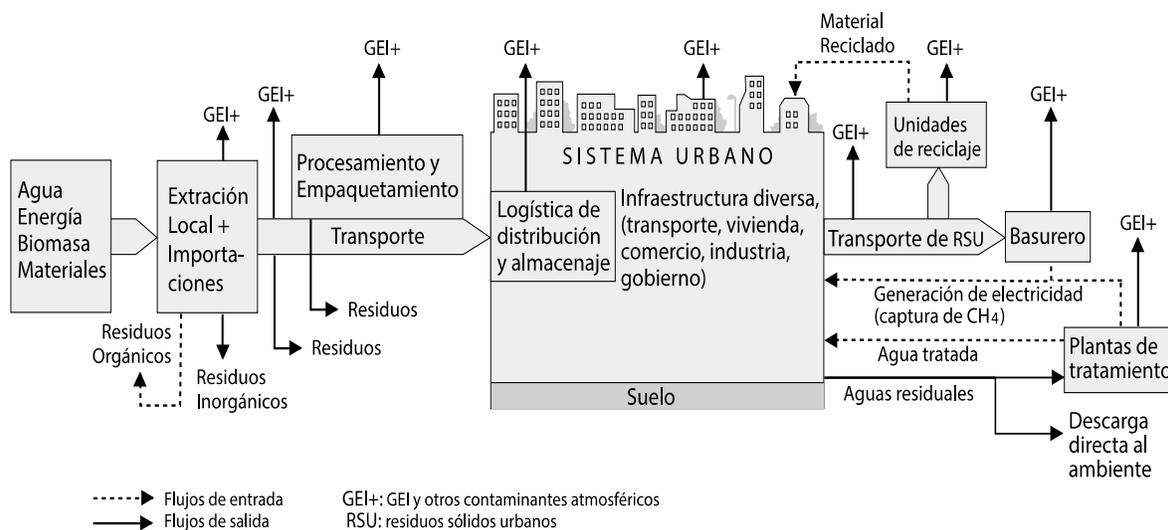
### **Ecología política del metabolismo urbano: un campo de conocimiento híbrido emergente**

Las ciudades toman cuerpo en territorios concretos, con características biofísicas naturales específicas -o primera naturaleza-, sobre los cuales se conforma una segunda naturaleza (Lefebvre, 1976) que materialmente demanda intercambios de materia (biótica, abiótica, de origen natural o antrópico) y energía (renovable o no-renovable) con sus alrededores o *hinterland* y más allá. Tales intercambios se dan en dos sentidos, en términos de flujos de materiales y energía que entran a los asentamientos urbanos y en flujos de materiales y de energía degradados que salen (Figura 2). Y dado que los flujos de salida son diversos no sólo en términos de composición biofísica sino en cuanto a su tiempo de vida útil, se habla así de la conformación –territorializada- de un *stock* urbano de materiales.

Lo anterior se observa desde tres componentes generales: 1) flujos y conformación de stocks de materia y energía, 2) procesos mediante los cuales éstos toman cuerpo, y 3) la

sociedad en tanto que, mediante relaciones sociales de producción específicas, define tales o cuales perfiles metabólicos y construye el espacio territorial concreto.

**Figura 2**  
Esquematación del metabolismo urbano-flujos de entrada y salida de energía y materiales, y conformación de stock o infraestructura urbana-



**Fuente:** autor. **Diseño gráfico:** Ángeles Alegre Schettino.

El estudio interdisciplinar de los tres componentes descritos es una cuestión cada vez más relevante, no sólo debido al creciente uso de recursos por parte de los asentamientos urbanos, sino también en tanto que permite hacer lecturas más finas del estado de situación actual de tales o cuales asentamientos en términos biofísicos, así como de su proyección futura. A su vez, ello abre la posibilidad de modelar rutas más o menos eficientes en el uso de los recursos y en la generación de residuos y así enfocar esfuerzos, por ejemplo, mediante la planificación de los procesos metabólicos, desde la definición de las funciones y uso del territorio así como desde el mismo diseño de tales o cuales infraestructuras con base en la relevancia otorgada para su optimización, dígame en términos socioecológicos, climáticos y/o de salud pública.

El metabolismo urbano tiene sus orígenes empíricos en el trabajo de Wolman (1965) quien concluye tras analizar los flujos de entrada y salida de energía y materiales de una ciudad hipotética de Estados Unidos de un millón de habitantes, que llegada una cierta intensidad metabólica, son inevitables los problemas ambientales, la contaminación atmosférica y la

incapacidad de gestionar enteramente los residuos urbanos, sobre todo las aguas residuales.[3]

Más adelante comienzan a consolidarse corrientes propias de la economía ecológica y sobre todo en la ecología industrial (Ayres, 1994) que se abocaron a la cuestión urbana a partir de aplicar métodos de *análisis de flujos de materiales* (Brunner y Rechberger, 2005) y poco después de contabilidad de flujos de energía o lo que Haberl (2001) calificó como “metabolismo energético”. Como resultado de la evolución antes descrita, la literatura sobre metabolismo urbano es cada vez más numerosa. Los trabajos se abocan al estudio de ciudades específicas (sobre todo del mundo desarrollado, pero no exclusivamente), de sus flujos puntuales, del stock e incluso de sus implicaciones socioecológicas y climáticas. De tal diversidad, cabe mencionar el trabajo de Baccini y Bruner (1990) como precursores teórico-metodológicos contemporáneos y, más delante de otros como Kennedy et al. (2007 y 2011) o Ferrão y Fernández (2013), estos últimos situando la apuesta por un metabolismo urbano sustentable o de planificación de esquemas o niveles metabólicos urbanos resilientes. Desde luego hay otras contribuciones igualmente valiosas.

Debe precisarse que el enfoque inicial de los estudios de metabolismo urbano fue el análisis exclusivo de flujos de materiales, seguido de los de energía (modelo metabólico lineal), para después incorporar una visión o modelo cíclico de los flujos, es decir, aquella que incorpora la noción de *ciclos cerrados de materiales* (en estricto sentido no pueden ser ciclos completamente cerrados debido a la Ley de la Entropía) o de procesos de reciclaje y/o recuperación parcial de flujos de salida, por ejemplo de materiales valiosos en los residuos sólidos, de gas metano emitido por rellenos sanitarios, de agua tratable, etcétera); más adelante se incorporaría por parte de diversos autores el análisis de los componentes internos de cada flujo como redes de procesos (Zhang, 2013).

En todos los casos se identifican dos modalidades de construcción de datos, de arriba hacia abajo (generalizaciones de promedios nacionales o regionales a nivel local) y de abajo hacia arriba (minado de datos en los territorios concretos), siendo este último el más preciso pero el más difícil de construir de manera dinámica o multi-temporal en tanto que a nivel urbano suele haber muchas deficiencias de información, y no se diga problemas de su

calidad. Los estudios comparados son escasos pues las metodologías empleadas, independientemente de su modalidad, aún no están estandarizadas, por ello, ese tipo de estudios suelen ser producto del mismo autor o grupo de investigación.

Cabe señalar que el análisis del stock urbano comenzó recientemente a incluirse como aspecto relevante de los estudios metabólicos urbanos, no sólo porque figuran como recursos acumulados potencialmente disponibles en el futuro a través de la implementación de medidas que tiendan al cierre de ciclos materiales o lo que ya se califica como *minería urbana* (Baccini y Bruner, 1990), sino también por su contribución al cambio climático, ello en tanto que la energía incorporada de los materiales que lo componen es muy elevada, dígase especialmente acero, cemento y aluminio. En este punto el trabajo de Müller et al. (2013) es valioso pues estiman el carbono incorporado en los tres materiales antes señalados del stock o infraestructura global en 122 (-20/+15) gigatoneladas de CO<sub>2</sub>e, de las cuales 68 gigatoneladas corresponden a los países del Anexo I (o más desarrollados) (Müller et al., 2013).

A nivel de asentamiento urbano, un primer cálculo de las dimensiones del stock de la Ciudad de México (Delgado, 2013) muestra la relevancia de tal ejercicio aproximativo en tanto que la contabilidad meramente de flujos directos es limitada. Por ejemplo, tan sólo la renovación anual del 1% de la infraestructura de la Ciudad de México es equivalente, cuando menos, al 30% de las emisiones directas de la misma, sólo en el año 2010, es decir 60% más que lo mitigado tal asentamiento en el periodo 2008- 2012.[4]

Ahora bien, los estudios de metabolismo urbano toman mayor sentido y relevancia cuando se hibridan con el análisis de lo económico-político y social, de estructuras de poder y asimetrías espaciales y temporales, o lo que se califica como modelos extendidos del metabolismo urbano (Zhang, 2013). De ahí que Swyngedouw afirme adecuadamente que los flujos metabólicos se gestan por medio de conductos sociales y biofísicos, contexto en el que los procesos de desterritorialización y reterritorialización (destrucción y reconstrucción del espacio construido) hoy por hoy sean definidos y estén en función de las posibilidades que tales o cuales espacios territoriales puedan ofrecer a la acumulación de capital (en Heynen, Kaika y Swyngedouw, 2006). En ese sentido la función del territorio se

entiende en términos de relaciones sociales de producción existentes (no de zonificación o usos del suelo, dígame: residencial, industrial, comercial), esto es, el espacio construido impregnado de la lógica para la cual se estructura el territorio y en donde se gestan, hoy día, las asimetrías propias de un desarrollo desigual (Harvey, 1996), sus contradicciones y los procesos de resistencia.

Tales resistencias sociales en pugna por un derecho a la ciudad, a una ciudad menos desigual, más sustentable, incluyente, equitativa y solidaria, dan cuerpo así a la denominada *ecología política urbana* en tanto que la pelea por tal derecho pasa por el derecho a la gestión del propio metabolismo urbano (Heynen, Kaika y Swyngedouw, 2006).

Así entonces y debido al arraigo de relaciones de poder dominantes, se observa la apropiación desigual de los flujos de energía y materiales, y del stock material, ello por medio de relaciones de mercado pero también de ciertas políticas (por ejemplo, las que impactan sobre la estructura presupuestaria del gasto público). El resultado de una capacidad de compra desigual es que las mejores construcciones, los servicios de mayor calidad y el grueso del espacio público, cada vez más privatizado, es adjudicado a los *mejores* consumidores, es decir a las clases medias y altas, todo al tiempo que las externalidades negativas de la vida urbana tienden a exportarse a los barrios periféricos o fuera de la ciudad (los efectos no exportables a otros espacios, son sin embargo, mejor afrontados o en su caso mitigados o neutralizados por aquellos individuos cuyo poder de compra es mucho mayor).

En el proceso, claramente, las cuestiones de clase, género, etnicidad, entre otras, son centrales en términos de la capacidad de movilización de relaciones de poder para definir quién tiene acceso a, o control de, y quién será excluido del acceso a, o el control de los recursos naturales y otros componentes del espacio urbano construido (Heynen, Kaika y Swyngedouw, 2006), ello incluyendo la imposición de los impactos socioecológicos creados. En tal tenor, Harvey (2012) sugiere pasar de la exigencia del derecho a la ciudad a la revolución urbana, una revolución esencialmente de la función del territorio y del acceso, gestión y usufructo del stock y los flujos materiales y energéticos con el propósito de encausarse hacia esquemas menos asimétricos y más resilientes.

Desde tal perspectiva, por ejemplo, se ha revisado el caso de la ecología política urbana del agua en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) (Delgado, 2014), confirmando que la escasez de ese recurso no sólo es biofísicamente definida sino socioeconómicamente construida, para lo cual es central ejercer y reproducir cuotas de poder (y dominación) asimétricas de parte de diversos actores, tanto públicos y privados, con respecto al resto de la sociedad. Se trata de formas de control que, sin embargo, son socialmente confrontadas de diversa manera y con distintas narrativas. El caso de otros recursos es similar, incluyendo los flujos de salida o de residuos cuyas implicaciones socioecológicas tienden a ser externalizadas asimétricamente tal y como sucede muy claramente con los residuos sólidos urbanos y en el caso de la ZMVM, también con las aguas residuales.

No es casual entonces que en la ZMVM se identifiquen tres tipologías de conflictos en torno al acceso, gestión y usufructo del ciclo urbano del agua: a) conflictos derivados por la apropiación de agua en cuencas aledañas a la ciudad; b) conflictos interurbanos por el acceso a agua en cantidad y calidad, y c) conflictos por afectaciones ambientales y a la salud por descargas de aguas residuales y/o por su uso para la producción de alimentos versus su tratamiento y reincorporación al ciclo urbano del agua (Delgado, 2014). Otros ejercicios similares, propios de la *ecología política del metabolismo urbano* son los de Kaika y Swyngedouw (2000), Keil (2005) o los recopilados por Heynen, Kaika y Swyngedouw (2006), entre otros.[5]

Por lo indicado, puede argumentarse que la relevancia de hibridar los estudios de metabolismo urbano con la ecología política urbana es que, además de ayudar a calibrar mejor las medidas políticas y de regulación con respecto a las constricciones biofísicas y técnicas/tecnológicas reales o potenciales, también permite politizar el análisis de flujos y de stock material-energético, esto es, dar cuenta de la complejidad y diversidad de los procesos sociopolíticos -incluyendo los contestatarios- que en una u otra forma modelan la ciudad. Es en tal sentido que Kaika y Swyngedouw (2000) sostienen que la ciudad puede ser vista como un “híbrido sacionatural” compuesto por procesos metabólicos circulatorios heterogéneos.

Por tanto, la perspectiva híbrida en cuestión, la de la ecología política del metabolismo urbano, busca trascender los análisis convencionales al apostar por una visión que abrace la complejidad y dinamismo de los procesos biofísicos, económicos, sociopolíticos e histórico-culturales como un todo, ello en tanto que en la práctica modelan la ciudad y sus múltiples relaciones a diversas escalas espaciales y temporales.

Por todo lo antes descrito, se puede pues afirmar que la cuestión urbana vista desde una visión interdisciplinaria comienza ya a desbordarse, construyendo puentes entre diversos campos de conocimiento, muchos de ellos híbridos en sí mismos, tales como la mencionada ecología industrial, la economía ecológica, la ecología urbana, la ecología política, y la geografía e historia socioambiental. Desde cada interpretación se enfatizan rasgos diversos pero en conjunto se observa cómo se vienen conformando lecturas cada vez más complejas en las que hay sinergias entre unos y otros acentos, dígame al tomar nota, tal y como dan cuenta Castán, Allen y Rapoport (2012: 851), de: 1) los flujos de materiales y de energía - así como el stock- de las ciudades, 2) la ciudad como ecosistema, 3) las relaciones económico-materiales dentro de las ciudades, 4) las relaciones campo-ciudad y sus impulsores económicos, 5) la reproducción de las inequidades urbanas, y 6) los intentos de darle otros significados a la ciudad a través de visiones novedosas en torno a las relaciones socioecológicas.

En ese sentido, la ecología política del metabolismo urbano se perfila claramente como campo híbrido emergente que devela que la territorialización urbana y cualquier proceso de transición alternativo no es una cuestión neutral ni libre de las dinámicas termodinámicas y de las constricciones que de éstas se derivan. Como tal, es un enfoque con herramientas potentes para el análisis integral del estado de situación de tales o cuales procesos de urbanización, las asimetrías y estructuras de poder imperantes y la identificación de cuestiones o escenarios conflictivos. Asimismo, la ecología política del metabolismo urbano, vista en positivo y subjetivamente materializada en la diversidad de movimientos sociales urbanos, puede ser punto de partida hacia imaginarios y prácticas –pacíficas- que, con sentido de pertenencia, posibiliten configuraciones espaciales o tipologías territoriales alternativas, viables, más resilientes y justas.

En todo caso, el necesario cambio de paradigma en la construcción, operación y gestión de las ciudades y en sí de los asentamientos humanos en cualquier parte del mundo deberá ser sin duda imaginativo y propositivo y sobre la base de una activa planeación participativa, proceso que no puede ser producto más que de un amplio ejercicio de intercambio de conocimientos o diálogo de saberes, de la coproducción de conocimiento, complejo, interdisciplinar y reflexivo.

La suma de múltiples acciones, si éstas parten del mencionado proceso de planeación integral de los territorios y sus usos (incluyendo sus perfiles metabólicos), pueden tener un mayor impacto al posibilitar sinergias y co-beneficios de diversa índole (Seto et al., 2014). Por ello, la tradicional gestión sectorializada ya no es suficiente, viable, ni deseable por mucho más tiempo.

Para un éxito mayor, el análisis metabólico de los asentamientos urbanos se precisa de manera permanente de tal suerte que se puedan ajustar los instrumentos de política pública (y no meramente de gobierno) y las acciones concretas de múltiples agentes o actores a los cambiantes contextos imperantes y en relación a una tendencia histórica y un futuro socialmente deseable. No basta entonces con pensar el diseño del espacio urbano y de su perfil metabólico, es además nodal la reformulación de su *función* (entendida en términos de relaciones sociales de producción) para que sea ésta el desarrollo del sujeto y no la acumulación de capital per se. Se trata pues del empuje de formas de urbanización emancipatorias, ciudades para la vida, que sólo pueden tomar cuerpo en y desde la práctica democrática, reflexiva y participativa.

### **Discusión y conclusiones**

La cuestión socioecológica claramente se coloca hoy día en el ámbito de los sistemas complejos y por tanto demanda una novedosa mirada interdisciplinaria. El proceso se gesta ya desde múltiples enfoques híbridos que con diversos énfasis proponen miradas renovadas. Ésas, si bien recuperan conocimientos previos, cuestionan los planteamientos convencionales, empujando así rutas que convergen en la coproducción de conocimiento cada vez más diverso y robusto. Las apuestas hacia una ciencia reflexiva y cada vez más

participativa se develan conforme los problemas ecológicos se tornan complejos e inciertos en sus diversas escalas espaciales y temporales, pero también conforme las implicaciones se vuelven mayores y demandan la toma de decisiones urgentes. Y aunque en efecto hay importantes resistencias, sobre todo a reconocer conocimientos científicos no-validados y conocimientos no-científicos, algunas disciplinas híbridas, y sobre todo campos híbridos, comienzan a replantear tal posicionamiento.

La convergencia de enfoques en la coproducción de conocimiento hibridado, en torno a tales o cuales temáticas socioecológicas, no implica una homogenización del mismo, de ahí que los conceptos compartidos como metabolismo social o metabolismo urbano contengan énfasis diversos. El potencial radica justamente en la diversidad de análisis que giran alrededor de un cierto enfoque y de conceptos claves que sirven como puntos de contacto y de potencial sinergia e hibridación de conocimiento. Ello no con la intención de amalgamar el abanico de perspectivas presentes –como bien advierten Castán, Allen y Rapoport (2000) en torno al metabolismo urbano-, sino más bien con el propósito de “reconocer la diversidad de perspectivas como medio para desarrollar preguntas comunes que puedan generar un diálogo interdisciplinario, y así, trascender las barreras disciplinarias” (Castán, Allen y Rapoport, 2000: 859) en todos los sentidos previamente expuestos, desde prácticas y formas de coproducción de conocimiento, hasta formas de lenguaje, conceptos y espacios para el diálogo, la reflexión (participativa) y la toma de decisiones (con justicia social); en el caso aquí elaborado, en lo que refiere a los retos socioecológicos de principios del siglo XXI (como los que derivan de lo urbano) en toda su amplitud y complejidad.

---

## Notas

[1] Las implicaciones políticas pueden ser relevantes, por ejemplo cuando se trata de la realización de meta-análisis para la toma de decisiones como sucede con los informes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) que se basan casi exclusivamente en literatura *peer review*, mayormente en inglés. El resto de literatura se denomina como literatura gris.

[2] Por ejemplo, Fazey et al. (2014) formulan tres rasgos generales de las metodologías de intercambio de conocimiento en torno a: (1) el modo en el que el intercambio de conocimiento se conceptualiza y se realiza, (2) los métodos usados para realizar la evaluación y, (3) los resultados logrados a partir del intercambio de conocimiento que es evaluado.

[3] La ciudad hipotética de Wolman consumía 625 mil toneladas diarias de agua y generaba 500 mil toneladas diarias de aguas residuales; asimismo, el consumo de combustible era de unas 9.500 toneladas diarias y el de alimentos de unas 2 mil toneladas al día (Wolman, 1965).

[4] Debe advertirse que aunque el Programa de Acción Climático de la Ciudad de México 2014-2020 incluye el concepto de metabolismo urbano, éste no logra comprender a cabalidad la complejidad del mismo, su metodología e indicadores, de ahí que no logre integrarlo en sus acciones concretas más allá de lo discursivo; de hecho no hace referencia en ningún momento al stock material urbano y a su relevancia en términos de mitigación climática. Termina en cambio plasmando una visión tradicional, sectorializada, de lo que denomina política de gobierno y que es bien distinto a política pública.

[5] Cabe precisar que otros autores también abordan la problemática de la ecología política urbana sin necesariamente hacer explícita la dimensión metabólica, no obstante los procesos que analizan por lo general suelen estar directamente vinculados a las dinámicas metabólicas y las asimetrías socioecológicas presentes tanto hacia adentro de la ciudad como hacia fuera.

---

## Referencias citadas

Ayres, Robert (1994). "Industrial metabolism: theory and policy". En *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, pp. 3-20, Robert Ayres y Udo Ernest Simonis editores. Tokyo: United Nations University Press.

Baccini, Peter y Paul Brunner (1990). *Metabolism of the Anthroposphere*. Cambridge: MIT Press.

- Bruckemeier, Karl (2013). *Natural Resource Use and Global Change*. Nueva York/Londres: Palgrave MacMillan.
- Brunner, Paul y Helmut Rechberger (2005). *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. Florida: Lewis Publishers.
- Castán Broto, Vanesa, Adriana Allen, y Elizabeth Rapoport (2012). “Interdisciplinary perspectives on urban metabolism”. *Journal of Industrial Ecology*. No. 6 .Vol. 16, pp. 851 – 861.
- Daiber, Birgit y Francois Houtart editores (2012). *Un paradigma poscapitalista: el bien común de la humanidad*. Panamá: Ruth Casa Editorial.
- Delgado-Ramos, Gian Carlo (2014). “Ciudad, agua y cambio climático: una aproximación desde el metabolismo urbano”. *Medio Ambiente y Urbanización*. No. 80, pp. 95 - 123.
- Delgado-Ramos, Gian Carlo (2013). “Climate change and metabolic dynamics in Latin American major cities”. En *Sustainable City VIII. Urban Regeneration and Sustainability*, pp. 39-56, S.S. Zubir y C.A. Brebbia, editores. Southampton: WIT Press.
- Delgado-Ramos, Gian Carlo, Cristina Campos Chávez y Patricia Rentería Juárez (2012). “Cambio climático y el metabolismo urbano de las megaurbes latinoamericanas”. *Hábitat Sustentable*. No. 1. Vol. 2, pp. 2 – 25.
- Fazey, Ioan et al (2014). “Evaluating knowledge exchange in interdisciplinary and multi-stakeholder research”. *Global Environmental Change*. Vol. 25, pp. 204 – 220.
- Fischer-Kowalski, Marina y Helmut Haberl (2000). “El metabolismo socioeconómico”. *Ecología Política*. No. 19, pp. 21 – 34.
- Funtowicz, Silvio y Jerome Ravetz (2000). *La ciencia posnormal. Ciencia con la gente*. Barcelona: Icaria Antrazyt.
- Funtowicz, Silvio y Roger Strand (2007). “De la demostración experta al diálogo participativo”. *Revista CTS*. No. 8, Vol. 4, pp. 97-113.
- Gallopín, Gilberto, Silvio Funtowicz, Martin O-Connor y Jeremy Ravetz (2001). “Science for the 21st Century: from Social Contract to the Scientific Core”. *International Journal of Social Science*. No. 168, Vol. 54, pp. 219-229.
- García, Rolando (1994). “Interdisciplinarietà y Sistemas Complejos”. En *Ciencias Sociales y Formación Ambiental*, pp. 85-124, Enrique Leff, compilador. Barcelona: Gedisa.

- Haberl, Helmut, Marina Fischer-Kowalski, Fridolin Krausmann, Joan Martínez-Alier, y Verena Winiwarter (2011). "A Socio-metabolic Transition towards Sustainability? Challenges for Another Great Transformation." *Sustainable Development*. No. 1, Vol. 19, pp. 1-14.
- Haberl, Helmut (2001). "The energetic metabolism of societies: part I: accounting concepts." *Journal of Industrial Ecology*. No. 1, Vol. 5, pp. 11-33.
- Harvey, David (2012). *Rebel Cities. From the right to the City to the Urban Revolution*. Londres/Nueva York: Verso.
- Harvey, David (1996). *Justice, nature and geography of difference*. Oxford: Blackwell.
- Heynen, Nik, Maria Kaika y Erik Swyngedouw (2005). "Urban Political Ecology – Politicising the Production of Urban Natures". En *In the Nature of Cities – Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism*, pp. 1-20. Nik Heynen, Maria Kika y Erik Swyngedouw, editores. Londres: Routledge.
- Kaika, Maria y Erik Swyngedouw (2002). "Fetishizing the modern city: the phantasmagoria of urban technological networks". *Urban and Regional Research*. No. 1, Vol. 24, pp. 120 – 138.
- Keil, Roger (2005). "Progress Report – Urban Political Ecology." *Urban Geography*. No. 7, Vol. 26, pp. 640-651.
- Kennedy, Christopher, John Cuddihy y Joshua Engel-Yan (2007). "The Changing Metabolism of Cities". *Journal of Industrial Ecology*. No.2, Vol. 11, pp. 43-59.
- Kennedy, Christopher, Stephanie Pincetl y Paul Bunje (2011). "The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design." *Environmental Pollution*. No. 8-9, Vol. 159, pp.1965 – 1973.
- Kuhn, Thomas (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Lefebvre, Henri (1976). *The survival of Capitalism: reproduction of the relations of production*. Londres: Allison & Busby.
- Müller, Daniel et al. (2013). "Carbon Emissions of Infrastructure Development." *Environmental Science & Technology*. No. 20. Vol. 47, pp. 11739 – 11746.
- Porto-Gonçalves, Carlos Walter (2011). "De Saberes y Territorios: diversidad y emancipación a partir de la experiencia latino-americana". *Polis. Revista Latinoamericana*. No. 22, Vol. 8, pp. 121-136.

- Seto et al. (2014). "Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning". En *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pp. 923 – 1000. Ottmar Edenhofer et al. Editores. Cambridge, Reino Unido / Nueva York, EUA: Cambridge University Press.
- Steffen, Will et al (2015). "Planetary boundaries:guiding human development on a changing planet." *Science*, pp. 1 – 17. Primero en línea: DOI: 10.1126/science.1259855 (visitada el 28 de Enero de 2015).
- Ungar, Paula y Roger Strand (2005). "Complejidad: una reflexión dese la ciencia de la conservación". *Nómadas*. No. 22, pp. 36-46.
- Wickson, Fern, Roger Strand y Kamilla Kjolberg (2014). "The Walkshop Approach to Science and Technology Ethics". *Science and Engineering Ethics*. Primero en línea: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11948-014-9526-z> (visitada el 17 de Agosto de 2014).
- Wolman, Abel (1965). "The metabolism of cities." *Scientific American*. No. 3, Vol. 213, pp. 179-190.
- Zhang, Yan (2013). "Urban metabolism: a review of research methodologies." *Environmental Pollution*. Vol. 178, pp. 463-473.