

Mireya Imaz Gispert,* Dalia Ayala Islas* y Ana G. Beristain Aguirre*

Sustentabilidad, territorios urbanos y enfoques emergentes interdisciplinarios

Resumen | Vivimos en una nueva era geológica, el Antropoceno, en donde las actividades humanas dominan los recursos del planeta, provocando grandes transformaciones en los sistemas ecológicos y los ciclos biogeoquímicos a escala global.

El crecimiento económico y poblacional está siendo alimentado por un uso no sostenible de recursos finitos. Los centros urbanos han incrementado sus poblaciones, extensión y complejidad social y económica, con un consecuente crecimiento en la infraestructura urbana y un acceso desigual a bienes y servicios, lo cual ejerce presión cada vez mayor sobre los sistemas ecológicos a escala local, regional y global. La capacidad de estos sistemas para resistir y recuperarse de los impactos está peligrosamente cerca de sus límites.

El porcentaje de la población que habita en ciudades en el mundo actualmente es de 50% y se espera que para el 2050 alcance 70%, y la mayor parte se dará en los países en desarrollo. El crecimiento de los límites urbanos ha puesto en la mira a las metrópolis modernas como paradigmas de sistemas insostenibles por lo que es urgente buscar nuevos enfoques para el análisis de la interacción de los sistemas urbanos y ambientales en el desarrollo de las ciudades mediante métodos multidimensionales y considerando los niveles de incertidumbre y complejidad que el tema conlleva.

Las ciencias de la sustentabilidad y enfoques como la macroecología o el metabolismo urbano son útiles para comprender la complejidad del desarrollo de las ciudades y su ineludible dependencia del entorno y los ecosistemas que las sustentan. Considerar estas interacciones permitirá desarrollar análisis integrales, dejando de ver a las ciudades como territorios aislados.

En este trabajo presentamos algunas ideas con las cuales consideramos podemos ir un paso más allá en la configuración de ciudades cada vez más en armonía con la dimensión natural y con los límites biogeoquímicos del planeta, al tiempo que son lugares de convivencia en condiciones de equidad social y económica para todas y todos.

Sustainability, urban territory and emergent interdisciplinary approaches

Abstract | We are living in a new geological period, the Anthropocene, in which human activity dominates planetary resources, causing major transformations in ecosystems and in biogeochemical cycles on a global scale.

* Programa Universitario de Medio Ambiente, Universidad Nacional Autónoma de México.
Correo electrónico: mimaz@unam.mx

Economic and population growth is feeding on an unsustainable use of finite resources. Urban centers have increased their population, area, and social and economic complexity, with consequent growth of urban infrastructure, and unequal access to goods and services. This is exerting increasing pressure on ecosystems at a local, regional and global scale. The capacity of these systems to resist and recover from these impacts is perilously close to its limits.

The percentage of population that lives in cities now stands at 50%, and is expected to reach 70% in 2050, with the major part of this increase in developing countries. The expansion of urban limits has drawn attention to modern metropolis as paradigms of unsustainable systems; thus, it is imperative to seek new approaches by which to analyze the interaction between urban and environmental systems in the development of cities, bringing multidimensional methods into play, and taking into account the levels of uncertainty and complexity that the issue entails.

The sciences of sustainability and approaches such as macroecology or urban metabolism are useful to understand the complexity involved in the development of cities and their inescapable dependence on their environs and on the ecosystems that support them. The consideration of these interactions will enable us to develop more integral analyses, and to stop considering cities as isolated territories.

In this paper we present some ideas on the basis of which we feel it is possible to go a step further in the configuration of cities that are better in harmony with natural dimensions and with the biogeochemical limits of the planet, and yet, at the same time, are spaces in which humans can live together in conditions of social and economic equality for all.

Palabras clave | sustentabilidad – ciudades – macroecología humana – metabolismo urbano – antropoceno

Keywords | sustainability – cities – human macroecology – urban metabolism – anthropocene

El Antropoceno

EN LOS ÚLTIMOS 50,000 años nuestra especie se ha expandido para intervenir prácticamente en todos los rincones del orbe, convirtiéndose en la especie más dominante que haya existido en la Tierra con un crecimiento casi exponencial, una ocupación global y un desarrollo económico desigual caracterizado por un consumo acelerado de bienes y recursos basado en la extracción de recursos naturales y en la transformación de éstos en bienes y servicios.

La humanidad, a pesar de estar sujeta a las mismas leyes y fuerzas de la naturaleza que el resto de las especies con las que comparte el planeta, se ha apropiado de casi dos terceras partes de la productividad primaria neta del orbe (Burnside, et al. 2012) y su demanda de energía aumenta incesantemente.

El metabolismo biológico humano emplea alrededor de 120 W (watt o vatio es la unidad de potencia), lo que se equipara con otros mamíferos de nuestra talla. Sin embargo los humanos en la sociedad actual demandan mucha más energía. Desde el tiempo en que la mayor parte de la población era recolectora, ya se consumía en promedio casi el doble (300 W) debido al uso de biocombustibles como leña o excremento. En la sociedad actual, en las ciudades de mayores ingresos, las personas consumen 100 veces más energía de lo que demanda su metabolismo (alrededor de 11,000 W) debido a la incorporación de otras formas de energía obtenida a través del petróleo, carbón, gas natural, energía nuclear y recientemente el uso de fuentes de energía renovables como la solar, la eólica y la mareomotriz (Burnside, et al. 2012).

El 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 en toda su extensión. La magnitud de los cambios

en el planeta generados por nuestra especie ha llevado a algunos científicos a sustentar la propuesta de Crutzen (2002) de denominar esta etapa de la Tierra como el *Antropoceno*, pues la actividad humana rivaliza con las fuerzas del vulcanismo, la erosión y la selección natural para cincelar nuevas interacciones y diferentes arreglos físicos y biogeoquímicos *urbi et orbi*.

Desde hace varias décadas se han realizado análisis para tratar de determinar con precisión los efectos de las actividades antrópicas en los sistemas biológicos del planeta. Una de las más recientes es la presentada por Rockström, et al. (2009) y Foley (2010), en la que establecen nueve límites planetarios enfocados a mantener las condiciones del Holoceno que han permitido el florecimiento de la civilización humana y que, de ser superados, desencadenarían cambios en los procesos globales poniendo en riesgo la permanencia de la especie humana. Estos límites planetarios son: cambio climático, tasa de extinción de especies, interferencia en el ciclo del nitrógeno y en el del fósforo, pérdida de ozono estratosférico, acidificación de los océanos, consumo global de agua dulce y cambio en el uso del suelo (Tabla 1).

El 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 en toda su extensión

Tabla 1. Los nueve límites planetarios, su estado actual y los límites propuestos (basado en Rockström, et al. 2009).

<i>Proceso planetario</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Límite propuesto</i>	<i>Estado actual</i>	<i>Valor pre-industrial</i>
Cambio climático	Concentración de CO ₂ en la atmósfera (ppm en volumen)	350	+400	280
	Cambio en el forzamiento radiativo (W/m ²)	1	1.5	0
Tasa de extinción de especies	Tasa de extinción (número de especies por millón por año)	10	>100	0.1–1
Ciclo del nitrógeno (en combinación con el ciclo del fósforo)	Cantidad de N ₂ removida de la atmósfera por las actividades humanas (10 ⁶ ton/año)	35	121	0
Ciclo de fósforo (en combinación con el ciclo del nitrógeno)	Cantidad de fósforo que llega a los océanos (10 ⁶ ton/año)	11	8.5–9.5	aprox. 1
Pérdida de ozono estratosférico	Concentración de ozono (unidades Dobson)	276	283	290
Acidificación de los océanos	Saturación promedio global de aragonita en la superficie del mar	2.75	2.90	3.44
Consumo global de agua dulce	Consumo de agua dulce (10 ⁹ m ³ /año)	4,000	2,600	415
Cambio en el uso del suelo	Porcentaje global de superficie convertida a sistemas agroforestales	15	11.7	Bajo
Carga de aerosoles	Concentración de partículas en la atmósfera a partir de una base regional	Por determinar		
Contaminación química	Por ejemplo, cantidad emitida, concentración de compuestos orgánicos persistentes, plásticos, disruptores endócrinos, desechos nucleares a nivel global o su efecto sobre los ecosistemas y el funcionamiento de los sistemas de la Tierra	Por determinar		

De acuerdo con este análisis, la humanidad ha rebasado 3 de los 9 límites planetarios: cambio climático, tasa de extinción de especies e interferencia en el ciclo del nitrógeno. Tan sólo la tasa de extinción de especies se ha incrementado entre 100 y 1,000% con respecto a la tasa de extinción natural estimada (Adams y Jeanrenaud 2008).

Aunque los límites planetarios representan un ejercicio relevante para el análisis de los procesos antrópicos y para el desarrollo de políticas para evitar superarlos, la falta de conocimiento detallado sobre los sistemas naturales limita

su exactitud, por lo que no deben ser considerados como cotas máximas dentro de las cuales se pueda mantener la sobreexplotación de los recursos, ni mucho menos como margen para continuar con los procesos de degradación ambiental en el planeta.

Burger, et al. (2012) señalan que el petróleo, el agua dulce y el fosfato están alcanzando condiciones extremas de explotación y hemos pasado ya el pico de disponibilidad, lo cual implica que a partir de este punto dichos recursos serán cada vez menos accesibles. Para el año 2005, 15 de los 24 ecosistemas evaluados en el *Millenium Ecosystem Assessment* (60%) estaban degradados o eran usados de manera no sustentable (Adams y Jeanrenaud 2008).

Ciertamente no todos los recursos esenciales escasean al mismo tiempo — esto es muy común en la ecología— sin embargo la disminución de las reservas de recursos críticos como el petróleo, el fósforo, la tierra fértil y el agua, ponen en riesgo la capacidad de mantener a la población humana actual, aun considerando los muy diversos y contrastantes estándares de vida. A ello deben añadirse los efectos que la degradación de los recursos tiene sobre la salud humana. Más de 2 millones de personas mueren cada año como consecuencia de la contaminación atmosférica; de igual forma, el consumo de agua contaminada está entre las principales causas de morbilidad y mortalidad (Adams y Jeanrenaud 2008).

A pesar de que no se puede tener certeza de cuáles serán las consecuencias de seguir las actuales tendencias de sobreuso de los recursos, es evidente que el crecimiento económico y poblacional están siendo alimentados por un uso no sostenible de recursos finitos.

Hay quienes señalan que no hay mucho de qué preocuparse —al menos no en el corto plazo— ya que las reservas de recursos no se han agotado; que aún existen peces en el océano, petróleo, agua, fosfato, cobre y carbón en el subsuelo, y que sólo se ha dificultado encontrarlos y extraerlos. Sin embargo, debemos asumir que existen límites biofísicos para el crecimiento económico y que la capacidad de la humanidad de desarrollarse social y económicamente está restringida por la capacidad misma de los (eco) sistemas del planeta para resistir y recuperarse de los impactos o perturbaciones, capacidad que está peligrosamente cerca de sus límites (Rockström, et al. 2009; Foley 2010).

Las ciudades: el hábitat dominante en el *Antropoceno*

Desde los primeros asentamientos las personas intervinieron en el entorno natural de manera consciente y colectiva, y fueron formando áreas urbanas cada vez más complejas para alcanzar objetivos sociales, políticos y ambientales. El porcentaje de la población que habita en ciudades en el mundo actualmente es

de 50% y se espera que para el 2050 alcance el 70%. La mayor parte de este incremento se dará en los países en desarrollo (UN-Habitat 2013).

Durante la mayor parte de su historia las sociedades humanas fueron pequeñas y las relaciones sociales basadas en redes de parentesco. Con la transición hacia las sociedades industriales se generaron nuevas redes de distribución de energía, materiales e información que alteraron las bases socioeconómicas, permitiendo que la población humana y el uso de recursos se incrementaran, promoviendo cambios en los ámbitos tecnológico, económico y cultural, lo que permitió un acceso cada vez mayor y más fácil a recursos y combustibles. Los centros urbanos han incrementado su población, extensión y complejidad social y económica, al tiempo que crecen la infraestructura urbana y el acceso a bienes y servicios, cuya consecuencia genera cada vez más una mayor presión sobre los sistemas ecológicos (Burnside, et al. 2012, 205).

Los centros urbanos han incrementado su población, extensión y complejidad social y económica, al tiempo que crecen la infraestructura urbana y el acceso a bienes y servicios, cuya consecuencia genera cada vez más una mayor presión sobre los sistemas ecológicos

Ante este panorama han surgido enfoques como el análisis del metabolismo urbano que busca cuantificar los impactos ambientales generados por las ciudades en el cual los sistemas urbanos pueden considerarse sistemas abiertos al flujo de materiales y energía; es decir que toman materiales y energía de los alrededores (fuera del entorno urbano) y les regresan energía disipada y materiales de desecho o degradados (gases, agua, residuos sólidos) (Delgado, Campos y Rentería 2012). Estos movimientos generan impactos, de diversa magnitud y extensión, en los ecosistemas no necesariamente próximos a las ciudades, por ejemplo para el ingreso de agua, combustibles, materiales de consumo, energía y la expulsión de agua contaminada, gases a la atmósfera y residuos sólidos (ver Figura 1).

La concentración de cada vez más personas en una superficie relativamente reducida genera fuertes impactos sociales y ambientales a nivel local, regional y global. Las ciudades han evadido las limitaciones en la disponibilidad de recursos a través de la innovación y del aprovechamiento de los recursos de otros territorios y esto las ha convertido en los principales consumidores de bienes y en los emisores más importantes de gases de efecto invernadero y de residuos, afectando los flujos de materiales y energía planetarios por lo que nos parece acertada, como principio, la propuesta de Delgado, Campos y Rentería (2012) de

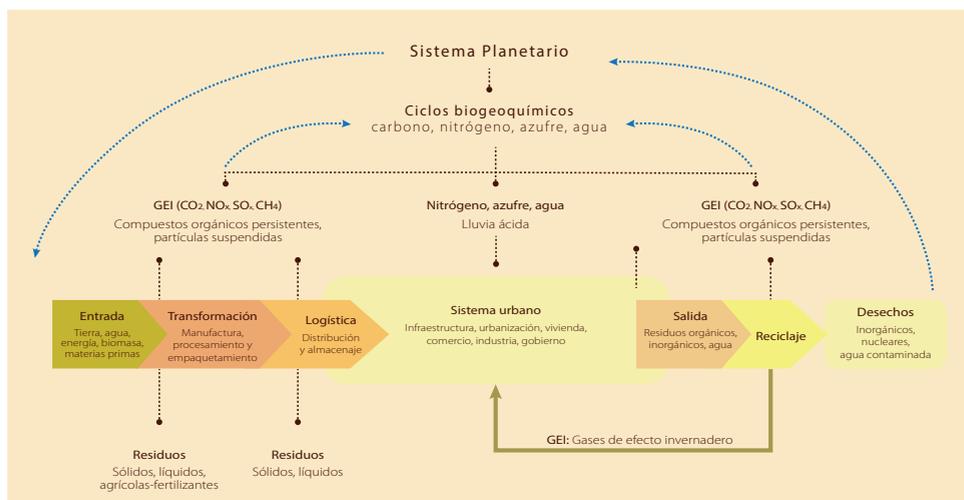


Figura 1. Flujo de materia y energía de las ciudades (elaboración propia a partir de Delgado, Campos y Rentería 2012).

reducir el metabolismo urbano a través de restringir los flujos de materia y energía desde y hacia los ecosistemas circundantes y lejanos a las urbes.

El crecimiento de las ciudades está limitado por factores sociales, económicos y naturales, mismos que se afectan por la presión de centros urbanos cada vez más demandantes, moviendo las barreras de su esfera de abasto, impacto e influencia, haciéndose a su vez sistemas cada vez menos autosuficientes debido a su densidad poblacional, procesos de especialización en actividades no primarias y a los patrones de consumo derivados de los modelos socioeconómicos. Lo que demandan y lo que desechan los centros urbanos impacta territorios cada vez más lejanos e influye en procesos biogeoquímicos de escala cada vez mayor. Los ciclos globales del oxígeno, carbono, nitrógeno, azufre y agua se encuentran afectados por las actividades humanas y sus impactos se resienten de manera local, regional y global.

La demanda y abasto de alimentos, agua, movilidad, urbanización, educación, etc., generan interacciones que implican intercambios de energía, materia o información. Los principios científicos que dominan los flujos y transformaciones de estos bienes son básicos para la ecología y directamente relevantes para la sustentabilidad y la conservación de los ciclos biogeoquímicos globales y los servicios ecosistémicos de los cuales dependen los equilibrios planetarios actuales. No podemos perder de vista que leyes de la termodinámica y la conservación de la energía y la masa, así como la estequiometría (las relaciones cuantitativas entre los elementos y los compuestos en reacciones químicas) son

universales. Estos principios son fundamentales para la biología y la ecología y, por supuesto, aplican a las personas y las actividades que éstas desarrollan a cualquier escala temporal o espacial.

Los efectos de las actividades antrópicas en el sistema Tierra no son predecibles por completo debido a la complejidad de los sistemas ecológicos y la incertidumbre que esto genera, lo que se hace evidente a través de tres factores: la falta de conocimiento sobre las dinámicas de los propios sistemas a distintas escalas (a pesar de la gran cantidad de información generada en el último medio siglo) y el tiempo/duración de los procesos e interacciones a diferentes escalas.

Lo anterior, nos parece, plantea la urgente necesidad de buscar nuevos enfoques para el análisis de la interacción de los sistemas urbanos y ambientales en el desarrollo de las ciudades y en la búsqueda de ciudades que transiten hacia la sustentabilidad.

Una mirada desde las ciencias de la sustentabilidad

Las ciencias de la sustentabilidad han emergido como un campo del conocimiento hace relativamente poco tiempo en respuesta a la creciente preocupación de científicos y científicas de diversas áreas del conocimiento social, económico y natural, así como de tomadores y aún pocas tomadoras de decisiones y público en general, acerca de cómo el planeta podrá mantener el crecimiento poblacional y el acelerado y creciente uso de recursos que demandan los patrones económicos dominantes.

Las ciencias de la sustentabilidad constituyen un campo emergente de investigación que aborda las interacciones entre los sistemas naturales y sociales y cómo esas interacciones afectan el reto de la sustentabilidad, entendida ésta como el atender las necesidades de las presentes y futuras generaciones al tiempo que se reduce la pobreza y se preservan los sistemas que sustentan la vida en el planeta (United Nations 1987). Georgina Mace (2012) señala que, a pesar de esta definición, la mayor cantidad de publicaciones en este campo emergente del conocimiento enfatizan las ciencias sociales, al tiempo que las naturales parecen no decidirse a subir a este nuevo vagón del tren del conocimiento.

Los artículos científicos que intentan dar respuesta a esta intrincada e inseparable relación entre el mundo socioeconómico y el natural se han multiplicado. En un estudio bibliométrico realizado por Bettencourt y Kaur publicado en PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences [EUA] en 2011) sobre las publicaciones de 1980 a 2010 analizadas utilizando el *Web of Science*, se registraron 23,535 publicaciones que incluyen el término sustentabilidad en el título, el resumen o en las palabras clave (Bettencourt y Kaur 2011). De estas publicaciones, 48% de los artículos incluye los términos *desarrollo* o *economía*;

el 17% menciona la *ecología o ecológico*; 12% la *energía*; 2% *límites*, y menos de 1% la *termodinámica* o los *estados de equilibrio*. Esto convoca a sumar de manera más activa la perspectiva de las ciencias naturales en el entendimiento de la sustentabilidad y en el robustecimiento de estas ciencias.

En el esfuerzo de la comunidad científica por añadir nuevos enfoques, autores como Burnside et al. (2012), y Hodge (2013) entre otros, señalan la emergencia de la macroecología como una forma de sumarse a la comprensión de la sustentabilidad y de cómo la humanidad está *integrada a y limitada por* los sistemas terrestres. Burnside y sus colaboradores abogan por un análisis desde la perspectiva del metabolismo enfocada en el intercambio de materia y energía entre las sociedades y de éstas con el entorno biofísico para interpretar patrones y sugerir posibles mecanismos de interacción.

Estos autores definen la macroecología humana como el estudio de las interacciones ambientales a través de las escalas temporales y espaciales, integrando interacciones a pequeña y gran escala, así como las interacciones con patrones emergentes y los procesos que los impulsan, caracterizando dimensiones y consecuencias del nicho humano con las interacciones con el ambiente que afectan la abundancia, distribución y diversidad, así como el desarrollo social, económico y tecnológico de las poblaciones humanas.

Esta metodología adopta una perspectiva metabólica que se centra en el intercambio de energía y materiales entre las poblaciones humanas y sus entornos ambientales, analizando los flujos, acervos y transformaciones de los recursos por las sociedades.

La sustentabilidad de las ciudades urge a internalizar los costos ambientales y sociales del desarrollo, por lo que es imperativo estructurar nuevas formas de medir y analizar el crecimiento económico. Las soluciones para la sustentabilidad no van a emerger de simples extrapolaciones de las prácticas actuales; es necesario entender las interconexiones entre los diferentes componentes del sistema Tierra incluyendo las acciones de la dimensión humana. La unidad básica de análisis debe incluir las dimensiones ecológicas y humanas, lo que hace que las ciencias de la sustentabilidad sean obligadamente multi e interdisciplinarias. El análisis integrador no se construye sólo con la suma de las partes y nos urge a 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. Así, las ciencias de la sustentabilidad deberán aprender a contender con las numerosas fuentes de incertidumbre que les da su propio objeto de análisis. Es importante señalar que aún en el caso de sistemas relativamente simples, al menos en las esferas de la ecología y lo humano, entender y visualizar no son sinónimos de capacidad para predecir.

Las ciencias de la sustentabilidad y enfoques como la macroecología o el metabolismo urbano son cada vez más necesarios para comprender la comple-

Las soluciones para la sustentabilidad no van a emerger de simples extrapolaciones de las prácticas actuales; es necesario entender las interconexiones entre los diferentes componentes del sistema Tierra incluyendo las acciones de la dimensión humana. La unidad básica de análisis debe incluir las dimensiones ecológicas y humanas, lo que hace que las ciencias de la sustentabilidad sean obligadamente multi e interdisciplinarias

jididad del desarrollo de las ciudades y su ineludible dependencia del entorno y los ecosistemas que las sustentan. El considerar estas interacciones permitirá sumar análisis más integrales, dejando de ver a las ciudades como territorios aislados.

El planteamiento de la ciudad sustentable

La definición de sustentabilidad no es sencilla y presenta muchas aristas ya que se corresponde con la propia complejidad de los sistemas del planeta y con la falta de conocimiento que nos permita entender las dinámicas e interacciones de los sistemas socioecológicos de los que somos parte y dependemos. La sustentabilidad no es una meta sino un proceso que implica movimiento permanente en función de los propios cambios que las actividades humanas desatan en los sistemas en los que interactúa y del efecto de estos cambios en los propios sistemas humanos.

Considerando el crecimiento de las zonas urbanas y la concentración de la población en ellas, reducir sus impactos ambientales locales, regionales y globales se ha convertido en una línea estratégica de la

sustentabilidad. De acuerdo con la Organización Habitat de Naciones Unidas (UN-Habitat 2009) la urbanización ambientalmente sustentable requiere que:

- Las emisiones de gases de efecto invernadero se reduzcan y que se implementen acciones de mitigación y adaptación al cambio climático
- La expansión urbana se minimice y se desarrollen pueblos y ciudades más compactos cuya movilidad se base en transporte público
- Los recursos renovables y no renovables se usen *sensatamente* y se conserven

- Se reduzcan la energía utilizada y los desechos generados por unidad de consumo
- Los desechos generados se reciclen o se dispongan de manera que su daño ambiental no se extienda
- La huella ecológica de los centros urbanos se reduzca

Además de que no se menciona la dimensión de equidad social y económica, lograr estas metas no es trivial y aún más, poco claro. Existen muchos retos a resolver para poder diseñar e implementar políticas públicas y estrategias que reduzcan las huellas ecológicas de las ciudades. Uno de los principales retos es la población misma, ya que por la densidad y la infraestructura predominante (asfalto, edificios y pocas áreas verdes), ésta difícilmente puede generar sus propios recursos y manejar adecuadamente sus residuos, por lo que sus impactos se transfieren fuera de su territorio.

Otro reto fundamental corresponde a la incapacidad de definir límites. El flujo global de bienes hacia y fuera de las ciudades, expande sus bordes y por consiguiente sus impactos ambientales a lugares remotos haciendo muy difícil determinar el tipo, la magnitud y permanencia de estos impactos.

De igual manera, para poder establecer si una ciudad es sustentable o no, es necesario considerar los impactos de las políticas y los sistemas de gestión tanto a nivel local (dentro del área ocupada por sus habitantes), como a nivel regional (fuera de los límites de sus habitantes, pero en las zonas donde obtiene la mayoría de sus recursos y terminan sus desechos) y global (los efectos regionales agregados y su impacto en los sistemas planetarios).

De esta forma la planeación de ciudades sustentables deberá considerar el impacto de las actividades que ahí se desarrollan (demanda de recursos y desechos), la conectividad del paisaje, los servicios ecosistémicos de los que dependen y su adaptabilidad. La urbanización es un proceso tangible que tiene influencia sobre el ambiente (Andersson 2006), y claramente la heterogeneidad espacial y la escala espacial-temporal son esenciales para entender los procesos e interacciones de las ciudades y de éstas con los sistemas naturales.

Esfuerzos y retos en la construcción de ciudades sustentables

La discusión sobre la sustentabilidad en las ciudades ha cobrado cada vez más importancia para las y los tomadores de decisiones, pues el crecimiento de los límites urbanos ha puesto en la mira a las metrópolis modernas como paradigmas de sistemas insostenibles. Por ello se vuelve relevante integrar las distintas dimensiones de la sustentabilidad en el análisis de los sistemas urbanos, y llevar a cabo una evaluación ambiental de las ciudades mediante métodos

multidimensionales considerando los niveles de incertidumbre y complejidad que el tema conlleva.

Algunos centros urbanos han establecido mecanismos y políticas encaminados a incluir tecnologías novedosas para lograr brindar los servicios que su población requiere y reducir los impactos ambientales que generan. Una de estas ciudades es la de Portland en el estado de Oregon en Estados Unidos. Esta ciudad instituyó un Departamento de Planeación y Sustentabilidad (BPS en inglés) el cual, a través de la colaboración con otras instancias, desarrolla soluciones innovadoras y prácticas para crear y fortalecer una ciudad *próspera, educada, saludable y equitativa* (City of Portland, Oregon n.d.) (1)

Este departamento, además, genera programas estratégicos de uso de suelo, investigaciones sobre temas ambientales, distritales, económicos, históricos y sobre la identidad de cada vecindario, promueve soluciones prácticas y creativas para el diseño y planificación urbana, construcciones verdes, reducción de residuos, composteo y reciclaje, eficiencia energética y tecnologías solares, producción local y sustentable de alimentos, así como acciones para mitigar y adaptarse al cambio climático. El BPS promueve una *economía próspera y baja en carbono, y ayuda a asegurar que la gente y el ambiente sean saludables y estén integrados en el paisaje urbano* (City of Portland 2011; City of Portland, Oregon n.d.).

Entre las políticas locales que han permitido que Portland sea una ciudad con menor impacto ambiental, está el reconocimiento de la participación ciudadana en la planificación urbana y en el diseño e implementación de las estrategias de gestión ambiental de la ciudad. Según el plan estratégico del BPS de 2011–2013, la participación de los ciudadanos es fundamental, por lo que sus proyectos buscan ampliar la cobertura y accesibilidad a la educación, oportunidades de trabajo, a la naturaleza, a transporte y prácticas sustentables y a opciones de vivienda (City of Portland 2011). Consideran fundamental el trabajo interdisciplinario y la colaboración de la comunidad y otras entidades. También ven a la educación como un elemento prioritario y consideran la educación pública y el acceso a infraestructura como librerías una parte importante de sus funciones.

De esta forma, pueden destacarse los siguientes aspectos que han favorecido que Portland pueda ser una ciudad con menor impacto ambiental:

- A nivel estatal se valora y protegen los suelos agrícolas, no se privilegia la urbanización (tampoco se inhibe, pero se busca integrar la urbanización con suelos agrícolas).
- Existe el Departamento de Planeación y Sustentabilidad, que se encarga del diseño y gestión urbanos en un contexto de sustentabilidad.
- Existe una Comisión de Conservación de Tierra y Desarrollo cuyos miembros

son ciudadanos voluntarios y que establece las reglas administrativas y políticas de uso de la tierra.

- Existen leyes con fines ambientales desde finales de la década de los 60, lo que permite que estos temas estén anclados en las políticas públicas.
- Hay políticas públicas destinadas a la reducción de residuos y el manejo de recursos desde hace varias décadas. La construcción de las estrategias de desarrollo tiene como uno de sus pilares la sustentabilidad (que incluye el desarrollo económico y la equidad, entre otros aspectos).
- Se reconoce y fomenta el acceso a la información y la educación, hay acceso a recursos digitales para informar a los ciudadanos y facilitar la participación.

Sin embargo, si se analiza la ciudad de Portland desde la perspectiva del metabolismo urbano en un contexto geográfico y ambiental amplio, enfatizando las interrelaciones con los sistemas económicos y ecológicos regionales, nacionales y globales en los cuales la ciudad está inmersa, resulta que la sustentabilidad de sus procesos no lo es tanto. Cada año el área metropolitana de Portland consume al menos 1.25 mil millones de litros de gasolina, 28.8 mil millones de megajoules de gas natural, 31.1 mil millones de megajoules de electricidad, 136 mil millones de litros de agua y 0.5 millones de toneladas de comida. La ciudad emite 8.5 millones de toneladas de CO₂,eq, 99 mil millones de litros de aguas negras y 1 millón de toneladas de residuos sólidos. Además, el comercio local e internacional implica el movimiento de 24 millones de toneladas de materiales anualmente (Burger, et al. 2012). Todos estos elementos, no se evalúan al hacer las cuentas sobre la sustentabilidad de la ciudad, y si bien su operación es en muchos sentidos ejemplar, dista mucho aún de ser un espacio sustentable.

En el caso de México la dinámica y crecimiento de las ciudades urge a que se ponga atención a los impactos locales y regionales y no sólo al *enverdecimiento* de puntos focales. Nuestro país vive un acelerado proceso de urbanización en el cual la población urbana pasó del 42% a mediados del siglo pasado a casi el 80% en la actualidad (INEGI 2010). Este aumento, sumado al crecimiento desordenado y la falta de planificación de los centros urbanos genera grandes retos para la gestión de las ciudades y para la sustentabilidad a nivel local, regional e incluso global.

En México los datos sobre la falta de planeación adecuada en las ciudades son alarmantes. De acuerdo con el estudio de ONU-Habitat, CONAVI, UNAM (2012), *“durante los últimos 30 años la población del país ha crecido 1.4 veces, mientras que la superficie urbana se ha incrementado en 5.9 veces. La expansión urbana y la discontinuidad en la ocupación del suelo incrementa la complejidad y el costo de la provisión de la infraestructura de los servicios urbanos y genera considerables costos económicos, sociales y ambientales”* (2012, 13).

En nuestro país la concentración de la población en zonas metropolitanas con población superior a un millón de habitantes (11 zonas en total) y la dispersión de numerosos asentamientos con muy pocos habitantes han dado origen a un patrón de urbanización concentrado y disperso al mismo tiempo. De acuerdo con el estudio de ONU-Habitat, CONAVI, UNAM (2012), se estima que alrededor de 90 mil viviendas precarias se establecen cada año en áreas sin infraestructura ni servicios, en zonas de riesgo o de protección ambiental, muchas de las cuales se ubican en zonas periurbanas. Se ha favorecido la producción de vivienda masiva en los perímetros de las ciudades (casi siempre financiadas por

Frente al pronóstico global de que 70% de la población mundial habitará en ciudades en el transcurso de las siguientes cuatro décadas surgen numerosos retos para la planificación y desarrollo de ciudades con enfoque sustentable

organismos del sector público) lo que provoca modelos de ciudades dispersas con altos impactos sobre los ecosistemas ya que requieren de grandes flujos de materiales y energía para su construcción, abastecimiento y transporte de la población, al tiempo que afectan zonas que proveen de servicios ecosistémicos esenciales para la propia viabilidad de las ciudades como son la recarga de acuíferos, la producción de alimentos, la captura de carbono, la biodiversidad local y regional, etc.

Frente al pronóstico global de que 70% de la población mundial habitará en ciudades en el transcurso de las siguientes cuatro décadas surgen numerosos retos para la planificación y desarrollo de ciudades con enfoque sustentable. Desde luego que nos parece aconsejable seguir los pasos de ciudades como Portland; sin embargo, es evidente que esto no resuelve el problema de un exceso de demanda de recursos en un planeta finito.

Presentamos algunas ideas con las cuales consideramos podemos ir un paso más allá en la configuración de ciudades cada vez más en armonía con la dimensión natural y con los límites biogeoquímicos del planeta, al tiempo que sean lugares de convivencia en condiciones de equidad social y económica para todas y todos.

1. Reconocer que los límites de las ciudades no son los de su geografía sino aquellos que los flujos de materia y energía hacia y desde la ciudad definen (metabolismo urbano).
2. Orientar el uso del espacio urbano regido con criterios sociales y ambientales, considerando la relación de sus límites.
3. Visualizar la operación de las ciudades en un contexto regional y global y

- establecer protocolos nacionales e internacionales que permitan un seguimiento a mediano y largo plazo.
4. Incorporar y desarrollar conocimiento que nos permita entender la dinámica de las interacciones del sistema urbano a nivel local, regional y global, para poder definir indicadores cuantitativos y cualitativos que sean parte de sistemas de monitoreo permanentes.
 5. Asegurar una participación ciudadana socialmente incluyente y que contribuya a mejorar la planificación urbana. Para ello es necesario contar con un sistema político que permita y promueva la participación, una base legal para el desarrollo de políticas que especifique la manera en la que los resultados de la participación serán incluidos en la planificación y toma de decisiones, así como mecanismos para que los grupos sociales marginados puedan ser considerados en las políticas e incluidos en los procesos de planificación participativa.

Reflexiones finales

Vivimos en una era donde la actividad humana domina los recursos del planeta y provoca grandes transformaciones en los ciclos biogeoquímicos a escala global. Las personas han intervenido en su entorno natural de manera consciente y colectiva, formando áreas urbanas cada vez más complejas para alcanzar objetivos sociales, políticos y ambientales. La transición hacia las sociedades industriales ha generado nuevas redes de distribución de energía, materiales e información y los centros urbanos han incrementado sus poblaciones, extensión y complejidad social y económica, con un consecuente crecimiento en la infraestructura urbana y un acceso desigual a bienes y servicios, lo cual ejerce una presión cada vez mayor sobre los sistemas ecológicos a escala local, regional y global.

Las ciencias de la sustentabilidad, por su carácter multi e interdisciplinario, contribuyen a un mejor entendimiento de los problemas ambientales. La emergencia de enfoques como la macroecología y el metabolismo urbano surgen como una forma de sumarse a la comprensión de la sustentabilidad de manera integral, holística y sistémica.

Las ciudades concentran a la población en menores extensiones de tierra y si bien esto puede generar economías de escala, la urbanización y los procesos que en ella tienen lugar afectan flujos de materiales y energía a escalas local, regional y global, por lo que el reto para transitar hacia ciudades sustentables pasa por la reducción de su metabolismo, es decir, por la disminución de los flujos de materia y energía desde y hacia los ecosistemas circundantes y lejanos.

Tomar en cuenta la capacidad de carga de los ecosistemas, el fomento de economías locales, promover la eficiencia energética y el fortalecimiento de la gobernanza en la planeación y ordenamiento de las ciudades, se vuelven elementos indispensables para las y los tomadores de decisiones en la construcción de ciudades sustentables.

Como señala Gallopin (2004), la creciente conectividad entre los sistemas de la tierra, así como la creciente complejidad de las sociedades y sus impactos en los sistemas naturales han provocado un gran nivel de incertidumbre y poco margen para la predicción. Si bien esto representa nuevas amenazas, también significa nuevas oportunidades para la humanidad.

Referencias

- Adams, W. M., y S. J. Jeanrenaud. *Transition to sustainability: Towards a humane and diverse world*. Gland, Switzerland: IUCN, 2008.
- Andersson, E. 11(1): 34. "Urban landscapes and sustainable cities." *Ecology and Society* (Disponible en <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art34/>) 11, no. 1:34 (2006).
- Bettencourt, L. M. A., y J. Kaur. "The evolution and structure of sustainability science." *Proc Natl Acad Sci USA*, no. 108 (2011): 19540–19545.
- Burger, J. R., et al. "The macroecology of sustainability." *PLoS Biology* 10, no. 6 (2012): 1–7.
- Burnside, W., J. Brown, O. Burger, y M. Hamilton. "Human macroecology: linking pattern and process in big-picture human ecology." *Biological Reviews* 87 (2012): 194–208.
- City of Portland. *2011–2013 Strategic Plan*. Bureau of planning and sustainability, Portland: Disponible en <http://www.portlandoregon.gov/bps/article/336131>, 2011.
- City of Portland, Oregon. *The city of Portland Oregon*. n.d. <http://www.portlandoregon.gov/bps/50531>.
- Crutzen, P. "Geology of mankind." *Nature* 415 (2002): 23.
- Delgado, G. C., C. Campos, and P Rentería. "Cambio climático y el metabolismo urbano de las megaurbes latinoamericanas. Hábitat Sustentable." 2, no. 1 (2012): 2–25.
- Foley, J. "Boundaries for a healthy planet." *Scientific American*, 2010: 54–57.
- Gallopin, G en *Earth System Analysis for sustainability*, Schellnhuber, H. J., et al. (Eds.). "What Kind of System of Science (and Technology) Is Needed to Support the Quest for Sustainable Development?" In *Earth System Analysis for sustainability*, de H. J. Schellnhuber (Ed.): 367–386. Berlin: Massachusetts Institute of Technology and Freie Universitat, 2004.

- Hodge, Anne-Marie. "The emerging field of human macroecology." *Scientific American*, Mayo 28, 2013: <http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/2013/05/28/the-emerging-field-of-human-macroecology/>.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Censo de Población y Vivienda 2010*. Censo, México: Disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>, 2010.
- Mace, G. M. "The limits to sustainability science: ecological constraints or endless innovation?" *PLoS Biology* 10, no. 6 (2012).
- PUEC-UNAM Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad. *México, Perfil del sector de la vivienda*. México: ONU-Habitat, CONAVI, PUEC-UNAM, 2012.
- Rockström, J., et al. "A safe operating space for Humanity." *Nature* 461 (2009): 472-475.
- UN-Habitat. "Planning and design for sustainable urban mobility: global report on human settlements." United Nations Human Settlements Programme, 2013, 348.
- UN-Habitat. "Planning sustainable cities: global report on human settlements." Report, United Nations Human Settlements, 2009, 338.
- United Nations. "Our Common Future." Report of the World Commission on Environment and Development, 1987.

