

Sostenibilidad urbana y transición energética: un desafío institucional

ARMANDO PAÉZ GARCÍA

- Introducción
- Energía, sociedad y urbanización
- **Energía, sostenibilidad y gestión urbana**
- Urbanismo y energética urbana
- Gestión urbano-energética
- La dimensión institucional de la gestión urbano-energética en México
- Conclusiones y recomendaciones
- Bibliografía
- Siglas y símbolos
- Anexos

3 Energía, sostenibilidad y gestión urbana

En este capítulo se habla de la tecnología que sustituirá al petróleo y sus limitaciones y se presentan las visiones de algunos autores sobre la transición a un mundo pospetróleo. Se expone la noción de sostenibilidad de Joseph Tainter, línea teórica diferente al discurso del desarrollo sostenible construido por Naciones Unidas. Se concluye con la revisión de la cuestión de la sostenibilidad urbana exponiendo la evolución del concepto de ciudad sostenible y los desafíos que se presentan desde la energética.

■ Sostenibilidad social

Después del petróleo

La revisión de la energética social y de las transiciones energéticas con relación a la cuestión urbana nos permite hacer un esbozo del pasado. Algunos autores aportan elementos para pensar el futuro, específicamente, la ciudad y los patrones de asentamiento humano considerando la inevitable sustitución del petróleo. Esta transición urbano-energética nos lleva a reflexionar sobre la sostenibilidad de los sistemas urbanos: a plantear los desafíos que enfrentará la gestión urbana si se pretende crear lugares habitables y perdurables.

Es posible hacer un bosquejo de la transición a la era pospetróleo si analizamos las limitaciones y posibilidades de los recursos y la tecnología. No se propone denominar al nuevo modelo *posindustrial*, como lo hace Prades (1997), porque seguramente la sociedad seguirá resolviendo sus necesidades a través de diversas industrias; se sugiere emplear el término *pospetróleo* porque la sustitución de este recurso es lo que conducirá el cambio y la difusión de otras tecnologías, la adopción de nuevos patrones urbanos, productivos y organizacionales y la apropiación de los recursos naturales. Otro término que podría usarse es *tecnosolar*, ya que la tecnología permitirá obtener más energía del sol y de los fenómenos que genera (vientos, corrientes de agua, biomasa), superando los niveles de energía de los modelos agrícolas —también solares.

Se elaboró una tabla (Anexo 2) de las fuentes renovables de energía con sus sistemas y subsistemas tecnológicos y aplicaciones potenciales, en ella se incluyen la energía solar (fotovoltaica y térmica), la energía eólica (aerogeneradores), la energía de la biomasa (combustibles de madera, agrocombustibles, biocombustibles de origen municipal), la energía hidráulica (hidroelectricidad), la energía geotérmica (poder geotérmico) y la energía marina (térmica oceánica, energía de las mareas y energía de las olas). Se tomó como base una tabla elaborada por Peter Droege (2006), también se utilizó información aportada por el Center for Renewable Resources (Mara 1984), Omar Guillén (2004) y la obra coordinada por Omar Masera (2006).

En el capítulo anterior se destacó la advertencia hecha por Sassini y Odum & Odum sobre la incapacidad cuantitativa y cualitativa de las fuentes renovables de energía para sustituir la estructura y los procesos sostenidos por los combustibles de origen fósil. Smil y Reynolds profundizan al respecto.

Indica Smil que la transición de sociedades energizadas abrumadoramente por combustibles de origen fósil a un sistema global basado predominantemente en conversiones de energías renovables tomará la mayor parte del siglo XXI, no se completará antes de 2050. El camino a recorrer será largo, en 2005 alrededor del 7 por ciento de la energía producida provino de fuentes renovables (Gráfica 1). Para este autor la duración de la era del petróleo será más determinada por la demanda del combustible que por su disponibilidad, la preocupación por el ambiente influirá en la disminución de su consumo (Smil 2003).

Indudablemente la crisis ambiental ya influye en la transición al nuevo modelo energético, pero teniendo en cuenta que las sociedades industrializadas y los países en vías de desarrollo no disminuirán considerablemente su demanda de petróleo y carbón en las próximas décadas (IEA 2007a), a pesar del impacto ambiental, y que la desaceleración económica suele afectar de manera más drástica el consumo, como sucedió en la década de 1970 y a finales de 2008 y principios de 2009, el elevado precio de los hidrocarburos jugará un papel central en la limitación de su uso, más que una revolución de conciencias sensible a los riesgos que se perciben o se proyectan. Dejaremos de consumir petróleo porque no podremos costearlo.

Smil señala cinco factores que harán la transición a un mundo poscombustibles de origen fósil más complicada de lo que comúnmente se cree: 1) la escala del cambio, 2) la más baja densidad energética de los combustibles reemplazantes, 3) la sustancialmente más baja densidad de potencia⁴⁶ de las fuentes renovables de energía, 4) la intermitencia de los flujos renovables, 5) la desigual distribución de estos recursos energéticos.

Indica que en la transición a la era energética impulsada por los combustibles de origen fósil se combinaron la declinante disposición de madera por la deforestación,

⁴⁶ Cantidad de energía producida por unidad de superficie.

la mayor cualidad (mayor densidad energética, más fácil almacenamiento, mayor flexibilidad) del carbón y el petróleo y su menor costo, factores que no se presentan en esta ocasión, ya que aún hay suficientes reservas de combustibles de origen fósil para las próximas décadas, los nuevos energéticos no son cualitativamente superiores y su producción no será sustancialmente más barata (Smil 2006b).

Apunta que el gas natural y una conversión energética más eficiente facilitarán la transición. Descarta a la energía de fisión nuclear, a pesar de los avances registrados para garantizar su manejo más seguro, por el rechazo de la gente, la menor inversión que se ha destinado para su desarrollo desde la década de 1980 y por las legislaciones de algunos países que ya limitan su crecimiento. La energía de fusión nuclear, que no tiene los riesgos radioactivos de la energía de fisión, aún permanece en el terreno especulativo (Smil 2003). Además, en el caso de la energía de fisión, las reservas de uranio se agotarían en menos de cien años si se multiplica la existencia de centrales nucleares (UNDP, UNDESA & WEC 2004; EWG 2006).

Ahora bien, diseñar una estrategia de transición con base en el gas natural sería erróneo. Se valoró especialmente este recurso en la década de 1990 porque su combustión es más limpia que la del carbón y el petróleo y su precio era bajo, sin plantear el cenit de su producción; se estima que éste se registrará antes o alrededor de 2045, algunos cálculos lo ubican antes de 2025 (ASPO 2001-2009; BGR 2005; MEFI 2005). Más aún, el encarecimiento y la caída de la producción de petróleo afectará el incremento de la demanda y por lo tanto del precio del gas natural, combustible que en 2005 generó cerca del 20 por ciento de la electricidad a escala mundial (IEA 2007a).

Las conclusiones que presenta Reynolds con relación a los desafíos de la transición energética también son contundentes. Indica que la densidad energética o potencial físico de cada recurso energético lo hace ser más o menos productivo, este potencial define su calidad. Los recursos energéticos con una mayor calidad (más megajoules [MJ] por kilogramo [kg], decímetro cúbico [dm³] o hectárea [ha]) tienen más potencial para magnificar la tecnología y estimular el crecimiento económico en comparación con los recursos energéticos de una menor calidad. La calidad y el estado del recurso determinan el costo de su obtención, manejo y uso; los combustibles líquidos son los más sencillos de transportar y utilizar, seguidos por los gaseosos y los sólidos, los cuales además producen residuos que deben removerse. Clasifica al uranio, el sol, el viento y el agua como *inductores energéticos*, ya que producen fenómenos como la radiación, en el caso de los dos primeros, y de diferencias de presión, refiriéndose al viento y al agua, los cuales pueden ser aprovechados para obtener calor o, principalmente, generar electricidad; el mayor problema con ellos es que son difíciles de almacenar, el uranio por el riesgo ambiental, y la radiación solar, el viento y el agua por su temporalidad, esto los convierte en los recursos energéticos menos útiles considerando su estado.

Reynolds señala que las transiciones energéticas más exitosas que ha experimentado la humanidad fueron aquellas donde comenzaron a usarse recursos energéticos de mayor calidad (de menos MJ/kg a más MJ/kg), lo que permitió menores costos de producción y una bonanza económica. La transición a una era pospetróleo será de un recurso energético de alta calidad a otros de menor calidad. Si bien la tecnología permitirá aumentar los rendimientos debemos esperar un menor ritmo de crecimiento económico durante y después de la transición debido al mayor costo de la producción de energía y la menor productividad en general, consecuencia de la menor calidad de los recursos energéticos (Reynolds 2002).

Con información de Odum & Odum (1981, 2001), Foley (1987), Smil (1991, 2003), Tyler Miller ([1992] 1994) y Reynolds (2002), se elaboró una tabla (Anexo 3) que compara a los recursos energéticos de origen fósil (petróleo, esquistos, gas natural, carbón) con algunos que los sustituirán (uranio, hidrógeno, sol, agua corriente, viento, biomasa), teniendo en cuenta su disponibilidad, durabilidad, densidad energética y/o densidad de potencia, energía neta e impacto ambiental real o potencial.⁴⁷

El aspecto clave para acelerar la transición es que las alternativas a los combustibles de origen fósil sean comercialmente accesibles, más aún, es necesario que su impacto ambiental sea bajo y también sean aceptadas por la gente.

Si bien el modelo industrial y el industrial avanzado se centraron en dos recursos (carbón y petróleo), el modelo pospetróleo o tecnosolar deberá diversificar el origen de la energía que consume por la menor densidad energética o de potencia y la menor energía útil de los recursos que sustituirán paulatinamente al petróleo convencional, al gas natural y al carbón. Teniendo en cuenta que la presencia de días soleados, el viento, las corrientes de agua e incluso las condiciones que permiten el crecimiento y manejo de bosques no son uniformes en el planeta, cada región geográfica deberá buscar e impulsar sus alternativas. El desafío es energizar los medios de transporte, los centros de trabajo, las viviendas y las máquinas que permiten la producción industrial para mantener un nivel de actividad económica que garantice un nivel aceptable de bienestar para toda la población. El fin de la era del petróleo invita a pensar que seremos un mundo más dependiente de la electricidad, considerando su uso para el transporte.

Para algunos la siguiente era energética será la del hidrógeno (Miller [1992] 1994; Rifkin 2002), pero una mirada crítica a este recurso muestra sus limitaciones: no es sencillo almacenarlo y transportarlo y, lo más importante, no es una fuente de

⁴⁷ Se excluyen la energía geotérmica, la energía del mar, las arenas asfálticas, la energía nuclear de fusión y diversos recursos obtenidos de la biomasa porque no se contó con datos suficientes. De hecho Reynolds considera que estas alternativas tendrán un aporte poco significativo en la producción mundial, ya sea porque sólo se localizan en algunos lugares del planeta (energía geotérmica, energía de las mareas, energía térmica oceánica), por su impacto ambiental y baja energía neta (arenas asfálticas), los diversos usos que se le pueden dar al recurso (biomasa) o por las complicaciones técnicas (energía de las olas, fusión nuclear).

energía, se necesita de otros recursos para generar la electricidad que se requiere para obtenerlo (Odum & Odum 2001; Reynolds 2002; Smil 2003).

La conciencia sobre la finitud de la era del petróleo ha llevado a algunos autores a reflexionar sobre los desafíos que presentará la transición a la nueva era energética. Hubbert planteó el problema. Conocedor de los límites de las nuevas fuentes de energía y de la finitud de las reservas de uranio, propuso transitar a una época de menor crecimiento y en vez de aumentar la producción petrolera utilizar el “más grande e inagotable recurso energético del mundo”: el sol (Hubbert 1969, 1987).

Quizás la primera obra escrita con una visión específicamente postpetróleo es *Rays of hope* (1977), de Denis Hayes, cuyo subtítulo es *The transition to a post-petroleum world*. Después de presentar el futuro de los combustibles de origen fósil y de discutir los problemas relacionados con la energía nuclear, trata el problema de la eficiencia energética considerando su dimensión social, tecnológica y política, analizando de manera especial su relación con la producción de alimentos, el transporte, la construcción, la vivienda y el crecimiento económico. Posteriormente revisa lo que denomina “fuentes seguras sostenibles”, mencionando a la energía solar, el poder del viento y el agua, y la biomasa.

En las últimas páginas reflexiona sobre el “amanecer” de la nueva era señalando las prioridades de un mundo postpetróleo, las cuales resume en cinco criterios básicos: 1) parquedad, 2) renovabilidad, 3) descentralización, 4) simplicidad, 5) seguridad. Otro aspecto clave es invertir más en la conservación y la eficiencia energética y en necesidades genuinas (como el alimento) que en el desarrollo de fuentes de energía sofisticadas (como la fusión nuclear) y en accesorios frívolos.

Señala que la planificación de las ciudades deberá eliminar los viajes inútiles, facilitar el uso de la bicicleta y reevaluar los modos de transporte con base en la eficiencia energética, donde el tren deberá ser un medio fundamental en el transporte de pasajeros y carga. Los edificios deberán tener más en cuenta el sol para calentarse y enfriarse, además de utilizar celdas fotovoltaicas para ganar autonomía. Indudablemente la industria aumentará el consumo de carbón durante el periodo de transición, pero eventualmente también deberá obtener su energía de los flujos naturales, por lo que la disponibilidad de éstos jugará un papel importante en la definición de la localización de los parques industriales, esto podría convertir a las naciones con alta insolación y abundantes recursos naturales y fuentes renovables de energía en nuevos centros productivos (Hayes 1977).

Odum & Odum indican, como Smil y Reynolds, que aunque muchas sustituciones energéticas y medidas de conservación son posibles, ninguna tiene la cantidad y la calidad para sustituir a los ricos combustibles de origen fósil de tal manera que pueda sostener la complejidad de las estructuras y los procesos de nuestra actual civilización (Odum & Odum 2001). Ya en la década de 1980 señalaron que la transición a una era postpetróleo significa pasar a una economía energéticamente moderada o en estado

estacionario, donde los seres humanos dependerán más del trabajo físico que de las máquinas y deberán adaptarse a las fuentes energéticas que existan en su localidad, esto hará que el centralismo a nivel nacional e internacional pierda influencia en la vida cotidiana de las regiones. El desafío es prepararse para ese estado estacionario adoptando nuevos estilos de vida, formas de pensar, instituciones, diseños arquitectónicos y sistemas productivos, tecnológicos y energéticos (Odum & Odum 1981).

Veinte años después profundizaron en las políticas que requiere la transición y el posterior periodo de descenso. Destacan la necesidad de establecer mecanismos de cooperación internacional relacionados con el comercio, la energía y el manejo de la información y fomentar a nivel nacional la conservación energética y otros patrones de consumo para reemplazar el lujo y el desperdicio. Indican que ante el descenso económico-energético las ciudades podrían estar menos concentradas y perder tamaño, ya que al ser los combustibles, la electricidad, los bienes y los servicios más caros menos gente podrá trasladarse, por lo que se aglomerará alrededor de los centros secundarios o del centro original.

Para asegurar un buen proceso de reorganización las ciudades deberán reintegrarse política y financieramente con toda la región que sirven y de la que necesitan recursos para mantenerse, es decir, recombinar la gestión de la ciudad y la regional cambiando si es necesario las formas de gobierno y la organización política. Dos de los principales problemas a resolver será el mantenimiento de la infraestructura urbana y la recaudación de impuestos. Sin embargo, destacan como aspectos positivos la posibilidad de que la menor actividad económica genere menos residuos y con los procesos de reacomodo poblacional, ya que piensan que más gente buscará trabajo en las zonas rurales, se ganen espacios para crear áreas verdes. En general serán ciudades menos dependientes del automóvil, con servicios concentrados de menor escala ligados a través del transporte público, que también conectará con las localidades descentralizadas (Odum & Odum 2001).

Prades indica que el ahorro y la diversificación se configuran como los ejes rectores de la nueva transición. El ahorro energético se relaciona fundamentalmente con el factor tecnológico (mayor rendimiento energético) y con el cultural (nuevos hábitos sociales), mientras que la diversificación se vincula con el factor ecológico (diferentes recursos) y el tecnológico (nuevas y variadas tecnologías). Dos de los aspectos que distinguirán al nuevo modelo energético son el reconocimiento de manera generalizada de que ya no se cuenta con un “nuevo regalo energético para la humanidad”, es decir, una fuente de energía abundante y barata, y la necesidad de encontrar un nuevo equilibrio entre las dimensiones ecológica, cultural y tecnológica a partir de un planteamiento integrador y con conciencia global (Prades 1997).

Transición energética y ciudad

Smil y Reynolds definen con claridad el desafío que significa la transición energética a un mundo pospetróleo: a diferencia de las transiciones anteriores, no será un paso de un recurso de menor a mayor calidad energética. Nos enfrentamos a una situación inédita en la historia de la humanidad, agravada por la dependencia global del petróleo barato.

A finales de la década de 1990 Fernando Alba hizo un análisis de los energéticos que se utilizarán hacia 2030. Apunta que ante la notable reducción de las reservas de petróleo y gas natural, el carbón será probablemente el recurso más empleado, a pesar de la enorme contaminación que produce; los reactores nucleares de fisión continuarán usándose; es poco probable que la operación de los reactores nucleares de fusión sea rentable, en caso de que se hayan construido; la energía geotérmica y la hidráulica aumentarán en forma moderada; los países que disponen de fuertes vientos durante horas y muchos días los emplearán con éxito; la energía solar será el único energético que podrá competir con el carbón y la energía nuclear por estar disponible en grandes áreas del planeta y en cantidades inagotables. Añade que la mayoría de los automóviles que se fabriquen en esos años serán eléctricos (Alba 1997).

Podemos añadir que hacia 2050 el costo del carbón y del uranio, por su mayor demanda y la explotación de yacimientos con características más complejas, aumentará considerablemente, siguiendo el comportamiento del petróleo y el gas natural, con sus efectos económicos correspondientes. El carbón y la energía nuclear sin duda sustituirán al petróleo, pero sólo por unas décadas más (EWG 2006, 2007a). Una planificación integral a largo plazo debe estructurarse a partir de las fuentes renovables de energía. No es un llamado ambientalista, sino puramente económico.

La dimensión urbana de la transición energética, ante la menor calidad de las fuentes renovables, obliga a transformar el patrón de asentamiento de las ciudades heredadas de la era del petróleo. Siguiendo a Sassin y a Odum & Odum, es un problema de densidad, estructura y procesos. El modelo que debe diseñarse como alternativa enfrenta, por una parte, la necesidad de favorecer el desplazamiento de la gente a pie y en bicicleta y la concentración de servicios, centros de trabajo y viviendas para disminuir la demanda de energía para el transporte, y por otra, la instalación de granjas de energía solar y/o eólica, lo que requerirá, como bien lo destacó Daly, una mayor ocupación del territorio. Se esboza tanto la concentración como la dispersión, centros y subcentros urbanos comunicados por una red de transporte público eléctrico.

La reflexiones de Hayes y Odum & Odum sobre la transición a un mundo pospetróleo también aportan elementos para construir un modelo urbano en este sentido, recomiendan:

- facilitar el uso de la bicicleta;

- construir trenes;
- consolidar el transporte público;
- evitar viajes inútiles;
- aplicar criterios bioclimáticos e instalar celdas fotovoltaicas en los edificios;
- fomentar la concentración descentralizada.

Es muy posible, como dice Hayes, que surjan nuevas ciudades si las industrias se reubican en zonas con alta insolación, vientos fuertes o cerca de bosques. Esto nos lleva a recordar el origen de la industrialización explicado por Bairoch: las fábricas no se instalaron en un principio en los centros urbanos, sino en el campo para aprovechar las corrientes de agua. Este reacomodo de las actividades productivas respondería a un modelo energético menos intensivo.

Odum & Odum tocan varios puntos con relación a ese descenso económico-energético: la consecuencia sería una economía en estado estacionario que obligaría a una integración urbano-regional en términos políticos y financieros. Si esto se presenta, el desafío será lograr el cambio en las formas de gobierno, posiblemente la integración de varios municipios en una nueva unidad político-administrativa para lograr un mayor rendimiento de los recursos públicos y con esto un más eficiente mantenimiento de la infraestructura y manejo de las inversiones y los subsidios. Si bien esto puede tener sentido desde un análisis académico, es poco probable que algún sector político o gubernamental ceda poder y/o presupuesto. En caso de que no se presente una integración político-administrativa se requerirán entonces instituciones intermunicipales para atender las problemáticas que se presentarán en el territorio, esto demandará recursos financieros, cuando uno de los problemas será precisamente acceder a ellos.

La integración regional estratégica entre los municipios urbanos y los rurales se plantea también como algo deseable si se tiene en cuenta el encarecimiento y futura escasez de los productos derivados del petróleo que son empleados en la producción de alimentos, fármacos y textiles (Anexo 1). También será más costoso importar productos de regiones lejanas.

Odum & Odum, Sassin y Prades, como también lo hace Pardo, hablan de cambios en los estilos de vida, de desarrollar otras formas de pensar. Ese cambio no será, como apunté anteriormente, fruto de una revolución de conciencias, sino consecuencia de un forzoso ajuste a la nueva economía. Hubbert siempre insistió sobre lo transitorio de la era del petróleo, debemos entender que el consumismo que nos ha condicionado desde la década de 1960⁴⁸ fue posible gracias al bajo costo de los energéticos. La

⁴⁸ Jean Baudrillard ([1972] 1999) y Muniz Sodré ([1996] 1998) hablan del consumo como función inducida en los individuos por la lógica interna del sistema económico capitalista: las necesidades se han transformado en una fuerza productiva requerida por el proceso de reproducción y supervivencia del propio sistema, el consumo da distinción, el objeto adquirido es irrelevante, lo que importa es lo que *significa* consumir.

manera como individuos, familias, empresas y gobiernos han ajustado sus actividades y gastos en 2008-2009 debido a la crisis financiera-económica brinda lecciones que no debemos ignorar.

La sostenibilidad social y de los sistemas urbanos debe plantearse a partir de sus posibilidades energéticas, más allá del discurso ambiental con el que suele relacionarse este concepto. La ciudad tecnosolar no será *per se* justa, confortable y ambientalmente amigable. Joseph Tainter aporta elementos para entender lo que implica vivir en una sociedad sostenible.

Sostenibilidad

Para plantear el desafío de la sostenibilidad urbana, partiendo del reconocimiento del cenit de la producción petrolera y de las complicaciones que trae consigo la transición energética, se acudirá a la obra de Joseph Tainter, no al discurso del desarrollo sostenible construido a partir de *Our common future* (1987) y *Agenda 21* (1992), documentos elaborados por Naciones Unidas que vinculan la noción de sostenibilidad a la cuestión ambiental.

El desarrollo sostenible es una respuesta a la creciente degradación de los ecosistemas del planeta, la pérdida de la biodiversidad y el empeoramiento de la calidad de vida en las ciudades, problemáticas que se vienen discutiendo desde la década de 1960. Es una crítica propositiva a los efectos de la industrialización, no plantea terminar con ella, sino transformarla para disminuir o eliminar los daños ambientales que provoca. Destaca como asuntos prioritarios atender las necesidades esenciales de los más pobres y que seamos conscientes de las limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social sobre la capacidad del ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras (WCED 1987).

Sus objetivos generales comprenden tres dimensiones: a) crecimiento económico: aumento de la producción y la riqueza, b) progreso social: reducción de las desigualdades sociales y la discriminación, c) protección ambiental: mejoramiento de la calidad del medio ambiente y preservación de los recursos naturales y las fuentes de energía para las próximas generaciones (Montibeller-Filho 2001; Munier 2005). Algunos documentos consideran una cuarta dimensión: d) fortalecimiento institucional: aumentar y consolidar la capacidad de gobernar y la gestión científica y tecnológica (UNSD 2001, 2006). El desarrollo sostenible se ha transformado en el *leitmotiv* de los discursos políticos, empresariales, académicos y de los movimientos sociales en general, no sólo del ecologismo (o ambientalismo).

Ahora bien, suele señalarse a un documento de la International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), titulado *World conservation strategy* (1980), como el texto donde se empleó por primera vez la noción de desarrollo sostenible, en él se habla de hacer un uso “sostenible” de las especies y los

ecosistemas con el objetivo general de alcanzar un “desarrollo sostenible” a través de la conservación de los recursos vivientes (IUCN 1980; Pierri 2001; López 2006). Sin embargo, en la década de 1970 ya se utiliza el concepto de sostenibilidad con un sentido que no se limita únicamente a la protección ambiental. En *Los límites del crecimiento* se propone construir un sistema mundial que sea “sostenible sin un súbito e incontrolable colapso” (Meadows et al. 1972); Hayes, como ya vimos, al plantear la transición a un mundo pospetróleo habla de “fuentes seguras sostenibles”; Ivan Johnstone teoriza sobre un futuro “sostenible” de baja energía (Johnstone 1979).

El discurso del desarrollo sostenible no discute los desafíos que se presentarán con el cenit de la producción petrolera. De hecho en lo que respecta a la preservación de las fuentes de energía, que plantea como objetivo, ha sido superado: las futuras generaciones (los que no han nacido aún) ya no utilizarán petróleo para satisfacer sus necesidades.

Si bien no desconozco los problemas ambientales relacionados con la producción y el consumo de energía, propongo que se debe analizar la cuestión energética como un problema en sí mismo, no como un tema ambiental. No subestimo el valor en términos de gestión ambiental, social, económica e incluso energética de los documentos preparados por Naciones Unidas, no deben ignorarse las recomendaciones y estrategias que viene planteando desde comienzos de la década de 1970 (UN 1972, 1992, 1997, 2000, 2002), pero, desafortunadamente, como hemos visto, el discurso del desarrollo sostenible no aporta un marco de análisis para plantear la transición energética que significa el cenit de la producción petrolera: no se discuten los desafíos que traerá el mayor costo de los derivados del petróleo; las menores tasas de retorno energético de los combustibles de origen fósil; la menor calidad energética de las fuentes renovables; los límites tecnológicos aún existentes; y que deberá hacerse una inversión descomunal sólo para que las fuentes renovables, especialmente la energía solar y la eólica, aporten el 50 por ciento de la energía a escala mundial, aumente la eficiencia energética y se cuente con una base natural y tecnológica que permita sustituir a los productos obtenidos de la petroquímica.

Más aún, el fin del petróleo y los energéticos baratos obligará a gestionar las políticas sociales y ambientales recomendadas por Naciones Unidas bajo condiciones económicas adversas; esto tampoco se ha discutido. Por estas razones considero insuficiente el discurso del desarrollo sostenible, no aporta una visión para construir una estrategia que permita transitar ordenadamente a una etapa posterior al petróleo y a los combustibles de origen fósil en general.

Las estrategias que buscan armonizar el crecimiento económico, el progreso social y la protección ambiental deben construirse visualizando un escenario energético-económico diferente al que se experimentó en la segunda mitad del siglo XX, escenario que, a partir de la experiencia histórica dejada por los *shocks* petroleros de la década de 1970 y las dificultades que desde mediados de la década de 2000 afectan a la economía mundial —y con mayor gravedad a los países menos desarrollados

importadores de petróleo—, no debe hacer a un lado términos como inflación, recesión, desempleo, escasez, vulnerabilidad.

Dos de los aspectos centrales del debate sobre la sostenibilidad son la capacidad de carga de la Tierra y la capacidad humana para sustituir el capital natural, de esta manera se distinguen dos posturas: la sostenibilidad *fuerte* y la sostenibilidad *débil*. La primera sostiene que el capital natural no puede sustituirse a través de otras formas de capital, que somos muy ignorantes sobre las consecuencias perjudiciales de agotarlo, que su pérdida es a menudo irreversible y que algunas de sus formas proveen funciones básicas para sostener la vida. La segunda indica que los recursos son muy abundantes y que los componentes del proceso productivo pueden sustituirse unos por otros, por lo que el progreso técnico puede solucionar cualquier escasez de recursos (Neumayer 1999).

El discurso del desarrollo sostenible no aporta elementos para explicar cómo ha sido posible que desde mediados del siglo XX el crecimiento exponencial de la especie humana ha coincidido con la degradación ambiental y la pérdida de capital natural a escala global. Más que una postura intelectual, lo que describe la sostenibilidad débil es un hecho, más aún, no sólo se sustituyen recursos, se han creado nuevos. Es necesario explicar cómo ha sido posible esto, y es aquí donde debe destacarse la importancia del petróleo y la energía barata: se puede llevar agua a las ciudades de fuentes ubicadas a cientos de kilómetros, producir y distribuir alimentos y materiales sintéticos a escalas jamás imaginadas antes de la II Guerra Mundial, prescindir de especies, bosques, ríos y lagos, etc., porque se cuenta con procesos industriales que sustituyen los servicios y recursos que antes se obtenían de la naturaleza o de prácticas humanas estrechamente ligadas con los ciclos naturales. En su afán por frenar el ecocidio, el discurso del desarrollo sostenible no explica cómo ha sido posible sobrevivir en él.⁴⁹

Pensar a largo plazo, excluyendo los beneficios que aporta la sociedad del hidrocarburo, obliga a destacar lo planteado por la sostenibilidad fuerte, pero hoy dependemos de los beneficios, de la economía, de la agricultura, de los patrones de asentamiento, de los sistemas energéticos y políticos, etc., derivados de un sistema que responde a la sostenibilidad débil, es decir, a la sustituibilidad basada en el petróleo. Es necesario problematizar la ecología humana considerando la capacidad de carga del planeta, pero también considerar los límites de la sostenibilidad débil: plantear los desafíos relacionados con la transición a una sociedad pospetróleo.

⁴⁹ Siguiendo lo expuesto por Howard Odum (ver nota 29, p. 32), he denominado a esta situación *paradoja ecológica*: si la especie humana ha podido crecer exponencialmente desde mediados del siglo XX, a pesar de la degradación ambiental y la destrucción de los recursos naturales a escala global — ambiente y recursos, nos dice la ecología, necesarios para su reproducción—, es porque ha sido capaz de sustituir ese mundo natural, sustitución que es consecuencia de la industrialización y del petróleo: no dependemos de la biosfera, sino de la litosfera (Páez 2006).

La idea de contraponer el concepto de sostenibilidad al de colapso para analizar la dinámica y las posibilidades de reproducción del sistema social es retomada por Tainter a finales de la década de 1980. Para este autor la energía es lo que define la capacidad social para perdurar, su obra nos aporta elementos para entender las complicaciones que debe enfrentar y resolver la gestión urbana para buscar la sostenibilidad de los asentamientos humanos.

Tainter ha construido un marco teórico distinto al discurso del desarrollo sostenible, se aproxima al problema de la sostenibilidad desde las ciencias sociales (antropología, arqueología, economía, historia, teoría social) como consecuencia de sus estudios sobre el colapso de las sociedades complejas de la antigüedad. No habla de contaminación, reciclaje, biodiversidad, capacidad de carga, conservación, etc., sino de complejidad política y de subsidios energéticos. En el capítulo anterior se destacó brevemente el aporte que ha hecho este autor para entender la relación energía-sociedad, relación que forma parte de su teoría sobre el colapso, la cual se expone continuación.

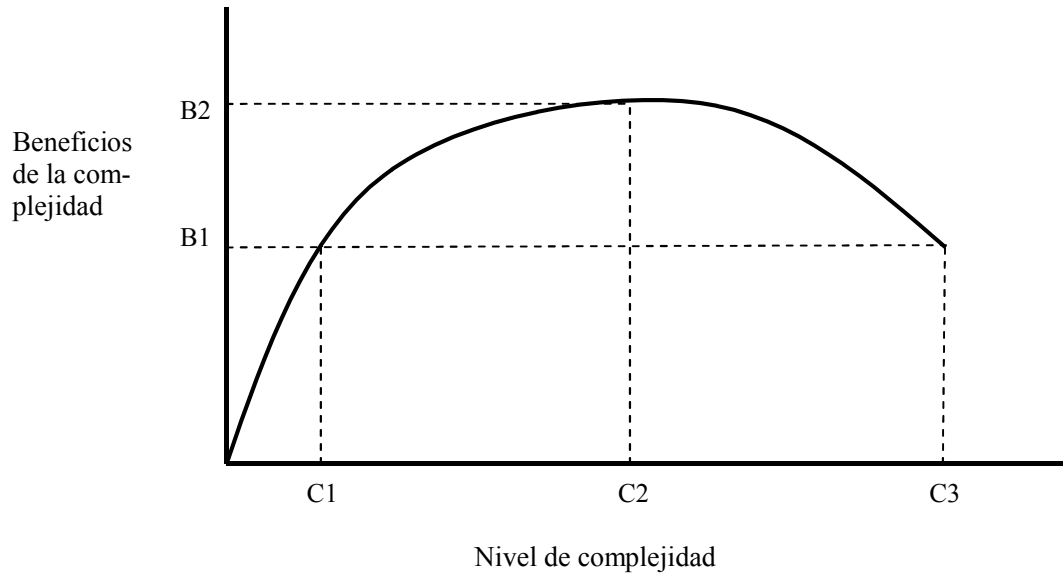
Para explicar por qué las sociedades complejas colapsan, Tainter presenta en *The collapse of complex societies* (1988) cuatro conceptos, siendo los tres primeros las bases del cuarto, que es el elemento crucial de la teoría: 1) las sociedades humanas son organizaciones que resuelven problemas, 2) los sistemas sociopolíticos requieren energía para mantenerse, 3) incrementar la complejidad trae consigo el incremento de los costos per cápita, 4) invertir en la complejidad sociopolítica como una respuesta para resolver problemas a menudo alcanza un punto de rendimientos marginales decrecientes.

Las sociedades complejas están constituidas por diversos factores interdependientes que forman un sistema, entre ellos destaca la producción agrícola y de recursos, el procesamiento de la información, el control y la especialización sociopolítica y la productividad económica total, todas ellas representan inversiones realizadas por las poblaciones humanas para obtener estabilidad y bienestar. Una sociedad que incrementa su complejidad lo hace como un sistema, de tal manera que si algunas de sus partes son forzadas en una dirección de crecimiento las otras por consiguiente deben ajustarse, algunas incluso a expensas de las otras. Este crecimiento trae consigo un costo energético, que antes del desarrollo de las economías basadas en los combustibles de origen fósil fue cubierto por el trabajo humano.

El crecimiento de los beneficios en relación con los costos (aumento de la complejidad) seguirá regularmente la curva mostrada en la Gráfica 4, que indica que en un punto en la evolución de una sociedad la inversión continua en complejidad como una estrategia para resolver problemas produce un rendimiento marginal decreciente, esto se debe a que la curva costo-beneficio crece favorablemente al principio porque las soluciones más sencillas, más generales, más accesibles y menos costosas son probadas primero, en la medida que estas soluciones se agotan, la presencia de tensiones constantes requiere más inversión en complejidad, la

evolución ahora procede en una dirección más costosa, de esta manera, un sistema sociocultural en crecimiento alcanza un punto (B1, C1) donde la inversión en más complejidad produce un incremento de los rendimientos, pero a una tasa marginal decreciente, cuando este punto es alcanzado una sociedad compleja entra en la fase donde se vuelve cada vez más vulnerable al colapso.

Gráfica 4. El producto marginal del incremento en complejidad (Tainter 1988).



Para Tainter el colapso es un proceso fundamentalmente sociopolítico que tiene consecuencias en áreas como la economía y el arte: una sociedad ha colapsado cuando exhibe una rápida (en unas cuantas décadas) y significativa pérdida de un nivel establecido de complejidad y estructura sociopolítica. El colapso se manifiesta en aspectos como: a) menor grado de estratificación y diferenciación social, b) menor especialización económica y ocupacional de individuos, grupos y territorios, c) menor participación, comercio y redistribución de recursos, d) menor control centralizado, es decir, menor regulación e integración económica y política por algunos grupos (élites), e) menor control del comportamiento, f) menor flujo de información entre los individuos, entre los grupos políticos y económicos, entre el centro y la periferia, g) menor coordinación y organización general de individuos y grupos, h) menor inversión en los elementos que definen el concepto de civilización (arquitectura monumental, manifestaciones artísticas, literatura, etc.), j) un territorio más pequeño se integra dentro de una unidad política sencilla.⁵⁰

⁵⁰ Esta perspectiva es compartida por otros estudiosos de este fenómeno (Yoffee & Cowgill 1988; Diamond 2005).

Indica Tainter que dos factores se combinan para hacer que colapse una sociedad cuya inversión en complejidad comienza a producir rendimientos marginales decrecientes: 1) la incapacidad de responder eficazmente ante una calamidad, tensión o perturbación de gran magnitud por la carencia de recursos y/o el debilitamiento de la sociedad, 2) los rendimientos marginales decrecientes hacen que la complejidad sea una estrategia menos atractiva para resolver problemas, por lo que de la interdependencia se pasa a la resistencia, el rompimiento y la independencia. Precisa Tainter que el colapso se presenta cuando hay un vacío de poder, es decir, cuando no existe un competidor u otra sociedad que tome el control político ante la desintegración. Las organizaciones sociopolíticas constantemente se encuentran con problemas que demandan incrementar la inversión solamente para mantener el status quo, esta inversión se presenta como un aumento del tamaño de las burocracias y en algunas ocasiones de su especialización, la acumulación de soluciones organizacionales, el control interno, la defensa y el incremento de los costos para legitimar actividades.

Regresemos a la curva de la Gráfica 4, Tainter explica que (B1, C1) marca el punto donde los beneficios aún aumentarán en respuesta a la inversión en complejidad, pero a una tasa marginal decreciente. El área entre (B1, C1) y (B2, C2) corresponde a un periodo donde la sociedad experimenta un crecimiento de la insatisfacción y la adversidad ante la caída de los beneficios en proporción al costo. El área entre (B2, C2) y (B1, C3) es crítica, ya que el aumento de la complejidad (de su financiamiento por lo general a través de impuestos) trae un decrecimiento general de la productividad y de los beneficios, es un área de vulnerabilidad extrema, ya que una perturbación mayor afectará seriamente a una sociedad que tiene reservas inadecuadas. Al desplazarse a (B1, C3) los costos en complejidad aumentan todavía más, pero los beneficios caen, beneficios que se obtuvieron en otro momento con una inversión menor.

Tainter indica que en general los rendimientos marginales decrecientes pueden presentarse a partir de alguna de las siguientes condiciones: a) beneficios constantes, costos aumentando, b) beneficios aumentando, costos aumentando más rápido, c) beneficios cayendo, costos constantes, d) beneficios cayendo, costos aumentando.

Este autor sostiene que la caída de Roma se debió al excesivo costo impuesto a la población agrícola para mantener a un imperio derrotado en tierras lejanas. El colapso de la civilización maya fue consecuencia de los gravámenes de una sociedad cada vez más costosa sostenida por una población campesina cada vez más debilitada. Los anasazi optaron por no continuar participando en la red regional para enfrentarse a las sequías y el deterioro ambiental, prefirieron el colapso y la migración. Aumentar impuestos, expandir los ejércitos, devaluar las monedas, presionar a los campesinos para que produjeran más, fueron medidas “racionales”, pero que debilitaron más a los gobiernos.

Ahora bien, Tainter señala que el aspecto clave para que las sociedades humanas mantengan su crecimiento socioeconómico y eviten el decrecimiento de su productividad marginal es desarrollar innovaciones técnicas u obtener un nuevo subsidio energético cuando sea evidente que la productividad marginal comienza a descender. Entre las sociedades modernas el nuevo subsidio energético se ha conseguido extrayendo las reservas de los combustibles de origen fósil y con el poder nuclear; entre las sociedades sin el trampolín técnico necesario para alcanzar este desarrollo la tentación común para adquirir ese subsidio energético fue y es a través de la expansión territorial.⁵¹ Sin embargo, añade, a largo plazo los rendimientos marginales comenzarán a declinar otra vez, por lo que se necesitará más innovación y/o expansión, es decir, otro subsidio energético.

Al analizar en la parte final del libro la situación de las sociedades industriales contemporáneas apunta que patrones de rendimientos marginales decrecientes se observan en algunas áreas, entre ellas la agricultura, la educación, la investigación y el desarrollo, la salud, la administración gubernamental, militar e industrial y la producción de minerales y energía. Considera que en nuestro periodo histórico el colapso no es ni una opción ni una amenaza inmediata, ya que una nación vulnerable al colapso tendrá que seguir alguna de las siguientes opciones: a) ser absorbida por un país vecino o un Estado más grande, b) recibir el apoyo económico de un poder dominante o de una agencia financiera internacional, c) el pago por parte de la población, sin importar los costos que sean necesarios, para continuar con la complejidad aunque caigan los rendimientos marginales (Tainter 1988).

Sólo tres años después de la publicación de *The collapse of complex societies* ocurrió la disolución de la Unión Soviética (1991), Tainter se equivocó al decir que el colapso (la desintegración sociopolítica) no era una opción en nuestro tiempo, pero sus observaciones sobre este fenómeno no resultaron erróneas: los problemas económicos y las tensiones políticas no pudieron superarse tomando decisiones desde el centro (Moscú), las repúblicas federadas proclamaron su independencia.⁵²

⁵¹ Recordemos que este autor destaca que las sociedades humanas y los sistemas sociopolíticos necesitan energía para mantenerse: el flujo de energía y la organización sociopolítica son lados opuestos de una ecuación.

⁵² Algunos años antes de que ocurriera el colapso soviético Ole Holsti señaló la incapacidad del sistema agrícola soviético para producir excedentes, era necesario periódicamente importar grandes cantidades de granos (Holsti [1979] 1983). Ives Berthelot indica que el declive económico del socialismo soviético data de la década de 1960, ya que a pesar de la significativa aceleración de las inversiones realizada durante esos años, la productividad del trabajo y del capital mantuvo una tendencia descendente en la década de 1970, los préstamos obtenidos de los países capitalistas permitieron importar bienes de capital y de consumo, pero los primeros no contribuyeron a aumentar la productividad y los segundos retrasaron la caída del consumo interno hasta que la carga de la deuda se hizo insostenible al tornarse positivas las tasas de interés al comenzar la década de 1980, las exportaciones se hicieron cada vez menos competitivas, los desequilibrios estructurales crónicos y los problemas de inestabilidad macroeconómica agravaron el deterioro del sistema (Berthelot 1998). Otro problema que enfrentaron, explica Centeno, fue la necesidad de destinar más recursos para obtener energía (petróleo, gas, electricidad) desarrollando proyectos más costosos en zonas remotas y con un

A mediados de la década de 1990 Tainter comienza a analizar la sostenibilidad de las sociedades contemporáneas empleando el marco teórico que construyó para explicar el colapso de las sociedades complejas del pasado (Tainter 1995, 1996, 2000, 2003, 2006; Allen, Tainter & Hoekstra 2003; Tainter, Allen & Hoekstra 2006).

Indica que el conocimiento histórico es esencial para la sostenibilidad: para diseñar políticas para el presente y el futuro necesitamos entender los procesos sociales y económicos en todas sus escalas temporales y comprender qué patrón histórico hemos asumido (recordar que el origen de nuestros problemas está en el pasado). El hecho de que los sistemas que resuelven problemas parecen evolucionar a una mayor complejidad, costos más altos y rendimientos decrecientes, tiene implicaciones significativas para la sostenibilidad, ya que con el tiempo los sistemas que se desarrollan de esta manera o carecen en algún momento de más recursos financieros, fallan en resolver los problemas y colapsan, o llegan a requerir y obtener un mayor subsidio energético. Este patrón histórico sugiere que una de las características de una sociedad sostenible es que tiene un sistema sostenible para resolver los problemas, un sistema con rendimientos crecientes o estables, o incluso decrecientes, pero que pueden ser financiados con subsidios energéticos cuyo suministro, costo y calidad son asegurados (Tainter 1996).

Las instituciones de forma inherente atraen desafíos, enfrentan problemas tanto de estructura interna y costo como amenazas externas. Los tomadores de decisión, con un entendimiento inadecuado, deben idear soluciones cuyas consecuencias se ramificarán de manera impredecible. Para solucionar los problemas primero se buscan, respondiendo a una correcta racionalidad económica, prácticas, relaciones e instituciones que permitan ahorrar trabajo y energía, pero cuando los problemas demandan nuevas instituciones o maneras de resolverlos, se experimenta un incremento de la complejidad de las prácticas, las relaciones y la organización de las instituciones que al principio tendrá rendimientos positivos, pero posteriormente será afectada por el incremento de los costos y mostrará un patrón de rendimientos decrecientes, esto es lo que hace insostenible a una sociedad.

El problema con el aumento de la complejidad es que su adopción aparece como una respuesta racional que se puede asumir en términos económicos, sin embargo, se olvida que esa inversión se hizo para solucionar un problema a corto plazo, aquí, según Tainter, está la clave para entender el desarrollo de una complejidad que será insostenible: crece a pasos pequeños, cada uno necesario, cada uno es una solución razonable a un problema. Otras dificultades relacionadas con el proceso del incremento de la complejidad son, por una parte, que es un estímulo poderoso para el

clima particularmente hostil en Siberia y el Ártico, más aún, para evitar el elevado gasto en transporte se comenzaron a construir en Siberia nuevos complejos industriales (petroquímicas y centros metalúrgicos) cerca de los campos de gas y de los recursos hidroeléctricos; este autor apuntó: “Durante la próxima década [1990] la Unión Soviética tendrá que hacer frente al dilema de distribuir recursos escasos, en un momento en que el crecimiento económico disminuye” (p. 338); la única solución que visualizó fue la disminución de los bienes de consumo (Centeno 1982), no el colapso.

cambio social y económico, y por otra, que las instituciones que generan o aceleran el proceso desarrollan mecanismos para garantizar su continuidad (Tainter 2000).

Para este autor la sostenibilidad consiste en:

Mantener, o fomentar el desarrollo de, contextos sistémicos que produzcan los bienes, servicios y amenidades que la gente necesita o valora, a un costo aceptable, por el tiempo que sean requeridos o valorados (Allen, Tainter & Hoekstra 2003, p. 26).

Si bien es una definición antropocéntrica que reconoce la diversidad cultural y la justicia social y económica, se precisa que los aspectos biogeofísicos de la sostenibilidad son fundamentales, ya que sin un sistema material capaz de funcionar por un tiempo prolongado no hay nada que sostener. Sistemas materiales inviables niegan la sostenibilidad económica y la justicia social. En el centro de esta perspectiva está el contexto, no los productos.

La sostenibilidad social no sólo depende de la sostenibilidad ecológica, sino, y en gran medida, de lo que sucede dentro y entre las sociedades. El aspecto clave es que las instituciones que resuelven problemas no demanden un gasto demasiado alto, en este sentido destaca la resiliencia, capacidad del sistema para ajustar su configuración y función bajo un trastorno, basada en la simplificación⁵³ (Allen, Tainter & Hoekstra 2003).

En el artículo “Social complexity and sustainability” (2006), Tainter ofrece una síntesis del trabajo que ha realizado por casi dos décadas, exponiendo algunas lecciones para la sostenibilidad de los sistemas humanos:

- La sostenibilidad es una condición activa de resolver problemas, no una consecuencia pasiva de consumir menos.
- La complejidad es una herramienta fundamental para resolver problemas, incluyendo los problemas de la sostenibilidad.
- La complejidad en la resolución de problemas es una función económica, y puede alcanzar rendimientos decrecientes y llegar a ser ineficaz.

⁵³ La noción de *resiliencia* fue introducida por Crawford Holling en 1973 a partir de estudios que hizo en el campo de la ecología (Holling 1973). Recientemente, con Brian Walker, Stephen Carpenter & Ann Kinzig, la ha definido como la capacidad de un sistema para absorber perturbaciones y reorganizarse, mientras experimenta la alteración, para retener esencialmente la misma función, estructura, identidad y retroalimentaciones (Walker et al. 2004). Para Tainter, el Imperio Bizantino ofrece un buen ejemplo de resiliencia social, su estrategia consistió en un cambio de administración, forma de gobierno, distribución de la tierra y sistema de defensa que disminuyó considerablemente los costos de transformación y transacción. La base de este éxito fue otorgar tierras al ejército, los soldados se volvieron campesinos, de esta manera se modificó dramáticamente la producción, la distribución, el consumo, la recaudación y los gastos relacionados con estas actividades (Allen, Tainter & Hoekstra 2003).

- La complejidad en la resolución de problemas hace su daño sutil, impredecible y acumulativamente a lo largo del tiempo.
- La sostenibilidad requerirá un mayor consumo de recursos en vez de menos. Se debe tener la capacidad de ser sostenible.
- Los miembros de una institución recurrirán a la simplificación como una estrategia de continuidad y sostenibilidad sólo cuando la opción del aumento de la complejidad (a través de mayores subsidios) es excluida.
- Una sociedad o institución puede ser destruida por el costo de sostenerse a sí misma.

Y distingue siete estrategias para hacer frente a la complejidad, las cuales no son mutuamente excluyentes. Las tres primeras sólo tienen efectos a corto plazo, ya que afectarán la sostenibilidad con el paso del tiempo, mientras que las cuatro restantes podrían favorecer la sostenibilidad en el largo plazo:

1. *No solucionar el problema.* Esto permite ahorrar dinero.
2. *Aceptar y pagar el costo de la complejidad.* Los gobiernos aumentan impuestos, las empresas incrementan los precios —el problema puede ser la rebelión de los contribuyentes y los consumidores.
3. *Trasladar o diferir costos.* Esto se hace a través de déficits presupuestarios, devaluaciones de moneda o externalizando costos.
4. *Estar enterado.* Conocer lo que causa la complejidad, cómo se desarrolla y sus consecuencias (los costos acumulados son los que traen los problemas más grandes).
5. *Encontrar subsidios para pagar costos.* Se habla obviamente de subsidios energéticos.⁵⁴
6. *Conectar costos y beneficios.* La idea es que se limite la complejidad a través del control de los costos que genera, la información sobre estos costos debe fluir precisa y efectivamente, horizontal y verticalmente, en las organizaciones.
7. *Reajustar o revolucionar la actividad.* Hacer un cambio fundamental en la manera como los costos y los beneficios son conectados, es decir, desarrollar nuevos tipos de complejidad que bajen los costos a través de elementos que se refuercen entre sí (retroalimentación positiva) y que amplifiquen los beneficios y produzcan crecimiento. El sistema de esta manera se vuelve más complejo, pero la complejidad involucra nuevos elementos, conexiones y subsidios que producen rendimientos crecientes. El fin de esto es hacer las actividades de manera más eficiente y ahorrar evitando gastos.

⁵⁴ El problema, como hemos visto y también reconoce Tainter, es que entramos a una etapa de recursos energéticos de menor calidad.

Concluye Tainter que todas las soluciones al problema de la complejidad son temporales. La evolución de la complejidad y sus consecuencias para la sostenibilidad presentan un continuo y variante espectro de oportunidades y costos, no hay un nivel óptimo de complejidad o una meseta para ser mantenida a través de su seguimiento (Tainter 2006). La sostenibilidad es un proceso continuo de reinención, no un estado.

Entre la sostenibilidad obtenida gracias a nuevos subsidios energéticos y el colapso, Tainter destaca la simplificación que pueden desarrollar los sistemas sociales como una forma de resiliencia, estrategia que también permite a un sistema social perdurar, pero con otras características y a un nivel más modesto que el experimentado antes del ajuste (Tainter 2000, 2003; Allen, Tainter & Hoekstra 2003). Considera que las circunstancias económicas durante la transición no serán tan favorables (Tainter, Allen & Hoekstra 2006).

La resiliencia, indican Brian Walker, Crawford Holling, Stephen Carpenter & Ann Kinzig, es uno de los tres atributos interrelacionados de los sistemas ecológicos y sociales que determinan sus trayectorias futuras, los otros dos son la *adaptabilidad* y la *transformabilidad*.⁵⁵ La adaptabilidad es la capacidad de los actores del sistema para influir en la resiliencia, en el caso de los sistemas sociales esencialmente para manejarla. La transformabilidad es la capacidad para crear un sistema fundamentalmente nuevo, incorporando o sustituyendo variables y/o cambiando su escala, cuando las estructuras ecológicas, económicas o sociales hacen al sistema existente insostenible.

Las implicaciones de esta interpretación de la dinámica de los sistemas sociales conlleva a un cambio de enfoque: de la búsqueda de estados óptimos y de los determinantes de una producción máxima sostenible al análisis de la resiliencia y un manejo flexible de recursos y formas de gobierno que permitan la adaptación. Esto consistiría en un proceso de creación de la adaptabilidad y la transformabilidad a través de la conservación de recursos ecológicos críticos y del cambio de las reglas que influyen en la resiliencia del sistema durante la autoorganización social (Walker et al. 2004).

La noción de sostenibilidad que plantea Tainter no es ambiental, sino energética: la capacidad de reproducción de las sociedades está en función de la capacidad de sus organizaciones sociopolíticas para resolver los problemas que se les presenten, organizaciones que dependen de un suministro confiable de energía. Entre esos problemas están los ambientales. El manejo del contexto biogeofísico será determinado, como todas las actividades humanas, por la capacidad energética.

Ahora bien, la menor capacidad energética que se presentará lleva a pensar que un proceso de simplificación social será inevitable y a la vez conveniente. Esa

⁵⁵ El término empleado en inglés es *transformability*.

simplificación deberá planificarse como una estrategia adaptativa que permita la transformabilidad del sistema. Esto define un nuevo urbanismo, más ligado a la frugalidad, la conservación, la eficiencia y la prudencia, no al derroche, el crecimiento ilimitado y la improvisación. La gestión urbana deberá ajustarse a presupuestos menores.

■ Sostenibilidad urbana

La crisis del medio humano

La noción del desarrollo sostenible planteada en *Our common future* trajo como consecuencia la problematización de la sostenibilidad urbana, siempre bajo una óptica ambiental y de mejoramiento de la calidad de vida. Antes de discutir la sostenibilidad urbana a partir de la teoría de Tainter, se presentará la evolución del pensamiento que ha llevado a la definición conceptual de la ciudad sostenible.

El nacimiento de la conciencia ambiental en la década de 1960 coincide con el descontento y la crítica hacia la ciudad y el urbanismo modernos, pero ni el morfologismo con su exaltación de la arquitectura, ni el tecnoutopismo con su confianza en la tecnología, ni la ecística con su proyección ecumenopolitana, establecieron una relación entre la problemática ambiental y la urbana y entre ésta y la energética, no había conciencia de los límites de los sistemas sociales, ecológicos y energéticos.

El autor que propone lograr un equilibrio entre la ciudad y la naturaleza y valora la calidad ambiental de asentamientos de otras épocas, siguiendo las ideas presentadas por Ebenezer Howard (1902) y Geddes (1904, 1905, 1915), es Mumford ([1961] 1979), aunque las obras escritas en esa década que más influyeron por el método propuesto para intervenir y modificar sensiblemente el ambiente físico, hacer un mejor uso del suelo y mejorar las condiciones de las ciudades, fueron escritas por Kevin Lynch & Gary Hack (1962), Ian McHarg (1969) y Harvey Rubenstein (1969).

Al comenzar la década de 1970 Tomás Maldonado enriquece el discurso. Se opone a resignarse a ver la ciudad moderna como un mal irreversible y a someterse a los intereses de los especuladores, promotores inmobiliarios y comerciantes. Sostiene que ante la degradación de nuestro ambiente y la biosfera debemos asumir un compromiso proyectual basado en una conciencia crítica ecológica y social, poner en marcha una “utopía en acción” que busque crear una complejidad ordenada atrayendo a los sistemas que siempre tienden a la complejidad desordenada (complicación), sometiéndola a la prueba de la concreción, es decir, a la verificación del grado de consistencia técnica y lógica de sus propuestas operativas. El patrón de asentamiento

territorial de la visión utópica de Maldonado bosqueja una fusión socialista campo-ciudad (Maldonado [1971] 1972).

La conexión entre la cuestión ambiental y la cuestión urbana se plantea durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972. En *Una sola Tierra* (1972), libro preparado como preámbulo a la Conferencia, se indica que la planeación urbana debe ser parte de un enfoque más vasto en relación con el territorio en su conjunto, el cual es cada vez más limitado, impone elecciones, requiere soluciones y es sumamente vulnerable a la destrucción, por lo que debe buscarse su mejor y más eficiente uso considerando la distribución de la gente y la industria, la historia, el clima, los ríos, las colinas y los suelos y patrones que satisfagan una variedad más amplia de necesidades humanas rechazando el desarrollo basado en un cálculo puramente económico.

Se apunta que la naturaleza y las tierras agrícolas deben ser protegidas de los “tentáculos urbanos” y los automóviles del hombre tecnológico, automóviles que junto con la generación de electricidad son la principal fuente de contaminación atmosférica por la quema de combustibles de origen fósil, por lo que es necesario disminuirla a través de una reconversión tecnológica, el establecimiento de normas, proscripciones, multas e impuestos y el menor uso del automóvil particular. Se indica que otros problemas que también se han complicado son la contaminación de las aguas por el nuevo orden urbano-industrial, el cual ha aumentado las descargas y su toxicidad, y la eliminación de los desechos sólidos producidos por la sociedad del consumo (Ward & Dubos 1972).

En el *Action plan for the human environment*, documento presentado en la Conferencia, se trata el problema urbano en su primera sección, titulada “Planificación y ordenación de los asentamientos humanos desde el punto de vista de la calidad del medio”, los temas que se abordan son: 1) el desarrollo y el mejoramiento de los asentamientos, 2) el fomento de la investigación y la formación de recursos humanos enfocada a los problemas de vivienda, abastecimiento de agua, alcantarillado y servicios sanitarios, eliminación de desechos sólidos y transporte, 3) asistencia financiera y técnica, 4) el problema del ruido, 5) la prevención de desastres (UN 1972).

Paul Ehrlich, Anne Ehrlich & John Holdren plantean el deterioro físico, estético y social del ambiente urbano, señalando además como problemas graves la congestión, el transporte y la destrucción de suelos valiosos, problemas que surgen por la falta de una planificación adecuada ante desarrollos fortuitos y la expansión urbana. Sugieren adoptar una economía consistente con la finitud de los recursos del planeta y la fragilidad de los procesos biológicos que soportan la vida humana, economía que debiera controlar el crecimiento de la población humana, el uso de los recursos físicos y el impacto del hombre en el ambiente biológico (Ehrlich, Ehrlich & Holdren 1973).

En la Conferencia de Estocolmo se propuso organizar una conferencia-demostración sobre los “asentamientos humanos experimentales” que buscaran mejorar el medio, esta iniciativa con un enfoque más amplio se transformó en la I Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (también conocida como Hábitat I), celebrada en Vancouver en junio de 1976, en ella se presentó un documento titulado *Action plan*, en donde se indican recomendaciones sobre los siguientes temas: a) vivienda, infraestructura y servicios, b) suelo, c) participación pública, d) instituciones y gestión.

Hábitat I no se concentró en tratar exclusivamente la problemática ambiental de las ciudades, discutió su desarrollo integral teniendo en cuenta temas como su administración, la construcción de componentes físicos, la obtención de recursos, la equidad, la expansión urbana, el transporte, la prevención de la contaminación, los recursos humanos, etc., considerando los impactos de la urbanización (UN 1976).⁵⁶

Desafortunadamente, el *Action plan* se convierte en la mayoría de los países en letra muerta ante la crisis que afecta a los Estados en la década de 1970 y las reformas neoliberales que modifican la gestión urbana a partir de la década de 1980.

En 1970, después de la Conferencia sobre la Biosfera,⁵⁷ celebrada en París en 1968, la United Nations Education, Science and Culture Organisation (UNESCO) creó el Man and the Biosphere Programme (MAB). La primera reunión de su Consejo se celebró en noviembre de 1971, en ella se definieron 14 proyectos científicos internacionales, el Proyecto 11 (MAB 11) se tituló “Aspectos ecológicos de la utilización de energía en los sistemas urbanos e industriales”, considerando a la energía como el punto de entrada para investigar modelos relacionados con los sistemas urbanos y sus interacciones e interdependencias con, y sus impactos sobre, otros sistemas. MAB 11 es la primera iniciativa internacional que considera a las ciudades como sistemas ecológicos. De la ecología urbana que responde a la influencia de las ciencias sociales (Escuela de Chicago), pasamos a otra definida a partir de las ciencias naturales, aunque, según Roberto Fernández, los estudios de MAB 11 responden más bien a enfoques sistémicos, ideológicos o de intervención que irían más allá de estudios propiamente basados en la teoría ecológica (Fernández 1994). Sin embargo, los trabajos presentados por Stephen Boyden a finales de la década de 1970 y principios de la de 1980 dentro de esta iniciativa, contribuyen indudablemente a formar una corriente ecológica en el urbanismo (Boyden 1979, 1980; Boyden et al. 1981).

⁵⁶ A partir de la Conferencia de Vancouver se creó en 1978 el United Nations Centre for Human Settlements – Habitat (UNCHS), que en 2002 se transformó en Programme (UN-HABITAT).

⁵⁷ Su nombre oficial fue Conferencia Intergubernamental de Expertos sobre las Bases Científicas para el Uso Racional y la Conservación de los Recursos de la Biosfera.

Ciudad sostenible

En el contexto desregulador de la década de 1980, con precios del petróleo otra vez a la baja que permiten la recuperación económica, con una población mundial y urbana que se multiplican y con una creciente degradación ambiental, se prepara y publica *Our common future*, que dedica el capítulo 9 al “desafío urbano”, tratando el tema del crecimiento de las ciudades distinguiendo la situación de los países industrializados y la de los que están en desarrollo. Con relación a éstos señala la necesidad de establecer estrategias urbanas nacionales efectivas, fortalecer a las autoridades locales (deben tener más capacidad política, institucional y financiera), favorecer la autosuficiencia económica y la participación de los sectores con menos ingresos, dotar de viviendas y servicios a los pobres y buscar la manera de obtener más recursos financieros, también menciona la necesidad de fortalecer la cooperación y el apoyo internacional (WCED 1987). No hay gran diferencia con los objetivos planteados en Hábitat I una década atrás, se propone una política de desarrollo urbano, sobre todo para los países del Tercer Mundo, que atienda la pobreza y no descuide los aspectos ambientales. Desarrollo urbano que a partir de la publicación de este documento tiene que ser *sostenible*, abriendo la era, al menos discursivamente, de las ciudades, asentamientos humanos, comunidades, sistemas urbanos, metrópolis... *sostenibles*.

Entre la presentación de *Our common future* en 1987 y la celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, donde se presentó *Agenda 21*, Naciones Unidas plantea el problema de los asentamientos humanos a partir de la cuestión ambiental, publicando diversos documentos (UNCHS & UNEP 1987; UNCHS 1988, 1989, 1990, 1991; UNDP 1991). *People, settlements, environment and development* (1991), ofrece una síntesis de lo expuesto y recomendaciones. El documento propone políticas considerando los principios del desarrollo sostenible, los temas que trata son: a) la gestión del suelo, b) el abastecimiento de agua, c) el saneamiento y la gestión de aguas residuales, d) la gestión de residuos sólidos, e) los sistemas energéticos, f) el transporte, g) el sector de la construcción.

Indica que un asentamiento puede ser juzgado con los siguientes criterios de “desarrollo sostenible”: 1) la calidad de vida que ofrece a sus habitantes, 2) la escala de uso de recursos no renovables, 3) la escala y naturaleza de uso de recursos renovables y las implicaciones para sostener sus niveles de producción, 4) la escala y naturaleza de los residuos no reutilizables generados por actividades productivas y de consumo y los medios mediante los cuales estos residuos son dispuestos, incluyendo el impacto que producen en la salud humana, los sistemas naturales y el deleite (UNCHS 1991).

A partir de este marco teórico se discute el problema de los asentamientos humanos en la Conferencia de Río, de hecho en 1990 Naciones Unidas crea el Sustainable

Cities Programme con la intención de poner en práctica los conceptos y las directrices presentados.

Con la mirada puesta en Río, un grupo de expertos señala el deterioro ambiental y la inseguridad social en los asentamientos humanos de América Latina y el Caribe teniendo en cuenta los procesos de urbanización y metropolización. El ordenamiento del territorio es una de las estrategias fundamentales que se recomienda instrumentar para distribuir a la población y sus actividades de acuerdo con la integridad y potencialidad de los recursos naturales que conforman el entorno físico y biótico; también se proponen, entre otras medidas, el control de las actividades contaminantes, la descentralización y desconcentración económica, la delimitación de los fines y usos de la tierra de acuerdo a su vocación ecológica, el equipamiento del territorio y la conservación del paisaje (CDMAALC [1990] 1991).

Agenda 21 trata en su capítulo 7 el “Fomento del desarrollo sostenible de los asentamientos humanos”, presentando programas relacionados con: a) la vivienda, b) el mejoramiento de la gestión, c) el uso del suelo, d) la infraestructura ambiental (agua, saneamiento, drenaje y manejo de residuos sólidos), e) la energía y el transporte, f) la prevención de desastres, g) la industria de la construcción, h) el desarrollo de recursos humanos y la capacidad de gestión (UN 1992).

Se define una agenda urbana que considera el desarrollo social y la protección y el mejoramiento ambiental. Lo ideal es que cada gobierno local desarrolle y aplique su propia agenda (Agenda 21 Local).

La reflexión sobre la sostenibilidad urbana está en marcha, lo que se aprecia en libros y artículos publicados ya en la primera mitad de la década de 1990 (Girardet 1992; Hardoy, Mitlin & Satterthwaite 1992; Stern, White & Whitney 1992; Yanarella & Levine 1992a, 1992b; Meier 1993; Haughton & Hunter 1994; Naredo 1994; OECD 1994; White 1994).

En junio de 1996 se celebra en Estambul la II Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Hábitat II), donde la discusión sobre las ciudades amplía su contenido, esto queda reflejado en el documento presentado en esta cumbre, *Habitat agenda*,⁵⁸ el cual, junto con *Agenda 21*, constituye el marco que define la gestión del desarrollo urbano sostenible. Su capítulo 4 corresponde al “Plan de acción mundial”, cuya sección C presenta recomendaciones para propiciar el “Desarrollo de asentamientos humanos sostenibles en un mundo en urbanización”, considerando los siguientes temas: a) uso del suelo, b) desarrollo social, c) población, d) condiciones ambientales, salud pública y bienestar, e) energía, f) transporte y comunicaciones, g) administración del patrimonio histórico y cultural, h) desarrollo de las economías urbanas, i) asentamientos rurales, j) prevención de desastres y capacidades de rehabilitación.

⁵⁸ También conocido en español como *Programa de Hábitat*.

En la sección D se trata la “Formación de capacidades y desarrollo institucional”, poniendo atención en: a) la descentralización y el fortalecimiento de las autoridades locales, b) la participación popular, c) la gestión urbana, d) la gestión metropolitana, e) los recursos financieros, d) la información y las comunicaciones (UNCHS 1996).

Si bien suele señalarse la ambigüedad del concepto del desarrollo sostenible (OECD 1994), la lectura del contenido de esta agenda define claramente los temas que aborda, los cuales, como podemos ver, dan continuidad a lo expuesto por Naciones Unidas sobre la gestión de los asentamientos humanos desde la década de 1970.

El enfoque de la ciudad sostenible responde en general a la problemática urbano-ambiental a nivel mundial y a la pobreza urbana (carencia de viviendas y servicios) de los países en desarrollo. Las dimensiones del desarrollo social, crecimiento económico y protección ambiental están presentes y en torno a ellas se estructuran el discurso y las propuestas de acción. *Agenda 21* y *Habitat agenda* incluyen recomendaciones concretas, el desarrollo posterior de esto, su crítica o análisis más profundo, han conformado una amplia bibliografía sobre el tema de la ciudad sostenible surgiendo nuevas aproximaciones, conceptos, propuesta de indicadores, proyectos, etc.

Así como en 1997 se hizo una evaluación de los logros alcanzados a partir de la instrumentación de *Agenda 21* (UN 1997), en 2001 se revisó el avance de *Habitat agenda*, renovándose los compromisos contraídos (UN 2001a). Teniendo en cuenta esto, en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, celebrada en Johannesburgo en 2002, no se trató con especial atención el problema de los asentamientos humanos (UN 2002), el camino ya estaba marcado.

La reflexión reciente sobre el tema se refleja en la III Sesión del World Urban Forum celebrada en Vancouver en 2006, organizada por UN-HABITAT, su título fue “Nuestro futuro: Ciudades sostenibles – Convirtiendo ideas en acción”, donde se discutieron los siguientes temas: a) Inclusión y cohesión social, b) Asociación de actores y financiamiento, c) Crecimiento urbano y medio ambiente (UN-HABITAT 2006).

Cabe recordar que así como la instrumentación del *Action plan* presentado en Hábitat I en 1976 fue afectada por la crisis económica, la implementación de *Agenda 21* y *Habitat agenda* ha encontrado en la desregulación neoliberal, entre otros factores, un obstáculo para cumplir sus objetivos. A pesar de todo, está en boga plantear la construcción de ciudades *sostenibles, verdes, ecológicas, ecociudades*. Algunos autores ponen el énfasis en aspectos culturales y sociales, otros en lo ambiental, otros en el equilibrio regional o global, otros en la dimensión productiva, otros en la tecnología, otros intentan hacer una síntesis. El siglo XXI comenzó con una nueva utopía.

¿Qué es una ciudad o asentamiento humano o sistema urbano *sostenible*? Una definición desde la lógica social-ambiental-económica que ha orientado el análisis sobre la cuestión urbana desde la década de 1970 diría que es una ciudad sana, habitable, amigable, integradora, democrática, productiva, que no destruye los paisajes que la rodean, que crece siguiendo un plan, que disminuye su huella ecológica, que no contamina el aire, el agua y los suelos o lo hace de tal manera que no provoca daños irreversibles, que ofrece espacios para el entretenimiento y la relajación, que no despilfarra recursos energéticos y materiales, que conserva y valora su herencia histórica, que ofrece empleos bien remunerados, que aprovecha los adelantos tecnológicos, que se integra a su región y al mundo, que tiene un gobierno eficiente e instituciones que garantizan la convivencia y la seguridad social, que no contribuye al cambio climático... La ciudad sostenible propone un urbanismo de sanación y salvación.

Otra síntesis la ofrece Richard Rogers: una ciudad sostenible es una ciudad justa, bella, creativa, ecológica, que favorece el contacto, compacta y policéntrica, diversa: “El concepto de ciudad sostenible reconoce que las ciudades deben responder a determinados objetivos sociales, medioambientales, políticos y culturales, así como físicos y económicos” (p. 167) (Rogers [1997] 2000).

La descripción puede ocupar varias páginas, crecer conforme se vayan incorporando diferentes criterios (MOPTMA 1996; Wackernagel & Rees 1996; Celecia 1998; Mac Donald et al. 1998; Girardet 1999, 2004; Newman & Kenworthy 1999; Rudlin & Falk 1999; Beatley 2000; Brebbia et al. 2000, 2002, 2004, 2006; Fernández 2000; Ravetz 2000; Devuyt, Hens & De Lannoy 2001; CEPAL 2002; White 2002; Fusco et al. 2003; Sorensen, Marcotullio & Grant 2004; Wheeler 2004; Munier 2005; Ooi 2005; Winchester 2005; Kenworthy 2006; Register 2006; McDonald & Patterson 2007).

Ahora bien, la propuesta de la ciudad sostenible, como el discurso del desarrollo sostenible, tampoco tiene en cuenta el cenit de la producción petrolera: no considera el encarecimiento de la energía, ni la decreciente energía neta de las fuentes no renovables, ni la menor calidad energética de las fuentes renovables, ni la necesidad de hacer inversiones multimillonarias para aumentar la eficiencia energética en todas las ciudades del mundo. Si bien señala factores relacionados con el desarrollo institucional, no plantea los límites organizacionales relacionados, como explicó Tainter, con la disponibilidad de los subsidios energéticos.

Discutir la sostenibilidad urbana a partir de la teoría de Tainter, obliga a poner más atención en la cuestión energética, pero no por su impacto ambiental, sino como condición del bienestar social, el desarrollo económico, la correcta administración del contexto biogeofísico y la organización sociopolítica, base de la gestión urbana. Lo que nos lleva a analizar no la sostenibilidad del fenómeno urbano, sino su insostenibilidad, o dicho con otras palabras, tomando una expresión de Césarman, su menor probabilidad de ser.

Insostenibilidad urbana

En la actualidad, la sostenibilidad de los asentamientos urbanos está en función de su dependencia de los combustibles de origen fósil, no se define a partir de una relación armónica con la naturaleza y entre los individuos que los habitan. Si analizamos el problema de la sostenibilidad urbana a partir del marco teórico expuesto por Tainter, debemos decir que un sistema urbano sostenible es aquel que cuenta con instituciones que son capaces de sostenerse y con recursos energéticos que le permiten seguir solucionando sus problemas (entre ellos mantener a las instituciones). La gestión, acciones y logros en materia ambiental, social y económica que requieren los asentamientos humanos para ser sostenibles —siguiendo la lógica de Naciones Unidas— necesitan energía.

Tainter nos permite entender la dinámica organizacional-institucional que permitirá subsistir a una ciudad, la reflexión ambiental nos señala que el impacto ambiental de esa ciudad no debe ocasionar daños irreversibles. La energía es un factor fundamental para la sostenibilidad social y urbana, pero el consumo de combustibles de origen fósil es un grave riesgo para la sostenibilidad ecológica global (contaminación, destrucción de ecosistemas). Si bien el fin de la explotación del petróleo y el carbón traerá beneficios ambientales, la menor calidad energética de los recursos que los sustituirán hace necesario entender la otra dimensión de esta problemática: la dependencia de los combustibles de origen fósil, particularmente del petróleo, trae una serie de riesgos, dejar de contar con él trae otros.

La humanidad se ha movilizó desde la década de 1970, con más eficiencia y velocidad en unos países que en otros, para mitigar o evitar los impactos del consumo del hidrocarburo. No se ha preparado para sustituirlo. El *deber ser* de las ciudades durante las últimas décadas fue determinado por la agenda ambiental. Esta agenda sin duda ha influido e influirá en la toma de decisiones de las instituciones que gobiernan y gobernarán las ciudades durante todo el siglo XXI, lo que se debe incorporar, además de una agenda social, es una agenda energética que no responda exclusivamente al discurso ambiental, debe ser una agenda pospetróleo.

No sólo debe plantearse la crisis civilizatoria en términos de una catástrofe ecológica global, conformada por múltiples catástrofes ecológicas locales y regionales. Debe entenderse su dimensión energética, pero más allá, insisto, del riesgo ambiental. Una civilización entra en crisis cuando carece de alguno de los recursos que definen su estructura y procesos de reproducción cotidiana, sin importar si es una sociedad agrícola o industrial. Harris, desde su mirada antropológica, explica con claridad el problema. Apunta que la verdadera cuestión no reside en el momento en que se agotarán el último barril de petróleo o la última tonelada de carbón, ya que “el efecto del agotamiento sobre el nivel de vida se vuelve insoportable mucho antes de que haya desaparecido la última hoja de hierba, o el último caballo, o el último reno”. Teniendo en cuenta la dependencia de la sociedad industrial de estas fuentes advierte que su escasez aumentará sus costos, provocando una inflación “que reducirá

uniformemente la capacidad de la persona corriente para pagar los bienes y servicios ahora considerados esenciales para la salud y el bienestar” (Harris [1977] 1987, p. 256).

Harris escribió esto después del *shock* petrolero de octubre de 1973. No debemos esperar a que desaparezca la última hoja de hierba o la última gota de petróleo para plantear la crisis. Nuestra civilización sufre una crisis tanto por las modalidades de producción, consumo y distribución que sostienen al sistema económico-industrial global, modalidades que responden al uso del petróleo, como por el anunciado cenit de la producción mundial de este recurso. El petróleo nos daña, pero también nos da vida. Estas son las dos caras de la crisis. Ambas pueden explicarse si las planteamos como una crisis relacionada con los límites biogeofísicos del planeta, una crisis entrópica que evidencia su riesgo a través de los rendimientos decrecientes.

Hubbert, Colin Campbell, Odum, Harris, Tainter, han percibido ese riesgo. Debemos tomar medidas para enfrentar la caída de los beneficios de la complejidad, sobre todo cuando alrededor de la mitad de los habitantes de este planeta vivimos en sistemas altamente complejos como lo son las ciudades y buena parte de la otra mitad reside en zonas rurales que de una u otra manera dependen del consumo, insumos y/o subsidios generados por lo general en zonas metropolitanas. Es necesario mirar a los sistemas urbanos más allá del marco que esboza el discurso de la ciudad sostenible. Una tarea impostergable es hacer una lectura desde la energética.

Enrique Leff nos introduce al problema:

La ciudad ha sido convertida por el capital en el lugar donde se aglomera la producción, se congestiona el consumo, se hacina la población y se degrada la energía. Los procesos urbanos se alimentan de la sobreexplotación de los recursos naturales, la desestructuración del entorno ecológico, el desecamiento de los mantos freáticos, el succionamiento de los recursos hídricos, la saturación del aire y la acumulación de basura ... Del hecho urbano como generador de necesidades (estilos de vida urbana) se ha pasado a un proceso acumulador de irracionalidades (Leff 1998, p. 244).

Leff hace un planteamiento entrópico de la ciudad. Pero, recordando la ley sobre la entropía social formulada por Césarman, debemos decir que eso es inevitable: las ciudades son sistemas que se organizan creando el caos a su alrededor, negativizan su entropía (se ordenan) a expensas de la entropía negativa (orden) de sus alrededores.

Más aún, la urbanización es por definición un proceso que registra el aumento de entropía, como lo demuestran Huang & Chen (2005), lo que hace asimismo inevitable la presencia de rendimientos decrecientes y por lo tanto que los asentamientos urbanos sean en algún momento vulnerables.

Bettini es uno de los autores que ha analizado con más claridad a la ciudad como fenómeno entrópico o sistema disipador:

El modelo entrópico acelera y se manifiesta en el deterioro, en el decaer de los puentes, de las infraestructuras de transporte, de la red de canalizaciones, de los acueductos y de las plantas de tratamiento de residuos. Expansión urbana y urbanismo significan una aceleración de los flujos de energía y un aumento del desorden que escapan a casi cualquier control. Dedicarse al problema de la ciudad como sistema disipador e intentar frenar las pérdidas más evidentes significa dedicarse a resolver el problema de la entropía (p. 110).

Bettini no habla de sostenibilidad, para él las ciudades deben ser “compatibles” con las leyes fundamentales que rigen el Universo y los ecosistemas (las leyes de la termodinámica), no sostenibles. Precisa que compatibilidad y sostenibilidad serán lo mismo sólo si ponemos bajo control el ecosistema urbano como sistema disipador. Empresa nada fácil, indica, ya que la ciudad desde su origen se estructuró en un equilibrio dinámico que es sustancialmente un desequilibrio debido al desorden que produce en el medio circundante —y, debemos añadir, en regiones localizadas a cientos o miles de kilómetros de distancia por los intercambios a escala planetaria de materia y energía que precisamente permite el petróleo.

Para poder pensar en un sistema urbano capaz de mantener un equilibrio por sí mismo (equilibrio urbano sostenible), Bettini señala que es necesario: a) frenar la multiplicación de los *inputs* físicos desde la naturaleza y los *outputs* hacia la naturaleza, afrontando así la constante del equilibrio biofísico, b) hacer un uso sobrio y más productivo de la energía, c) buscar el ahorro energético mediante la elección del sistema más adecuado al objetivo que se desee, d) favorecer aquellos modelos morfológicos y organizativos de la ciudad que induzcan a un mejor control de los usos de la energía, con una disminución de los impactos ambientales debidos a fenómenos de degradación de la propia energía, e) tener en consideración los factores del clima y del microclima (insolación, temperatura, humedad, régimen del viento) (Bettini [1996] 1998b).

Bettini, como la mayoría de los autores que tratan el problema de la sostenibilidad urbana a finales del siglo XX, no discute el cenit de la producción petrolera. El desafío no sólo es hacer que el uso de la energía sea más eficiente, sino sustituir al petróleo y posteriormente al gas natural y al carbón. Esta transición, recordando lo expuesto por Tainter, cuesta. Transición, como ya se ha señalado, que será determinada y afectada por la dinámica de los rendimientos decrecientes, el mayor costo de los energéticos, el decrecimiento de la energía neta de los combustibles de origen fósil y la menor calidad energética de las fuentes renovables. El desafío no sólo es ser más compatibles con las leyes de la termodinámica, sino ser capaces de gestionar el equilibrio sugerido por Bettini.

La ciudad por definición es insostenible. La sostenibilidad es algo temporal, fenómeno que está en función de la energía y de la capacidad de las organizaciones para resolver los problemas relacionados con su supervivencia. El crecimiento de los sistemas urbanos ha ido de la mano del crecimiento de la calidad de las fuentes de energía, una disminución de esa calidad energética hace pensar que la escala de complejidad alcanzada por cada asentamiento urbano, desde una zona metropolitana de más de 10 millones de habitantes hasta una ciudad pequeña de menos de 20,000 habitantes, debe disminuir. Descenso o ajuste de complejidad o simplificación que se manifestará en el patrón de asentamiento, la ocupación del territorio, el uso de recursos, la disposición de los residuos y, por supuesto, la demanda de energía.

El discurso del desarrollo sostenible propuso frenar la destrucción ocasionada por las ciudades, hacer que éstas armonizaran con la naturaleza; es necesario superar esta visión. La entropía es inevitable, lo que se requiere es asumir que el impacto ambiental es parte del proceso civilizatorio, de la supervivencia en sí, y diseñar sistemas productivos no dependientes de los combustibles de origen fósil capaces de aumentar el número de animales y vegetales y su biodiversidad. No se habla de “proteger” a la naturaleza, sino de regenerarla con un sentido económico-ecológico-energético, el ecocidio es un hecho.

El desafío no es la conservación *per se*, sino la transición a un mundo pospetróleo: entender que los hidrocarburos y el carbón nos hicieron depender de estilos de vida destructores y artificiales y que paulatinamente será más complicado acceder a ellos. Es necesario prepararse para la simplificación y un manejo flexible de recursos y formas de gobierno que permitan la adaptación y la posterior reinversión del sistema.

La gestión de la sostenibilidad urbana, desde las estrategias para hacer frente a la complejidad propuestas por Tainter, lleva a señalar lo siguiente: a) es necesario crear espacios para estudiar el origen, desarrollo y consecuencias de la complejidad de las ciudades, hacer un seguimiento del comportamiento de sus costos, b) ante la imposibilidad de encontrar un nuevo subsidio energético, la estrategia es buscar la simplificación organizacional y en términos técnicos el desarrollo de las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética, c) el desarrollo de nuevos tipos de complejidad que bajen los costos, amplifiquen los beneficios y produzcan crecimiento a través de procesos de retroalimentación positiva, tiene relación con la generación de conocimiento y actividades de investigación, desarrollo, difusión y comercialización.

Estamos ante un problema de diseño de las organizaciones sociopolíticas, un problema institucional.

Con el uso del petróleo los asentamientos se transformaron dramáticamente. Sin duda la gran mayoría de las ciudades seguirán existiendo durante y después de la transición energética, pero de otra manera. El modelo urbano pospetróleo que se busca definir en este trabajo pretende servir de orientación para guiar ese proceso.