

- ▲ **Palabras clave/** Crecimiento demográfico, balance energético, expansión urbana, urbanización.
- ▲ **Keywords/** Energy balance, population increase, urban sprawl, urbanization.
- ▲ **Recepción/** 27 agosto 2018
- ▲ **Aceptación/** 24 enero 2019

Metabolismo urbano: Reflexiones sobre el crecimiento urbano y el consumo energético

Urban metabolism: Reflections about urban growth and energy use

Alexander Niño-Soto

Arquitecto, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
 Magister en Planificación Urbana y Regional, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
 Doctor en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad, Universidad De Guadalajara, México.
 Docente y coordinador de la Maestría en Urbanismo y Desarrollo territorial, Universidad del Norte, Colombia.
 asnino@uninorte.edu.co

Sander Chávez-Martínez

Arquitecto, Universidad del Atlántico, Colombia.
 Magister en Urbanismo y Desarrollo Territorial, Universidad del Norte, Colombia.
 sanderc@uninorte.edu.co

RESUMEN/ El estudio de los impactos que los distintos modelos de ciudad ejercen sobre los ecosistemas es una tendencia marcada en las reflexiones actuales del urbanismo. Sobre esta base y a partir de una reflexión teórica sobre las dinámicas metabólicas contemporáneas, se proponen alternativas metodológicas de análisis del metabolismo energético para el contexto latinoamericano desde una perspectiva internacional, con énfasis en el contexto del Caribe colombiano como caso de estudio. A través de análisis comparativos diacrónicos del consumo energético, el comportamiento demográfico y las dinámicas de urbanización, se logra determinar que las áreas que más han aumentado su consumo de energía no necesariamente son aquellas zonas más industrializadas del territorio analizado. Asimismo, se concluye que a pesar de que la matriz de producción energética se ha diversificado recientemente en Sudamérica, la presión sobre el ecosistema se ha agudizado debido a las dinámicas urbanas que experimenta esta región del continente. **ABSTRACT/** The study of the impacts that different city models have on ecosystems is a marked trend in current reflections on urbanism. Based on this, alternative methods of energy metabolism analyses are suggested for the Latin American context. These methods are underpinned by a theoretical reflection about a contemporaneous metabolic dynamic from an international perspective, but emphasizing the context of the Colombian Caribbean as a case study. Diachronic comparative analyses of energy use, demographic behavior, and urbanization dynamics have determined that the areas with the largest increase in energy use are not necessarily the most industrialized areas of the territory under discussion. Similarly, it has been concluded that –although South America’s energy production mix has been recently diversified– pressures over the ecosystems have intensified due to the urban dynamics in this region of the continent.

INTRODUCCIÓN.

El proceso adaptativo del hombre conllevó la organización de una sociedad humana capaz de transformar su entorno y alterar flujos de materia y energía de la naturaleza (Fernández 2000; Odum 1980). Esta operación cultural sobre los ecosistemas es resultado de la disponibilidad de recursos ambientales y tecnológicos, del manejo energético y de los métodos constructivos, y genera un modelo de ocupación territorial y de desarrollo urbano con sus distintas variaciones a nivel global, producto de fenómenos históricos como los mestizajes culturales, el colonialismo o la globalización (Joyce 2009).

En la naturaleza, este proceso adaptativo y constructor a través de organismos vivos se denomina metabolismo, y trasciende desde lo celular hasta lo ecosistémico, donde cada ciclo de elementos como el carbono, el fósforo, el nitrógeno y el oxígeno, posee distintas dinámicas y velocidades de absorción y adsorción, produciendo múltiples microsistemas vivos que se reconocen como biodiversidad (Flombaum y Sala 2011). Entonces, al comprender lo urbano como una herramienta adaptativa del ser humano para canalizar los flujos de energía y de materia, es posible plantear el concepto de metabolismo urbano, puesto que los ambientes transformados

antrópicamente construyen ciclos biogeoquímicos que fabrican nuevos productos y, posteriormente, se consumen para suplir las necesidades de la sociedad (Zhang, Zheng, Fath, Liu, Yang, Liu y Su 2014; Niza, Rosado y Ferrão 2009). De esta manera, en los ciclos naturales salen residuos que son absorbidos por otros organismos, manteniendo un flujo armónico; pero en los metabolismos urbanos algunos residuos no son absorbidos por otros sistemas receptores y procesadores, alterándose las velocidades de los ciclos biogeoquímicos. Por ello, es apremiante para la investigación urbana analizar las dinámicas e impactos que los distintos

modelos de ocupación del territorio generan sobre los ecosistemas, haciendo énfasis en el estudio del componente energético de las dinámicas metabólicas. Esto implicaría entender el metabolismo urbano como un sistema regulador del tradicional modelo productivo implantado en el contexto de la revolución industrial de corte desarrollista.

ANALOGÍA DEL METABOLISMO EN LA EPISTEMOLOGÍA DE LO URBANO.

Karl Marx utilizó el término ‘metabolismo’ desde su obra “El Capital”, explicando el intercambio hombre-tierra y naturaleza-sociedad a través del trabajo y las actividades económicas. A lo anterior, Engels aportó la idea de que los flujos de la materia trascienden desde lo biológico hasta las complejas transformaciones de las sociedades (Toledo 2013). Pero fue Abel Wolman quien acuñó el concepto ‘metabolismo urbano’, referido al consumo de recursos, generación de residuos y efectos en la ciudad. Igualmente, Kenso Tange planteó la analogía de la ciudad como un ser viviente, bajo un enfoque orgánico, donde se buscó comprender las dinámicas fisiológicas presentes en organismos unicelulares simples hasta mamíferos complejos, para comprender las

reglas que rigen los flujos a distintas escalas, incluyendo grandes ecosistemas (Zhang 2013; Toledo y González de Molina 2007; Krieger 2005).

Así, se comprende la ciudad como un ecosistema modificado, en el que se manifiesta catabolismo y anabolismo urbano. El primero implica procesos de extracción de energía desde sustancias complejas, como por ejemplo los combustibles fósiles. El segundo muestra cómo, a partir de materias primas, se construyen estructuras vitales complejas para mantener en marcha la sociedad, las que, sin embargo, consumen energía durante su desarrollo, por ejemplo, los procesos edificatorios y las actividades económicas (Cordero y Verdugo 2006). Además, los ecosistemas urbanos generan metabolitos urbanos, que corresponden a los elementos residuales y sus efectos, que no se circunscriben exclusivamente dentro del contexto físico del sistema generador, sino que impactan multiescalarmente el territorio, puesto que acciones locales contribuyen a procesos globales, como por ejemplo, los residuos de procesos químicos no biodegradables (Folch 2011).

En esa diversidad de estructuras y

formas socioculturales surge el modelo desarrollista urbano, que plantea el crecimiento permanente de las ciudades como mecanismo de respuesta a las necesidades sociales, soportándose en la supuesta inagotable abundancia de recursos naturales en los países menos urbanizados. Este expansionismo validó la aparición de modelos de planeación territorial que organizaron lo urbano en función de zonificaciones y usos de suelo, y concibieron el territorio con un potencial ilimitado de crecimiento (Rausch 2013). Así, el desarrollismo en el ordenamiento territorial generó el crecimiento exponencial de los principales centros urbanos de Latinoamérica (Suárez 2013), cuyo incremento poblacional implicó mayor consumo de recursos materiales, energéticos y de territorio. Por consiguiente, se pasó de un metabolismo lento e inercial a uno expandido y rápido, alterando la presión metabólica sobre los ecosistemas, lo que, a su vez, incrementó el consumo energético para expandir las ciudades. Este modelo desarrollista se ha mantenido constante en América Latina durante la segunda mitad del siglo XX y el inicio del XXI (tabla 1), acompañado de la expansión urbana sobre

METRÓPOLIS	POBLACIÓN DE LAS AGLOMERACIONES URBANAS MÁS GRANDES DE AMÉRICA LATINA							Tasa anual promedio de crecimiento poblacional
	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	
Ciudad de México	3.35	5.46	8.98	14.01	15.11	17.48	19.51	3,6%
Sao Paulo	2.33	4.00	7.70	12.18	14.86	17.07	19.45	4,5%
Buenos Aires	4.74	6.80	8.46	9.96	11.26	12.04	13.57	2,0%
Rio de Janeiro	3.02	4.52	6.83	8.82	9.80	10.79	11.77	2,7%
Lima	0.64	1.84	3.28	4.60	6.34	8.50	9.11	6,4%
Bogotá	0.67	1.68	2.89	4.12	5.23	7.27	8.00	5,7%
Santiago	1.43	2.07	2.79	3.91	4.72	5.39	6.80	3,0%

Tabla 1. Incremento de la población en las principales aglomeraciones urbanas latinoamericanas entre 1950 y 2010 (fuente: Bases de datos de Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL 2018; Instituto Nacional de Estadística y Geografía México - INEGI 2018; Instituto Nacional de Estadística e Informática Perú - INEI 2018; Instituto Nacional de Estadísticas Chile - INE 2014; Suárez 2013).

el territorio e incrementando el consumo de materia y, preponderantemente, energía para sostener dicho crecimiento urbano. En contraste con Latinoamérica, existen ejemplos de transformaciones de patrones de consumo energético, como Europa y Arabia Saudita. En ambos casos, las motivaciones son distintas, pero los procesos de reconversión presentan características similares. En el primero de ellos, se han logrado avances importantes en la transición desde el carbón como fuente tradicional, diversificando el portafolio hacia alternativas renovables como la energía eólica, solar y la biomasa (Idafe 2018). Por otro lado, en la península árabe analizaron los patrones de consumo energético e identificaron que la combustión de hidrocarburos ralentiza la visión de expansión económica de base extractiva, de modo que el uso local de petróleo va en detrimento de la dinámica exportadora. Por lo tanto, es necesario migrar la matriz energética hacia una producción solar, a partir de granjas de paneles fotovoltaicos, financiadas y operadas por las principales compañías petroleras (Reed 2018). El panorama global, sin embargo, es disímil a los casos expuestos, y aún priman las disfuncionalidades en los grandes núcleos urbanos. Por ello, desde diversos campos disciplinares se reflexiona acerca de la idoneidad del modelo de ciudad contemporáneo, y surge la interrogante de si estas 'deseconomías' son ineludibles para lograr mejores estándares de desarrollo socioeconómico, aun con las indiscutibles precariedades ambientales, sanitarias y de seguridad que conllevan (Cruz 2014). Sumados a estos metabolitos, las dinámicas disfuncionales de planificación y la gestión de lo urbano, producto del patrón de consumo, la ciudad latinoamericana también padece por la falta de acceso a recursos como el agua potable, la energía eléctrica y servicios de saneamiento (Hommes y Boelens 2017), lo que trae como consecuencia la mantención de un consumo incremental urbano para buscar el mejoramiento de estas necesidades, con un consecuente impacto ambiental.

LAS CIUDADES: CENTROS DEL CONSUMO ENERGÉTICO.

Los altos índices de crecimiento urbano presentes en Sudamérica se reflejan en la configuración del consumo energético, puesto que los hábitos rurales poco dependientes de electricidad se cambian por hábitos urbanos contemporáneos altamente demandantes de recursos. Evidencia de esto es que la tasa promedio de crecimiento del consumo per cápita pasó de 2.5% anual entre 2001 y 2005 a un 12% anual en solo una década (figura 1) (Banco Mundial 2018). Además, con un panorama productivo donde existe una dependencia generalizada en los combustibles fósiles, debido a la funcionalidad de los sistemas de interconexión, al aporte mayúsculo a la economía nacional y el impulso de importantes programas sociales (Landriscini y Domeett 2017).

Del mismo modo, en Colombia las principales fuentes energéticas siguen siendo los combustibles fósiles, por razones técnico-funcionales, económicas y normativas, puesto que la intervención estatal se limita exclusivamente a procesos de regulación, mientras que el sector privado genera, distribuye y comercializa la energía (Arango y Arroyave 2016). Reflejo de esto es el hecho de que, entre 2003 y 2016, la producción energética colombiana se soportó con tasas ascendentes en la extracción de petróleo, carbón y gas natural (figura 2). A esto se suma que los sectores con mayor consumo eléctrico del sistema interconectado nacional son: el residencial, el industrial y el comercial, junto con las instituciones públicas, es decir, actividades predominantemente urbanas; mientras que con una cuantía menor figuran la actividad minera y la función agropecuaria, propias de ambientes rurales (figura 3).

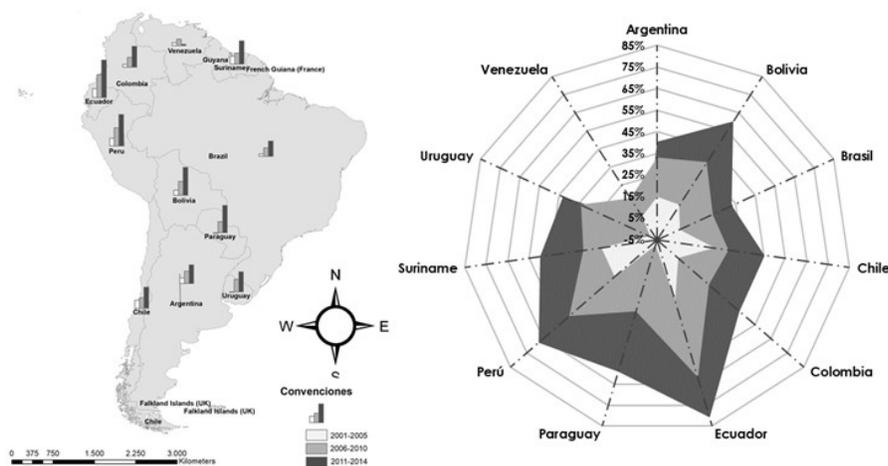


Figura 1. Tasa promedio de crecimiento del consumo per cápita por país en Suramérica (fuente: Elaboración Propia a partir de datos de Banco Mundial 2018).

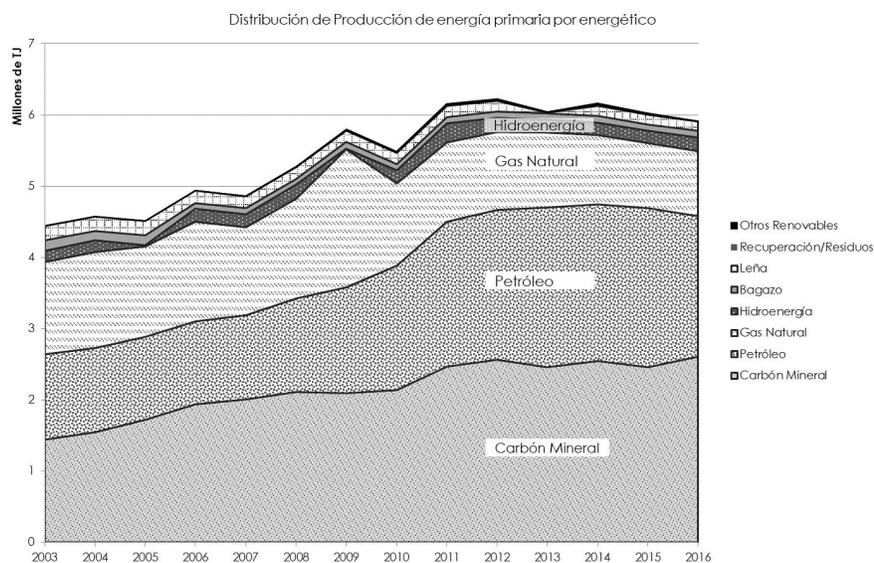


Figura 2. Distribución de la producción de energía primaria por sector energético en Colombia (fuente: Elaboración propia en base a datos de la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME 2018).

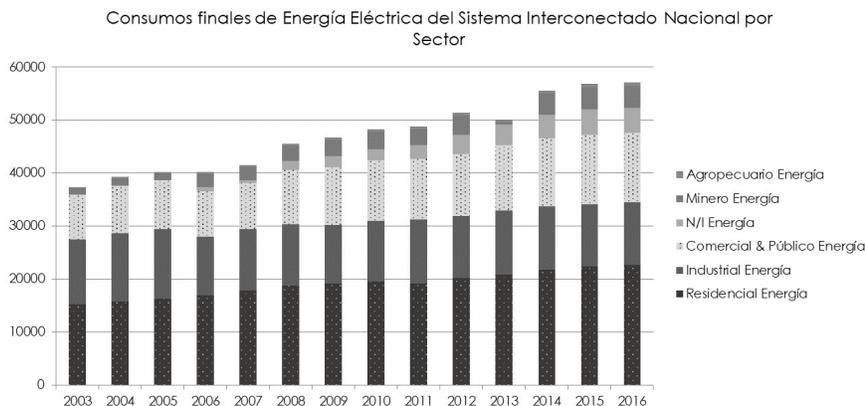
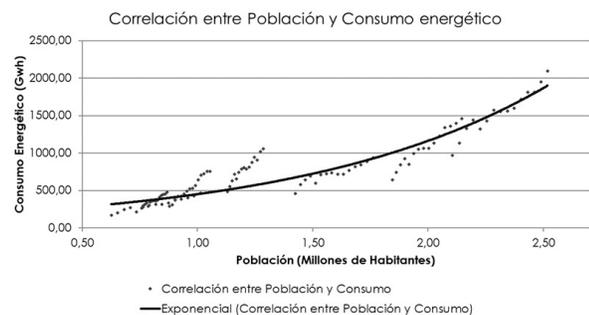


Figura 3. Distribución de los consumos finales de energía eléctrica por sector en Colombia (fuente: Elaboración propia en base a datos de la UPME 2018).



Correlación de Pearson aplicada a las variables Población y Consumo Energético:

$$R = \frac{\sigma_{PobCon}}{\sigma_{Pob} * \sigma_{Con}}$$

$$R = 0,92$$

Figura 4. Análisis de correlación entre variables las población y consumo energético (fuente: Elaboración propia).

A las dinámicas productivas se suma el proceso de urbanización que se ha consolidado en las últimas décadas en Colombia en los principales núcleos metropolitanos, al punto que ha desbordado hacia subsistemas urbanos de jerarquía intermedia no necesariamente vinculados a los grandes nodos, y cuyas economías, tradicionalmente, no han girado en torno a los desarrollos industriales que representan los focos de atracción de migraciones desde los ámbitos rurales.

Entre los años 2003 y 2017, las tasas máximas de urbanización coinciden con ciudades intermedias próximas a las zonas más afectadas por el conflicto armado, como los Llanos Orientales, la costa pacífica, Putumayo y las fronteras con Venezuela en Arauca y Norte de Santander.

CORRELACIÓN METABÓLICA ENTRE LA CONFIGURACIÓN DEL CONSUMO Y EL PATRÓN DE CRECIMIENTO.

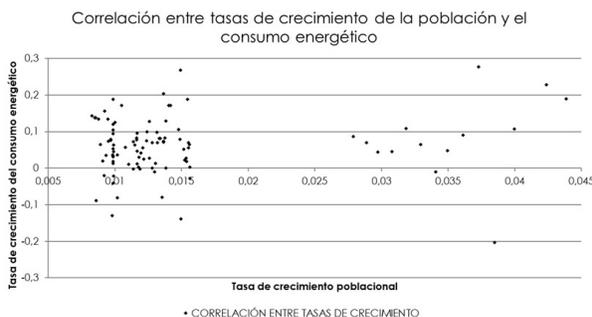
A partir de esta dinámica, se realizó una revisión documental de bases de datos de entidades oficiales en materia demográfica, minero-energética y de prestación del servicio de energía eléctrica domiciliaria. Se depuró la información limitándose a la región Caribe colombiana (los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena y Sucre) entre los años 2003 y 2017. Estas matrices de síntesis constituyeron el corpus de información poblacional, de consumo energético y tasas de urbanización, sobre el cual se desarrolló el análisis estadístico para determinar la correlación entre esas tres variables en estudio.

Primero, con el propósito de validar la pertinencia metodológica del estudio, se adelantó un análisis correlacional entre los datos de población y consumo energético anual que funcionara como referente de control, y pudo determinarse que ambas variables guardan una relación directamente proporcional con una dependencia fuerte. Este procedimiento sustenta cuantitativamente la afirmación de que a mayor población, el consumo energético en un territorio crece (figura 4).

Por otro lado, el análisis correlativo entre las tasas de variación anual de la población y las tasas de incremento del consumo energético, arroja que tanto el método gráfico como el cálculo estadístico evidencian una dependencia sumamente débil entre ambas variables, lo cual indica que el porcentaje en el que incrementa la población no determina de forma directa o inversamente proporcional la intensidad con la que crecen los consumos per cápita (figura 5).

Lo anterior llevó a observar los comportamientos metabólicos del territorio en estudio a partir de análisis comparativos diacrónicos del consumo energético, las tendencias demográficas y las dinámicas de urbanización; de tal forma que puedan proveerse insumos estadísticos para reflexionar acerca de la incidencia de estos fenómenos poblacionales y de expansión urbana en la presión energética sobre los ecosistemas. Se encontró que para el caso de la región Caribe colombiana, las tasas de incremento del fenómeno de urbanización presentan datos bastante dispares entre las distintas entidades territoriales que la componen. Las mayores cifras se han hecho evidentes en los departamentos del Magdalena y el Cesar, respectivamente, aun cuando no son los territorios con los núcleos urbanos más grandes ni tampoco las economías más dinámicas de la región, como sí lo pueden ser Atlántico y Bolívar, donde se ubican las ciudades de Barranquilla y Cartagena, cuyas áreas metropolitanas tienen mayor población y desarrollo industrial (figura 6).

Además, a través del mismo método gráfico, se analizó el patrón de crecimiento del consumo energético por departamento en períodos quinquenales. Se encontró que desde 2004 a 2017 los territorios en los que se evidencian mayores tasas de crecimiento de consumo energético son Cesar, Bolívar y Magdalena, en primer, segundo y tercer lugar, respectivamente, presentando sus mayores cifras en el período comprendido entre 2009 y 2013 para el primero, y entre 2004 y 2008 para los siguientes (figura 7). Como complemento a lo anterior, se evaluaron las tendencias demográficas en estos mismos entes territoriales, evidenciándose que aquellos donde se han intensificado la dinámica expansionista y de consumo no son los mismos en los que



Correlación de Pearson aplicado a las tasas de crecimiento de la Población y el Consumo

$$R = \frac{\sigma_{\Delta P \Delta C}}{\sigma_{\Delta P} * \sigma_{\Delta C}}$$

$$R = 0,13$$

Figura 5. Análisis de correlación entre las tasas de crecimiento de la población y del consumo energético anual (fuente: Elaboración propia).

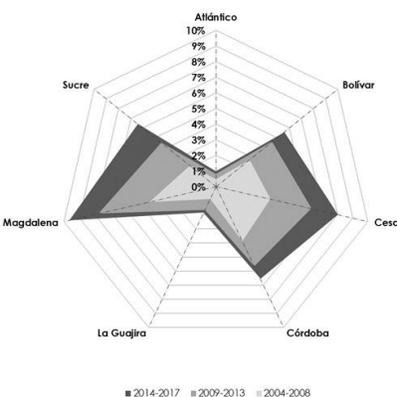


Figura 6. Gráfico de tasas acumuladas del incremento en la urbanización de la población por departamento en el Caribe colombiano (fuente: Elaboración propia).

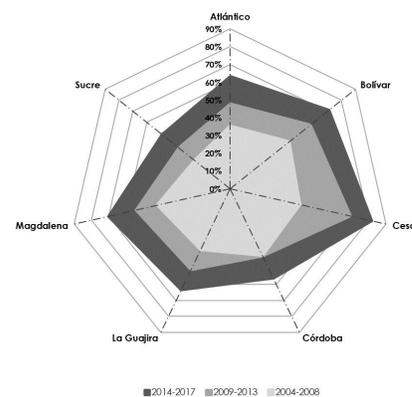


Figura 7. Gráfico de tasas acumuladas de crecimiento del consumo energético per cápita por departamento en el Caribe colombiano (fuente: Elaboración propia).

se han experimentado los crecimientos poblacionales más destacados en las décadas más recientes (tabla 2).

CONCLUSIONES.

La ciudad, como modelo de ocupación y estrategia adaptativa, permite canalizar los flujos de energía y materia en función de la sociedad, para que esta sintetice los ecosistemas artificiales con metabolismos análogos a los que se dan en la naturaleza, pero con desempeños menos eficientes, puesto que alteran los ciclos biogeoquímicos y generan impactos evidentes en la polución de los recursos aire, suelo, agua, y en los desequilibrios de fauna y flora.

Esta realidad del modelo desarrollista (de carácter expansionista) mantiene la depredación del territorio, a pesar del sonoro discurso ambientalista, y es más dramático en el panorama urbano latinoamericano y, por ende en Colombia, donde el sistema de ciudades ejerce una carga metabólica creciente sobre los

ecosistemas de manera negativa, puesto que se mantiene y agudiza la dependencia de los combustibles fósiles como fuente primaria de energía.

También se destaca la concordancia evidente entre la agudización del fenómeno de urbanización que se ha manifestado en los departamentos del Caribe colombiano, representado en fuertes procesos de migración interna del campo a las ciudades capitales y los sustanciales incrementos del gasto energético que se han registrado en las últimas décadas en la región. Por ello, se afirma que en una sociedad el gasto energético depende más del modelo con el que se ocupe el territorio que del aumento de su población, de modo que ambientes altamente urbanizados son más demandantes de recursos que aquellos más rurales o menos intervenidos por acción antrópica, aun cuando las cifras poblacionales en sendos ámbitos puedan llegar a ser relativamente similares. Esto permite reevaluar conceptos de ciudad

DEPART.	CRECIMIENTO POBLACIONAL				CRECIMIENTO DE LA TASA DE URBANIZACIÓN				INCREMENTO DEL CONSUMO ENERGÉTICO			
	2004 a 2008	2009 a 2013	2014 a 2017	̄	2004 a 2008	2009 a 2013	2014 a 2017	̄	2004 a 2008	2009 a 2013	2014 a 2017	̄
Atlántico	6,88	6,39	4,70	1,28	0,48	0,32	0,18	0,07	35,23	12,60	15,44	4,52
Bolívar	4,93	5,63	4,68	1,09	2,76	1,85	0,99	0,40	42,31	15,43	13,51	5,09
Cesar	6,86	6,50	4,83	1,30	3,59	2,69	1,76	0,57	40,36	29,34	11,96	5,83
Córdoba	7,50	7,74	6,16	1,53	3,86	1,78	0,91	0,47	41,91	0,27	14,05	4,02
La Guajira	20,20	16,99	11,73	3,49	0,87	0,79	0,20	0,13	38,12	12,78	12,58	4,53
Magdalena	4,27	4,61	3,98	0,92	4,39	3,35	1,92	0,69	41,91	12,52	15,75	5,01
Sucre	4,91	4,94	3,95	0,99	2,13	2,36	1,93	0,46	25,63	11,41	11,87	3,49

Tabla 2. Tabla de resumen de las tasas acumuladas de variación de la población, la urbanización y el consumo energético por departamento, por períodos (fuente: Elaboración propia).

compacta y pensar en reemplazarlos por modelos urbanos dispersos menos demandantes de energía. Por lo tanto, si el paradigma de la concentración urbana o ciudad compacta utilizado hasta ahora es igualmente dañino para el ambiente, es importante cambiar el modelo incremental de consumo energético por medidas radicales de menos demanda. Entonces, la expansión o la concentración urbana se presentan sobre el territorio inmediato que posea riqueza ambiental, esto es, destrucción de cuerpos de agua,

ciénagas, manglares, residuos de bosque seco tropical y zonas agrícolas, sin mediar protección alguna e imponiendo demandas energéticas propias de los procesos industriales, de construcción de vivienda y sus servicios. De esta forma, es apremiante dirigir procesos investigativos al ordenamiento territorial, evaluando los patrones de ocupación del territorio, fenómenos migratorios, cuantificación del crecimiento de la mancha urbana sobre suelo nuevo,

valoración de la densificación de los nuevos desarrollos inmobiliarios, y estadísticas de consumo energético por sectores. De mismo modo, es relevante la parametrización en la generación de polución atmosférica y residuos sólidos con potencial de producción de energía a partir de procesos de reciclaje; y las variaciones en la matriz productiva, para proponer otros modelos menos agresivos con las dinámicas ecosistémicas y mejorar el metabolismo urbano en el componente energético. ■■■

REFERENCIAS

- Arango, M. y Arroyave, S., 2016. "Análisis de combustibles fósiles en el mercado de generación de energía eléctrica en Colombia: Un contraste entre modelos de volatilidad." *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 22: 190-215.
- Banco Mundial, 2018. *Indicadores*. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2018. *Banco de Datos: Distribución espacial de la población y urbanización en América Latina y el Caribe*. CELADE - Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía. Disponible en: <https://celade.cepal.org/bdcelade/depualc/>
- Cordero, P. y Verdugo, L., 2006. *Apuntes de bioquímica humana. Metabolismo intermedio*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Cruz, B., 2014. "Las relaciones entre sociedad, espacio y medio ambiente en las distintas conceptualizaciones de la ciudad." *Estudios demográficos y urbanos*, 29, (85): 183-205.
- Fernández, R., 2000. *Gestión ambiental de ciudades. Teoría crítica y aportes metodológicos*. México, D.F.: PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).
- Flombaum, P. y Sala, O., 2011. "Efectos de la biodiversidad sobre el funcionamiento de los ecosistemas." En Simmonetti, J. y Dirzo, R. (Eds.), *Conservación biológica. Perspectivas desde América Latina*. Santiago de Chile: Editorial Universidad de Chile, 49-62.
- Folch, R., 2011. "La ciudad: artificio climático." *Convención 'El Cambio Climático y el Medio Urbano'*. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, Sevilla, Andalucía, 20 de octubre de 2011.
- Hommes, L. y Boelens, R., 2017. "Urbanizing rural waters: Rural-urban water transfers and the reconfiguration of hydrosocial territories in Lima." *Political Geography*, 57: 71-80.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2014. *Proyecciones de población 2002-2020 (actualización 2014) - Comunidades: Población por sexo y edad simple*. Base de Datos. Disponible en: <https://www.inec/estadisticas/demograficas-y-vitales>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía México (INEGI), 2018. *Dinámica Distrito Federal*. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/dinamica.aspx?tema=me&e=09>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática Perú (INEI), 2018. *Población 2000 al 2015*. Disponible en: <https://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>
- Idaño, M., 2018. "La energía eólica se abre camino y ya es la segunda fuente de electricidad de Europa." *Clarín Mundo*. Disponible en: https://www.clarin.com/mundo/energia-eolica-abre-camino-segunda-fuente-electricidad-europa_0_r16mAcEv7.html
- Joyce, A., 2009. "Theorizing urbanism in ancient mesoamerica." *Ancient Mesoamerica*, 20, (2): 189-196.
- Krieger, P., 2005. "Kenzo Tange (1913-2005). Metabolismo y metamorfosis." *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, 27, (87): 227-241.
- Landriscini, S. y Domeett, G., 2018. "Ciclo de auge y retracción en tiempos del shale. El caso de la Cuenca Hidrocarburífera Neuquina." En Moroni, M., Funkner, M., Ledesma, L., Morales, E. y Bacha, H., (Eds.) *Reconfiguraciones territoriales e identitarias. Miradas de la Historia argentina desde la Patagonia*. Santa Rosa, La Pampa: Universidad Nacional de La Pampa, 197-235.
- Niza, S., Rosado, L. y Ferrão, P., 2009. "Urban Metabolism. Methodological advances in urban material flow accounting based on the Lisbon case study." *Journal of Industrial Ecology*, 13, (3): 384-405.
- Odum, H., 1980. *Ambiente, energía y sociedad*. Barcelona: Editorial Blume.
- Rausch, G., 2013. "Dos visiones sobre la planificación regional en el final del auge desarrollista: Las propuestas de orientación del crecimiento urbano (Santa Fe, Argentina, 1980)." *Estudios socioterritoriales. Revista Geografía*, 14: 133-158.
- Reed, S., 2018. *From oil to solar: Saudi Arabia*. *The New York Times*. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2018/02/05/business/energy-environment/saudi-arabia-solar-renewables.html>
- Suárez, A., 2013. "Las megaurbes latinoamericanas. Dinámicas sociodemográficas desde la perspectiva del "Derecho a la ciudad"." *Mirada: Investigación en Ciencias Sociales*, 5, (9): 89-109.
- Toledo, V., 2013. "El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica." *Relaciones*, 136: 41-71.
- Toledo, V. y González de Molina, M., 2007. "El metabolismo social: Las relaciones entre la sociedad y la naturaleza." En Garrido, F., Serrano, J., Solana, J. y González de Molina, M. (Eds.), *El paradigma ecológico en las ciencias sociales*. Barcelona: Icaria editorial, 85-112.
- Unidad de Planeación Minero Energética Colombia (UPME), 2018. *Indicadores de Balance Energético Colombiano*. Disponible en: <http://www.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/PETROLEO.aspx>
- Zhang, Y., 2013. "Urban metabolism: A review of research methodologies." *Environmental Pollution*, 178: 463-473.
- Zhang, Y., Zheng, H., Fath, B., Liu, H., Yang, Z., Liu, Y. y Su, M., 2014. "Ecological network analysis of an urban metabolic system based on input-output tables: Model development and case study for Beijing." *Science of the Total Environment*, 468-469: 642-653.