

Repensar las redes de infraestructura como mecanismo para abordar las crisis metabólicas urbanas, desigualdad social y pobreza.

Rethinking infrastructure networks as a mechanism to address urban metabolic crises, social inequality and poverty.

Luis Enrique Ortega Salinas¹

RESUMEN

Hoy, cuando las tecnologías convencionales de provisión de servicios esenciales, basados en soluciones monopólicas y centralizadas, evidencian su asociación con procesos de degradación del ambiente, depredación de los recursos naturales, pobreza y exclusión social, aparece una ventana de oportunidad para repensar los marcos a través de los cuales se deben analizar las tecnologías que sustentan las ciudades, invitándonos a revisar el imaginario del “ideal tecnológico de infraestructura moderna” y reevaluar configuraciones socio técnicas alternativas de provisión de esos servicios. A nivel global, la escala de los problemas sociales y ambientales supera las actuales capacidades de respuesta gubernamental. El alcance estructural parece mostrar la ineficacia de los mecanismos tecnológicos convencionales para resolver estos problemas.

Para hacer frente a este escenario resultan prioritarios mecanismos de adaptación a las nuevas problemáticas urbanas, al igual que los organismos vivos se adaptan y evolucionan para ajustarse de mejor manera al entorno, es necesario buscar los mecanismos de adaptación tecnológica y social que permitan gestionar eficiente y equitativamente los recursos disponibles. La vivienda constituye el principal componente construido de las ciudades, por ello un mecanismo de intervención de rápida ejecución y gran impacto es realizar modificaciones tecnológicas en la vivienda que determinen cambios substanciales en su configuración y funcionamiento, a fin de conseguir la integración armónica de las ciudades con el entorno natural y al mismo tiempo se garantice un hábitat humano digno, seguro y sobre todo equitativo.

Palabras clave: Infraestructura, metabolismo urbano, servicios esenciales, recursos.

ABSTRACT

Today, when conventional technologies for the provision of essential services, based on monopolistic and centralized solutions, show their association with processes of environmental degradation, depredation of natural resources, poverty and social exclusion, a window of opportunity appears to rethink the frameworks through which the technologies that support cities should be analyzed, inviting us to review the imaginary of the "technological ideal of modern infrastructure" and re-evaluate alternative socio-technical configurations for the provision of these services. Globally, the scale of social and environmental problems exceeds current government response capacities. The structural scope seems to show the ineffectiveness of conventional technological mechanisms to solve these problems.

To deal with this scenario, adaptation mechanisms to new urban problems are a priority, just as living organisms adapt and evolve to better adjust to the environment, it is necessary to seek technological and social adaptation mechanisms that allow efficient and equitably available resources. Housing constitutes the main built component of cities, therefore an intervention mechanism of rapid execution and great impact is to make technological modifications in housing that determine substantial changes in its configuration and operation, in order to achieve the harmonious integration of ties with the natural environment and at the same time a decent, safe and above all equitable human habitat is guaranteed.

Keywords: Infrastructure, urban metabolism, essential services, resources.

¹ Arquitecto. Laboratorio de arquitectura I +D. Loja – Ecuador.
Correo: ortega.luis1305@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Existe una creciente base de evidencia que demuestra que las ciudades son responsables de la erosión acelerada de los recursos naturales y los impactos exacerbados de las emisiones atmosféricas en el cambio climático sugieren la necesidad de estrategias de mitigación del uso de recursos más sistémicas a escala urbana (Tobergte & Curtis, 2016; ONU, 2018). Sin embargo, los mecanismos de funcionamiento de las ciudades implican alto consumo de energía y masiva generación de desechos (metabolismo urbano lineal) por lo que la tasa de uso de recursos sigue aumentando, a niveles sin precedentes (ONU, 2018), superando la capacidad biológica global y causando efectos devastadores en los sistemas ambientales (Schandl *et al.* 2018).

Por otro lado, la ciudad también se constituye en un espacio que excluye, segmenta, segrega a los que menos tienen y es generador de profundas desigualdades. (Ziccardi, 2019; Davis & Amoroto 2007). América Latina y el Caribe una de las regiones más urbanizadas del mundo, con alrededor del 80% de su población residiendo en ciudades es también la región con mayor desigualdad (Abramo, 2016; Busso & Messina, 2020), alrededor de 110 millones de personas habitan en zonas urbanas en condiciones precarias de hacinamiento, pobreza y exclusión social (Abramo, 2016).

El significativo crecimiento de las ciudades en los países del Sur global va acompañado del aumento de la pobreza, un creciente aumento del desempleo, inseguridad alimentaria y malnutrición (Orsini, Kahane, Nono-Womdim, & Gianquinto, 2013). El escenario más extremo y trágico de esto lo constituyen los cinturones de pobreza o áreas hiperdegradadas en las periferias de las grandes urbes (Davis & Amoroto 2007); si bien en países del Norte Global la población en áreas degradadas representa solamente el 6% de la población urbana total, en los países del Sur la cifra se dispara hasta el 78,2% lo que representa un tercio de la población mundial (Davis & Amoroto 2007).

Las ciudades actuales enfrentan desafíos sin precedentes, abordar estas problemáticas requerirá profundas transformaciones en las tecnologías que sustentan la vida cotidiana, como las que aseguran la provisión de energía, agua, saneamiento y alimentos (Coutard & Florentin, 2022). Pues, existe abundante evidencia que múltiples de los problemas ambientales y sociales que atravesamos están estrechamente asociados con las tecnologías que sustentan a las ciudades (Coutard & Florentin, 2022; Fazey *et al.*, 2018; Thomas, 2013; Akubue, 2000).

Esto nos lleva a repensar los marcos a través de los cuales se deben analizar las infraestructuras urbanas y la provisión de servicios esenciales, invitándonos a revisar el imaginario del “ideal tecnológico de infraestructura moderna” y reevaluar configuraciones socio técnicas alternativas de provisión de esos servicios (Coutard & Florentin, 2022).

Tecnologías hegemónicas de redes de infraestructura y su papel en la (re)producción de desigualdades sociales y problemas ambientales.

Las tecnologías ejercen influencia sobre cómo se producen y distribuyen los recursos, bienes y servicios, sobre quiénes tienen acceso a ellos y quienes no; generan o resuelven problemas sociales y ambientales (Thomas, 2013). La resolución de las problemáticas de la pobreza, la exclusión y el subdesarrollo no puede ser analizada sin tener en cuenta la dimensión tecnológica: producción de alimentos, vivienda, transporte, energía, acceso a conocimientos, recursos y bienes culturales, son mediados por la tecnología (Thomas, 2013). Sin embargo, la reflexión sobre la relación tecnología, pobreza y exclusión ha sido escasamente abordada, ni se ha cuestionado adecuadamente la eficiencia o el impacto a la naturaleza que las tecnologías implementadas traen consigo (Thomas, 2013).

De acuerdo con esta perspectiva, consideramos que el abordaje de las problemáticas ambientales y sociales de las ciudades desde el análisis de la dimensión tecnológica de la prestación de servicios permitirá comprender mejor las crisis metabólicas urbanas y paralelamente las condiciones de pobreza y exclusión que atraviesan nuestras sociedades predominantemente urbanas (Thomas, 2013; Coutard & Florentin, 2022).

2. TECNOLOGÍAS HEGEMÓNICAS DE REDES DE INFRAESTRUCTURA Y SU PAPEL EN LA REPRODUCCIÓN DE DESIGUALDADES SOCIALES Y PROBLEMAS AMBIENTALES

Las tecnologías de redes de infraestructura han sido fundamentales para el desarrollo urbano y el cambio en todo el mundo durante los últimos ciento cincuenta años (Graham & Marvin 2001). El llamado “ideal de infraestructura moderna” de infraestructuras ubicuas espacial y socialmente gobernadas centralmente que brindan servicios exclusivos y homogéneos en áreas extensas ha sido el estándar de referencia para la provisión de servicios básicos esenciales, como el suministro de agua, sistemas de saneamiento y energía (Coutard & Rutherford, 2015).

De ello deriva que en la actualidad el enfoque central de las intervenciones de políticas urbanas orientadas al Sur global (por ejemplo, los ODS), muchas veces impuestas por organismos internacionales (ONU, Banco Mundial), plantean la ampliación de los servicios en red a todos los habitantes urbanos (Amin, 2014). Esto se basa en la suposición de la superioridad tecnológica de estas alternativas y los beneficios que estas traen, asumiéndose también que los modos heterogéneos y/o “alternativos” de acceder a los servicios son un problema temporal que se erradicará con la expansión de las redes de infraestructura (Lemanski, 2021; Graham & Marvin 2001).

Sin embargo, el ideal de la ciudad en red con sus modelos hegemónicos de infraestructura nunca se ajustado a las realidades urbanas del Sur Global (Coutard & Rutherford, 2015). En las ciudades del Sur Global la rápida urbanización en condiciones de pobreza aunado a gobiernos locales con recursos institucionales, financieros y humanos limitados, dificulta la implementación de costosas infraestructuras, particularmente para la población en áreas populares, por lo que para acceder a esta “infraestructura ideal” muchas veces se tiene que recurrir a la “ayuda” financiera internacional; Y pese a ello, dada la configuración de esta tecnología se beneficia únicamente a ciertos grupos poblacionales, excluyendo a otros (Caprotti et al, 2022; Lemanski & Massey, 2022). Y si a esto sumamos las presiones internacionales para mercantilizar la provisión de servicios de agua y saneamiento, difícilmente las ciudades del Sur global pueden regular y proporcionar una infraestructura equitativa (Coutard & Rutherford, 2015).

El resultado ha sido la creación de una estructura urbana segregada, creándose auténticos nodos de modernidad y riqueza a expensas o descuido de la periferia que involucra al segmento más poblado de la economía (Akubue, 2000); estas inequidades en el acceso y calidad de los bienes y servicios urbanos, a raíz de esta exclusión espacial, provocan una amplificación de las desigualdades estructurales (Ziccardi, 2019).

Desde un enfoque social, con el uso de estas tecnologías centralizadas las personas asumen el rol de “consumidores pasivos” (Moretto et al, 2018), generándose sociedades derrochadoras de recursos, con un alto grado de dependencia a estos sistemas tecnológicos, y por lo tanto sumamente vulnerables ante factores altamente desestabilizadores como las crisis sanitarias, energéticas, el cambio climático o ante las consecuencias territoriales y urbanas de las crisis socioeconómicas (Broto, 2022). Las ciudades existentes en la actualidad pueden compararse con niños, en el sentido de que están servidas totalmente desde el exterior, y el control de las funciones depende de la voluntad de muy pocas personas; Si surgen problemas con la distribución de agua, energía eléctrica, o el abastecimiento de productos alimenticios, gran parte de la población queda totalmente vulnerable incapaz de ayudarse a sí misma (Rogers, 2001).

Por otro lado, si se considera los impactos ambientales o la eficiencia energética que estas tecnologías traen consigo nos encontramos frente a otros múltiples problemas, derivados principalmente del metabolismo lineal que estas tecnologías presentan (Rogers, 2001; Broto, 2022). Algunas como el alcantarillado, se originaron siglos atrás cuando no se vislumbraba la magnitud que tendrían las ciudades y se consideraba los recursos naturales ilimitados y que la naturaleza podía absorber los impactos generados por la actividad humana. En virtud de esto, para mantener las sociedades y las economías dentro de los límites planetarios se requiere una transformación de la infraestructura (Fazey et al., 2018). Sin embargo, las propuestas radicales para repensar la infraestructura son pocas y distantes entre sí (Broto, 2022).

En el Norte global, donde se cumplió en gran medida el “ideal de infraestructura moderna” de cobertura universal y uniforme (Graham y Marvin 2001), las crecientes presiones sobre el medio ambiente y la capacidad de los servicios públicos han alentado la adopción de configuraciones alternativas de infraestructura (Coutard, & Florentin, 2022). Por ello, las agendas de políticas del norte global paradójicamente incentivan cada vez más a las empresas privadas y a los individuos a hacer la transición hacia infraestructuras híbridas o sistemas fuera de la red (Lemanski, 2021). Resultan sumamente cuestionable la imposición de estándares y agendas globales en las ciudades del Sur global, en las áreas urbanas más pobres en particular, que continúan dando prioridad a la expansión y mejora de la red (aunque con una mayor dependencia de las fuentes renovables), en lugar del reemplazo de la red y /o la complementación, como estrategia principal para el desarrollo de la infraestructura urbana (Lemanski, 2021).

3. OTRA INFRAESTRUCTURA URBANA ES POSIBLE

Después de décadas de dominación indiscutible, los modelos convencionales de provisión de servicios esenciales, basados en soluciones monopólicas y centralizadas, están siendo cada vez más cuestionados por las soluciones in situ descentralizadas y/o “apropiadas”, (Lemanski, 2021; Moretto et al, 2018; Coutard & Rutherford, 2015). Sin embargo, a pesar de las críticas de los académicos, este “ideal de infraestructura moderna” sigue manteniendo su hegemonía en todo el mundo, constituyéndose en tecnologías invariables en las viviendas y ciudades, buscándose (re)producir paisajes modernos, sanitarios y ordenados (Graham & Marvin, 2001). Esta visión lineal, determinista e ingenua de la tecnología permanece en la visión ideológica de muchos actores clave: políticos, planificadores, tecnólogos, científicos, arquitectos e ingenieros (Thomas, 2013; Graham & Marvin, 2001). No obstante, paulatinamente están germinando y dándose paso otras múltiples tecnologías que evidencian una mejor adaptación a los requerimientos actuales y a los particulares de cada territorio.

Se debe considerar que lejos de un sendero único de progreso, existen diferentes vías de desarrollo tecnológico, diversas alternativas tecnológicas, distintas maneras de caracterizar un problema y de resolverlo (Thomas, 2013). No se trata de tomar una posición en contra de las tecnologías dominantes, sino de ampliar la oferta tecnológica a fin que exista una colección heterogénea de opciones sociales y técnicas en lugar de un fenómeno homogéneo, a partir de esta colección, se hacen las mejores elecciones en función de los recursos disponibles, objetivos a lograr y los posibles impactos sociales y ambientales (Akubue, 2000).

Las tecnologías no son inocuas pueden servir para generar dependencia o autosuficiencia, pueden generar daños ambientales o solucionarlos (Thomas, 2013), por tanto, para evaluar la idoneidad de una tecnología esto no se limita solo al análisis de costos, creación de empleo, uso de recursos locales o la utilización de recursos energéticos renovables, sino que también se trata de que sea asequible, fácil de mantener, compatible con la infraestructura existente, eficiente en el uso de recursos naturales escasos, ambientalmente benigna, equitativa y a pequeña escala (Akubue, 2000).

4. LA VIVIENDA AUTOSUFICIENTE COMO UN MECANISMO PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LAS CIUDADES

En las ciudades la demanda de alimentos, saneamiento, agua potable, y energía seguirá aumentando con el aumento de la población mundial (Musazura, & Odindo, 2022), particularmente en los países en desarrollo en donde se espera el mayor crecimiento poblacional (ONU, 2018).

Para hacer frente a este escenario resultan prioritarios mecanismos de adaptación a las nuevas problemáticas urbanas, al igual que los organismos vivos se adaptan y evolucionan para ajustarse de mejor manera al entorno, es necesario buscar los mecanismos de adaptación tecnológica y social que permitan gestionar eficiente y equitativamente los

recursos disponibles. La vivienda constituye el principal componente construido de todas las ciudades, por ello un mecanismo de intervención de gran impacto es realizar modificaciones tecnológicas en la vivienda a fin de configurarla como un “organismo vivo”, que interactúa con su entorno, que toma recursos de él, emite y gestiona materia e información; y en su funcionamiento global apunta a ser autosuficiente (Rogers, 2001).

Las tecnologías a implementarse en la vivienda deben ser conocimiento intensivas, para responder al desafío de sustituir con ventaja las alternativas tecnológicas convencionales (Akubue, 2000). No se trata simplemente de reiterar el viejo error de las estrategias de intervención puntual, es decir desarrollar alternativas tecnológicas únicamente dirigidas sólo a paliar la situación de grupos desfavorecidos, desarrollar “nuevas tecnologías para los pobres” (Thomas, 2013).

5. TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS A NIVEL DE VIVIENDA

Existe una relación directa entre gestión de los desechos, fertilidad del suelo y seguridad alimentaria, sin embargo, esto pocas veces es adecuadamente enfocado. En la actualidad los alimentos, se producen con un gran aporte de energía y recursos. Los nutrientes son sustraídos de los suelos y estos son reemplazados a menudo con fertilizantes artificiales que se producen con un alto aporte de energía. Por otro lado, los desechos orgánicos producidos en las ciudades por lo general se desechan sin aprovechamiento alguno.

De ello deriva que los actuales sistemas alimentarios contribuyan a la desnutrición, el agotamiento de los recursos, el desperdicio de alimentos, la contaminación, la concentración de poder y la generación de desigualdades (Brunori, Branca, Cembalo, D’Haese & Dries, 2020). Desde el punto de vista ambiental el sistema agroalimentario ya es el mayor contribuyente a la transgresión antropogénica de varios de los límites planetarios, incluido el límite de los flujos biogeoquímicos de nitrógeno y fósforo (Steffen et al., 2015). Para reducir el impacto ambiental de la agricultura y mantener los sistemas terrestres dentro de su espacio operativo seguro, es esencial que mejoremos tanto la eficiencia del uso de nutrientes durante el cultivo como la circularidad general de nutrientes en el sistema alimentario (Elser y Bennett, 2011).

La integración de los sistemas de manejo de desechos y saneamiento in situ con los sistemas alimentarios locales mediante la recuperación de nutrientes y materiales de los desechos orgánicos y la reutilización en la agricultura urbana y periurbana puede promover una economía circular sostenible, que podría mejorar los medios de vida y minimizar la contaminación ambiental. Como resultado, los sistemas de saneamiento y manejo de desechos con tratamiento in situ han ganado popularidad y se configuran como una opción altamente viable (Musazura, & Odindo, 2022), desarrollándose diferentes tecnologías capaces de valorar los desechos convirtiéndolos en valiosos fertilizantes, entre las tecnologías más destacadas enumeramos las siguientes:

Tabla 1
Tecnologías alternativas saneamiento

Tecnologías	Descripción
Baños secos	Permite el aprovechamiento de nutrientes para la producción de alimentos. Evita la contaminación de agua. Evita proliferación de patógenos.
Baños composteros	
Arbor Loo / Fosa alterna	
Saneamiento “Terra Preta”	
Biodigestor	Permite el aprovechamiento de nutrientes para la producción de alimentos. Reduce el consumo de agua. Brinda un pretratamiento domiciliario al agua. Evita proliferación de patógenos.
Fosa de evo-traspiración	
Baño con Vermifiltro	

Tabla 2*Tecnologías para la gestión del agua a nivel de vivienda.*

Tecnologías	Descripción
Bokashi	Permite el aprovechamiento de nutrientes para la producción de alimentos.
Vermicompostaje	
Compostaje	Evita malos olores y proliferación de vectores.
Takakura	

6. TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA A NIVEL DE VIVIENDA

La rápida urbanización plantea graves desafíos para la gestión del agua en las ciudades en crecimiento. Convencionalmente, la forma adecuada de resolver los problemas ha sido ampliar la capacidad de las infraestructuras centralizadas existentes. Sin embargo, este mecanismo incremental de resolver el problema, esta encontrado su fin frente a la creciente escases de agua, las exigencias de eficiencia del uso de los recursos, la necesidad de protección del medio ambiente y las demandas insatisfechas en distintos sectores poblacionales respecto a la falta de cobertura o una calidad deficiente (Luthy, Sharvelle, & Dillon, 2019). Ello está dando un fuerte impulso a formas alternativas de producir servicios y resolver problemas.

En lo que respecta al abastecimiento de agua, la recolección de agua de lluvia representa una de las alternativas más atractivas para asegurar un suministro sostenible de agua tanto en áreas urbanas como rurales (Boehm et al, 2020). Es una solución renovable, basada en ciclos naturales, con un alto potencial para resolver en parte los problemas de falta de acceso, equidad y para lograr la sostenibilidad, sin requerir reformas regulatorias o administrativas (Rovira, Sánchez, & Rovira, 2020). Además de ello su implementación se puede realizar a distintas escalas, con materiales y mano de obra local y con tecnologías de bajo costo.

En cuanto a la potabilización, existe abundante evidencia que los tratamientos de agua a nivel doméstico son un medio eficaz de proporcionar agua potable suficiente para las necesidades de consumo familiar (Simonis & Basson, 2013).

Existen varias tecnologías de potabilización, algunas son más adecuadas para algunos contextos y condiciones del agua que otras, entre estas tecnologías tenemos: desinfección solar (SODIS), coagulación, hervir el agua, filtros de bioarena y filtros cerámicos de agua.

Las principales ventajas de las tecnologías de purificación de agua en el punto de consumo es su facilidad de uso y su accesibilidad, debido a que son tecnologías económicas y simples; preferiblemente emplean material y mano de obra local. Estas tecnologías son clave para mejorar rápidamente la accesibilidad al agua potable en distintas regiones urbanas y rurales del mundo.

Finalmente, en lo que, respecto al tratamiento de agua, contrariamente al dogma típico, las aguas residuales se consideran ahora una fuente valiosa para recuperar recursos. Las tecnologías alternativas de tratamiento de agua articulan mecanismo físicos y biológicos de tratamiento, evidenciando ser económicos, compactos y sumamente eficientes (Samal, Dash, & Bhunia 2018; Majumder & Das, 2022).

Tabla 3

Tecnologías alternativas gestión del agua

Tecnologías	Descripción
Captación de agua lluvia	Aprovechamiento del agua lluvia disminuir las demandas de agua de la vivienda
Biofiltros con macrofitos/ Humedales construidos	Sistemas de tratamiento de aguas residuales a fin de recuperar recursos y reutilizar aguas pretratadas
Vermifiltros	
Filtros de arena, carbón, materiales cerámicos	
Sistemas anaeróbicos	
Filtro cerámico	Sistemas de potabilización en el punto de consumo.
Filtro lento de arena	
Potabilización solar - SODIS.	

7. TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DE ENERGÍA A NIVEL DE VIVIENDA

Tanto el sector de servicios de energía como el de los residuos se han configurado tradicionalmente de formas bastante rígidas y conservadoras. Por ejemplo, durante el último siglo, el sector energético se ha basado principalmente en estructuras centralizadas formadas por centrales eléctricas a gran escala y extensas redes de distribución, la lógica ha sido que la sociedad consume energía de una manera específica, y esta demanda ha de ser satisfecha de la forma más rentable posible (Heino & Takala, 2020).

Sin embargo, el desarrollo de sistemas de producción de energía descentralizados, principalmente basados en energía solar, han permitido que los productores de energía a microescala ingresen y modifiquen los mercados energéticos (Heino & Takala, 2020). En pocos años, la energía fotovoltaica ha pasado de ser una tecnología de élite a una accesible para más hogares con menores ingresos. El precio de los paneles solares se ha reducido en un factor de 200 durante los últimos 40 años, lo que corresponde a una reducción de la mitad del precio cada 5 años (Watkins, et al., 2017). A medida que el costo de los paneles solares fotovoltaicos continúa disminuyendo, la energía eléctrica solar será cada vez más competitiva en costos.

Por otro lado, existe una lenta pero paulatina evolución de una variedad de tecnologías como los gasificadores de biomasa, los enfriadores por evaporación y una amplia cantidad de tecnologías que aprovechan la radiación solar, como son los colectores, secadores y cocinas y hornos solares. Estos dispositivos de bajo costo pueden reducir significativamente el consumo energético para determinadas actividades o posibilita alternativas tecnológicas con recursos renovables para las poblaciones excluidas de las redes de energía convencionales.

Tabla 4

Tecnologías alternativas gestión de la energía

Tecnologías	Descripción
Cocinas, hornos, colectores, deshidratadores solares	Permite el aprovechamiento de energía solar para distintos usos: calentamiento de agua, cocción o deshidratación de alimentos.
Paneles fotovoltaicos	Permite el aprovechamiento de energía solar para generar energía eléctrica.
Gasificadores de biomasa	Permite el aprovechamiento de biomasa para generar calor para calefacción o cocción de alimentos.
Cocina sin fuego o cocina de retención de calor	Permite el aprovechamiento de calor almacenado para la cocción de alimentos

Tecnologías	Descripción
Refrigerador Pot in Pot.	Sistema de enfriamiento pasivo en la que un cuerpo se enfría por la evaporación del agua de su superficie.
Tecnologías pasivas: iluminación, calefacción, ventilación.	Mecanismos pasivos para aprovechar recursos disponibles para brindar confort y ahorrar energía.

8. CONCLUSIONES

Cada vez más se reconoce que el modelo de ciudad en red, que incluye una topología centralizada y una cobertura universal de redes de infraestructura, no solo no existe en muchas áreas urbanas del Sur global, sino que tampoco es factible ni deseable. Diversos estudios apuntan a los altos costos de construcción y mantenimiento de estas infraestructuras, sus deficiencias en cuanto al uso sostenible de los recursos, su alto grado de inflexibilidad para adaptarse a las condiciones urbanas que cambian rápidamente y la complejidad de operarlas profesionalmente. Muchos de estos estudios abogan por lo tanto por un cambio de paradigma que se aleje de este “ideal de infraestructura moderna”.

En lugar de costosas redes y plantas de alcantarillado centralizadas, por ejemplo, los defensores del saneamiento ecológico (EcoSan) promueven una solución descentralizada, de baja tecnología, bajo costo e in situ que se considera más apropiada para resolver la crisis sanitaria y la rápida urbanización en los países del Sur global. Existe así mismo un número significativo de tecnologías que buscan aprovechar los recursos disponibles (agua lluvia, radiación solar, residuos, etc.) que permitirían no solo disminuir los impactos ambientales sino también mejorar los medios de vida y las economías locales. Al tratarse de tecnologías compactas, modulares y descentralizadas se pueden integrar fácilmente en las viviendas de manera que esta adopte un metabolismo circular, minimizando con ello la dependencia a redes centralizadas o incluso sea independiente de las mismas (una vivienda autosuficiente).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramo, L. W. (Ed.). (2016). *The social inequality matrix in Latin America*. United Nations ECLAC.
- Akubue, A. (2000). *Appropriate technology for socioeconomic development in third world countries*.
- Amin, A. (2014). *Lively infrastructure*. *Theory, Culture & Society*, 31(7-8), 137-161.
- Arora, S., & Saraswat, S. (2021). *Vermifiltration as a natural, sustainable and green technology for environmental remediation: A new paradigm for wastewater treatment process*. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100061.
- Broto, V. C. (2022). *Splintering Urbanism and Climate Breakdown*. *Journal of Urban Technology*, 29(1), 87-93.
- Boehm, A. B., Bell, C. D., Fitzgerald, N. J., Gallo, E., Higgins, C. P., Hogue, T. S., ... & Wolfand, J. M. (2020). *Biochar-augmented biofilters to improve pollutant removal from stormwater—can they improve receiving water quality?*. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 6(6), 1520-1537.
- Busso, M., & Messina, J. (2020). *La crisis de la desigualdad: América Latina y el Caribe en la encrucijada*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-crisis-de-la-desigualdad-America-Latina-y-el-Caribe-en-la-encrucijada.pdf>.

- Brunori, G., Branca, G., Cembalo, L., D'Haese, M., & Dries, L. (2020). Agricultural and Food Economics: the challenge of sustainability. *Agricultural and Food Economics*.
- Caprotti, F., de Groot, J., Bobbins, K., Mathebula, N., Butler, C., Moorlach, M., ... & Finlay, K. (2022). Rethinking the offgrid city. *Urban Geography*, 1-14.
- Coutard, O., & Florentin, D. (2022). Resource Ecologies, Urban Metabolisms, and the Provision of Essential Services. *Journal of Urban Technology*, 29(1), 49-58.
- Coutard, O., & Rutherford, J. (Eds.). (2015). *Beyond the networked city: Infrastructure reconfigurations and urban change in the North and South*. Routledge.
- Davis, M. (2007). *Planeta de ciudades miseria*, tr. JM Amoroto, Madrid, Foca Ediciones.
- Elser, J., & Bennett, E. (2011). A broken biogeochemical cycle. *Nature*, 478(7367).
- Fazey, I., Schöpke, N., Caniglia, G., Patterson, J., Hultman, J., Van Mierlo, B., ... & Wyborn, C. (2018). Ten essentials for action-oriented and second order energy transitions, transformations and climate change research. *Energy Research & Social Science*, 40, 54-70.
- Heino, O., & Takala, A. (2020). Transformation of Urban Water Service Provision: Potential of Hybrid Systems. *Public Works Management & Policy*, 25(2), 151-166.
- Lemanski, C., & Massey, R. (2022). Is the grid people or product? Relational infrastructure networks in Cape Town's energy-housing nexus. *Urban Geography*, 1-25.
- Lemanski, C. (2021). Broadening the landscape of post-network cities: a call to research the off-grid infrastructure transitions of the non-poor. *Landscape Research*, 1-13.
- Luthy, R. G., Sharvelle, S., & Dillon, P. (2019). Urban stormwater to enhance water supply.
- Medeiros, D. L., Kiperstok, A. C., Nascimento, F. R. A., Cohim, E. H., & Kiperstok, A. (2021). Human urine management in resource-based sanitation: water-energy-nutrient nexus, energy demand and economic performance. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 988-998.
- Moretto, L., Faldi, G., Ranzato, M., Rosati, F. N., Ilito Boozi, J. P., & Teller, J. (2018). Challenges of water and sanitation service co-production in the global South. *Environment and Urbanization*, 30(2), 425-443.
- Musazura, W., & Odindo, A. O. (2022). Characterisation of selected human excreta-derived fertilisers for agricultural use: A scoping review. *Journal of Cleaner Production*, 130516.
- Rovira, C., Sánchez, M., & Rovira, M. D. (2020). Is Rain Water Harvesting a Solution for Water Access in Latin America and the Caribbean? An Economic Analysis for Underserved Households in El Salvador. *Nota Quality Management.*” *International Journal of Remote Sensing*, 34(21), 7534-7544.

- Simonis, J. J., & Basson, A. K. (2013). Manufacture of a low-cost ceramic microporous filter for the elimination of microorganisms causing common diseases. *Journal of water, sanitation and hygiene for development*, 3(1), 42-50.
- Schandl, H., Fischer-Kowalski, M., West, J., Giljum, S., Dittrich, M., Eisenmenger, N., ... & Fishman, T. (2018). Global material flows and resource productivity: forty years of evidence. *Journal of Industrial Ecology*, 22(4), 827-838.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *science*, 347(6223), 1259855.
- Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2016). Global Monitoring Report 2015/2016. Development Goals in an Era of Demographic Change. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- ONU (2018). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Online Edition.
- Watkins, T., Arroyo, P., Perry, R., Wang, R., Arriaga, O., Fleming, M., ... & Schwartz, P. (2017). Insulated solar electric cooking—tomorrow's healthy affordable stoves?. *Development engineering*, 2, 47-52.