

293
JULIO
2023

EL LADO OSCURO MEDIOAMBIENTAL DE LA DIGITALIZACIÓN: una perspectiva urbana

CIDOB
BARCELONA
CENTRE FOR
INTERNATIONAL
AFFAIRS
50
years

Ricardo Martínez, investigador sénior, Programa Ciudades Globales, CIDOB

Como principales centros de consumo en un mundo urbano, las ciudades generan una demanda cada vez mayor de servicios digitales de alta intensidad energética. Si los gobiernos de las ciudades quieren mantenerse fieles a sus ambiciosos objetivos de mitigación del cambio climático, estas deben desempeñar un papel fundamental a la hora de abordar los impactos medioambientales y las emisiones de carbono de la digitalización.

De hecho, los gobiernos municipales pueden actuar fomentando la circularidad de las ingentes cantidades de calor generadas por el creciente número de centros de datos en las ciudades y la «minería urbana» de los valiosos materiales contenidos en el cada vez mayor volumen de residuos electrónicos.

Según el Acuerdo de París y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el umbral de seguridad para evitar los peores efectos del cambio climático es limitar el calentamiento global a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales, alcanzando la neutralidad de carbono antes de 2050. Sin embargo, se prevé que la aplicación de las actuales promesas climáticas por parte de los gobiernos nacionales lleve al planeta a **un aumento de 2,5°C a finales de este siglo**. En este contexto, la necesidad de una transición ecológica integral de las sociedades está ganando terreno en el discurso público.

Dado que los combustibles fósiles representan más del **75% de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI)**, la llamada a la descarbonización es el punto de paso obligado para una transición ecológica. Así, la descarbonización de la energía, el transporte, los edificios, la industria y los usos del suelo está cada vez más asociada al aumento de oportunidades que brinda la innovación digital. Desde el fomento de la eficiencia energética y la adopción de energías renovables hasta la promoción de la carne cultivada en laboratorios, las transiciones ecológica y digital son procesos transformadores que se refuerzan mutuamente.

La creciente percepción de las transiciones ecológica y digital como dos caras de la misma moneda —también definidas como transiciones gemelas— ha llevado incluso a la Comisión Europea a adoptar este tema como eje de su Informe sobre prospectiva estratégica 2022 «**Hermanamiento de las transiciones digital y ecológica en el nuevo contexto geopolítico**». Con el telón de fondo de las implicaciones de la guerra de Rusia contra Ucrania, la Comisión Europea identifica una serie de ámbitos de actuación, que van desde la transición a las energías limpias hasta el impulso de la agricultura inteligente, en los que tecnologías críticas presentes y futuras desempeñarán un papel decisivo. De esta forma, su reflexión estratégica apuesta por la capacidad transformadora de las tecnologías digitales para contribuir a alcanzar la neutralidad climática y reducir la degradación medioambiental. La apuesta por la digitalización en la lucha contra el cambio climático por parte de una institución de tanto peso mundial como la Unión Europea (UE) es un ejemplo de un punto de vista social más amplio según el cual los actores de la alta tecnología son socios fundamentales en la transición ecológica, en marcado contraste con la industria de los combustibles fósiles y su **papel obstructor** en el proceso.

Sin embargo, si solo se considera la digitalización como un aliado fundamental en el camino hacia la neutralidad climática, se corre el riesgo de pasar por alto el hecho crucial de que los servicios y la infraestructura digitales también producen una huella de carbono significativa además de daños medioambientales propios. Y aunque las consecuencias medioambientales de la digitalización están adquiriendo cierta relevancia, la conciencia de la magnitud de este fenómeno y su expansión prevista en las próximas décadas no ha recibido el escrutinio que merece en las instituciones políticas.

En este contexto, el presente artículo quiere contribuir a esta llamada de atención desde un ángulo poco explorado: el impacto medioambiental de la digitalización desde una perspectiva urbana. La razón de ello es que, en un mundo cada vez más urbanizado, las ciudades generan una demanda creciente de servicios e infraestructuras digitales de alta intensidad energética. Los gobiernos de las ciudades tienen la responsabilidad

La digitalización no está tan desmaterializada como pomposamente se anuncia. Detrás de la transición digital en curso se esconden miles de millones de dispositivos electrónicos, centros de datos y servidores, así como los millones de kilómetros de cables que soportan las redes de conectividad a nivel global.

de hacer valer su legitimidad política, sus competencias legales y su experiencia sobre el terreno para hacer frente a este fenómeno creciente. Como actores políticos con un historial de ambiciosos objetivos de mitigación, las administraciones locales deben desempeñar un papel fundamental a la hora de abordar los impactos medioambientales y las emisiones de carbono de la digitalización. Sin embargo, en el mundo digital las cuestiones de escala son de suma importancia, ya que definen los límites y las oportunidades que encuentran los gobiernos municipales a la hora de abordar este fenómeno en expansión.

Aun siendo una contribución inicial a una cuestión (todavía) relativamente marginal, este artículo se propone tender un puente entre los fundamentos materiales generales de la digitalización y los ámbitos políticos en los que pueden actuar los gobiernos de las ciudades. Las tres primeras secciones se centran en el nivel general, ilustrando las sinergias y contradicciones de las transiciones ecológica y digital, la alta intensidad energética de la digitalización y sus tecnologías exponenciales, al tiempo que señalan que el impacto del creciente mundo digital va más allá de su cada vez mayor huella de car-

bono para abarcar consideraciones medioambientales de carácter más global. Las dos últimas secciones, que sitúan este análisis en el ámbito de la formulación de políticas urbanas, apuntan que los gobiernos municipales necesitan alianzas más amplias para hacer frente a la opacidad de los datos sobre las extensas cadenas de suministro digital que sortean sus jurisdicciones territoriales; asimismo, se insiste en que, mientras tanto, se puede aprovechar la circularidad del calor y de los residuos electrónicos asociados al creciente número de centros de datos y a la mayor generación de residuos de este tipo en las ciudades.

Digitalización y desmaterialización

Una noticia positiva en el contexto de la emergencia climática es que a partir de la década de 2010 (con la excepción del efecto rebote de la pandemia en 2021) el crecimiento en términos de producto interior bruto (PIB) mundial y el aumento de las emisiones de carbono se han desacoplado. Mientras que el primero ha crecido considerablemente, el segundo ha experimentado un aumento menor. Dado que el descenso de las emisiones siempre ha estado ligado a desaceleraciones económicas, este giro histórico apuntala la opinión según la cual la tecnología actúa como principal catalizador en la lucha contra el cambio climático.

El argumento es que, una vez tengamos la voluntad política y las inversiones económicas, como sociedad ya disponemos de los recursos tecnológicos necesarios para hacer frente adecuadamente a la emergencia climática en las próximas décadas. Desde esta perspectiva, la tecnología digital desempeña por sí sola un papel fundamental, ya que tiene el potencial de contribuir a reducir las emisiones mundiales de carbono **hasta en un 15%**. Al igual que ocurre con los chips que actualmente alimentan nuestros ordenadores, tecnologías exponenciales como la inteligencia artificial (IA), el internet de las cosas (IdC) y la tecnología 5G podrían allanar pronto el camino hacia la sostenibilidad en múltiples sectores de la economía gracias a la reducción de sus precios y a su crecimiento exponencial.

Sin embargo, lamentablemente, las tecnologías digitales no desempeñarán el papel innovador que esperamos, al menos no en su actual trayectoria insostenible. Aunque el aumento de la eficiencia energética ha sido clave en el proceso de desacoplamiento hasta la fecha, la absorción de energías limpias renovables y su expansión masiva en detrimento de los combustibles fósiles deberían ser

los elementos decisivos de la transición ecológica en los próximos años. No obstante, esta misión transformadora se ve amenazada por la creciente demanda de energía, impulsada también por el uso cada vez mayor de servicios e infraestructuras digitales de alto consumo energético.

Detrás de la transición digital en curso se esconden miles de millones de dispositivos electrónicos cotidianos —desde los muy populares *smartphones* y pantallas de ordenador hasta los relativamente más recientes relojes y altavoces Bluetooth—, centros de datos y servidores, así como los millones de kilómetros de cables que soportan las redes de conectividad a nivel global. La digitalización no está tan desmaterializada como pomposamente se describe. El sombrío corolario es que la huella de carbono digital aumenta anualmente un 8% (Itten *et al.*, 2020). Los componentes necesarios para mantener en funcionamiento los servicios e infraestructuras digitales no sólo consumen enormes cantidades de energía, sino que se prevé que su uso se dispare debido a la propia naturaleza de estas tecnologías exponenciales. Algunas cifras clave pueden ayudar a ilustrar la magnitud de este fenómeno.

Las tecnologías exponenciales y su huella de carbono

Desde 2010, el tráfico mundial en Internet se ha multiplicado **por 20**. Esto significa que hay **4.950 millones de usuarios de Internet** en todo el mundo, con un aumento de 192 millones de internautas entre 2021 y 2022. Es una cifra aún más notable si tenemos en cuenta que en ese mismo periodo la población mundial aumentó en 80 millones. Al representar el **7%** del uso total de electricidad a nivel mundial, si Internet se clasificara como país se situaría como el sexto mayor consumidor del mundo (Schwarzer & Peduzzi, 2021). Según las estimaciones, en 2019 el mundo digital produjo casi el **4%** de las emisiones mundiales de carbono, una cifra que ya supera las emisiones totales del tráfico aéreo civil en todo el mundo.

Como hemos mencionado antes, a este sombrío panorama hay que añadir el crecimiento ascendente y el consiguiente consumo de energía basada en carbono de las tecnologías exponenciales. A pesar de las importantes mejoras en términos de eficiencia energética, la demanda mundial de energía aumenta en parte como consecuencia de las últimas innovaciones. Paradójicamente, estas disrupciones tecnológicas también son bienvenidas, ya que se espera que desempeñen un papel catalizador en la transición ecológica. De ahí la compleja relación entre ambas transiciones.

La IA y el aprendizaje automático, por ejemplo, pueden mejorar nuestras capacidades de monitoreo y predicción, lo que daría lugar a procesos menos intensivos en recursos en ámbitos tan dispares como el análisis de datos en tiempo real en los sistemas de transporte, la toma de decisiones basada en evidencia para la adaptación al cambio climático o la producción agrícola. Sin embargo, el entrenamiento de un único modelo de IA, por ejemplo para el procesamiento del lenguaje natural (como ChatGPT), genera casi tantas emisiones de carbono como **cinco coches estadounidenses medios** a lo largo de toda su vida útil, incluido su proceso de fabricación. A medida que gigantes tecnológicos como Google y Microsoft se apresuran a proporcionar a sus millones de usuarios herramientas generativas basadas en IA, el consumo total de energía y la huella de carbono irán aumentando significativamente, sobre todo si tenemos en cuenta que los modelos de IA deben reentrenarse periódicamente para incorporar nuevos datos.

Asimismo, la *blockchain* es una tecnología de contabilidad distribuida que registra transacciones simultáneamente en múltiples lugares de forma descentralizada, mejorando la interacción, el rastreo y la autoorganización de datos entre actores y componentes. Como tal, es otro campo en el que se cruzan las transiciones ecológica y digital. Por ejemplo, puede ser fundamental para facilitar redes autoorganizadas que mejoren la seguridad y la transparencia de los sistemas energéticos, impulsar la

El lado oscuro del creciente mundo digital va más allá de la cada vez mayor huella de carbono y abarca consideraciones medioambientales más amplias. Aquí cabe mencionar tres: el agua, los minerales y los residuos.

economía circular mediante el seguimiento del ciclo de vida de los productos y servicios, así como alimentar sistemas basados en recompensas que incentiven a los ciudadanos a cambiar el transporte basado en combustibles fósiles por una movilidad neutra en carbono. Sin embargo, los cálculos informáticos subyacentes necesarios para verificar constantemente las transacciones pueden hacer de la *blockchain* una tecnología de alto consumo energético. Por ejemplo, el consumo de electricidad de Bitcoin, una criptomoneda basada en la *blockchain*, **supera el consumo total de países como Argentina, Países Bajos y Emiratos Árabes Unidos**.

Más allá del carbono: agua, minerales y residuos

El lado oscuro del creciente mundo digital va más allá de la cada vez mayor huella de carbono, al abar-

car consideraciones medioambientales más amplias¹. Aquí cabe mencionar tres: el agua, los minerales y los residuos. Los centros de datos, que son un componente clave de la infraestructura física que sustenta Internet, son altamente dependientes de recursos; representan el **1,5%** del consumo mundial de electricidad, pero también han mejorado recientemente su eficiencia energética, en consonancia con las pautas más generales esbozadas anteriormente. Sin embargo, gran parte de este ahorro de electricidad se ha conseguido sustituyendo el aire acondicionado por refrigeración por agua. Sólo en Estados Unidos, el **20%** de los centros de datos ya

En el mundo digital, las cuestiones de escala son de suma importancia, ya que sus amplias cadenas de suministro eluden las jurisdicciones territoriales de los gobiernos municipales.

dependen de cuencas hidrográficas que se encuentran bajo estrés. De cara al futuro, se prevé que en 2030 habrá en todo el mundo un desfase del **56%** entre la oferta y la demanda de agua. Ante el aumento de la demanda mundial de este bien común por parte de una población en expansión, la huella hídrica directa e indirecta de los centros de datos será cada vez más problemática en el contexto del cambio climático, lo que agravará en última instancia la escasez de agua, la competencia por los recursos y la inseguridad alimentaria.

En otros casos, la eficiencia energética de los dispositivos tecnológicos se consigue empleando componentes refinados que siguen teniendo impactos significativos a lo largo del ciclo de vida de los productos. Es el caso de los minerales en bruto, cuyos procesos de extracción y fabricación son tan contaminantes como difíciles de descarbonizar. Además, la localización de los yacimientos minerales y las dinámicas de extracción asociadas confieren una complejidad adicional al dominio de los recursos materiales necesarios para la digitalización. Por ejemplo, más del **70%** del cobalto del mundo, una materia prima clave para las baterías de los móviles y los vehículos eléctricos, se produce en la República Democrática del Congo (RDC) y se ha asociado repetidamente a episodios de daños medioambientales, violaciones de derechos humanos y conflictos armados. Por otro lado, el hecho de que China suministre el **80%** de los elementos de tierras raras del mundo, fundamentales en productos de alta tecnología tan diversos como pantallas LCD/LDE, turbinas eólicas y armamento militar, tiene implicaciones estratégicas dentro de las actuales tensiones geopolíticas.

Una perspectiva del ciclo de vida de los productos de uso cotidiano nos lleva a una tercera dimensión de los impactos ambientales de la digitalización. El fuerte aumento de la producción de aparatos eléctricos y electrónicos, sus cortos ciclos de vida y una cultura de la reparación inadecuada llevaron a la generación de la cantidad sin precedentes de 53,6 millones de toneladas de residuos electrónicos en 2019. Se prevé que el mundo casi duplique su generación global de residuos electrónicos entre 2014 y 2030 (Forti *et al.*, 2020). La fase de uso, generalmente breve, de muchos dispositivos digitales oculta un ciclo de vida más largo con impactos más amplios, debido en primer lugar a las consecuencias de la extracción de materias primas y los procesos de fabricación y, en segundo lugar, a la recogida inadecuada de residuos electrónicos. Además de las repercusiones medioambientales,

los residuos electrónicos tienen consecuencias para la salud pública, ya que contienen metales tóxicos como el mercurio y el cadmio.

Ciudades de gran consumo y servicios digitales opacos

Ahora que resulta evidente la amplitud y profundidad del impacto medioambiental de la digitalización, podemos desentrañar su relación, menos explorada, con un mundo cada vez más urbanizado. Como quedará claro al final de la siguiente sección, las cuestiones de escala son de suma importancia, ya que las extensas cadenas de suministro del mundo digital eluden las jurisdicciones territoriales de los gobiernos municipales.

Las ciudades, en las que actualmente vive más del **56%** de la población mundial, son responsables del **67%-72%** de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero y del **75%** del consumo mundial de energía. Al mismo tiempo, en ellas se produce más del **80%** del PIB mundial. La centralidad económica y demográfica de las ciudades en la «era urbana» ha llevado a los gobiernos de las ciudades a tratar de potenciar su papel en la gobernanza mundial, con el objetivo de contribuir positivamente a ámbitos políticos en los que las ciudades habían sido percibidas durante mucho tiempo de forma negativa en términos de sostenibilidad medioambiental (Martinez, 2022). En el contexto actual de emergencia climática, este impulso ha llevado a los gobiernos municipales a ser **más ambiciosos que sus homólogos nacionales** en cuanto a los objetivos de reducción de emisiones de GEI en su conjunto. Este es el caso de las más de 1.100 ciudades de todo el mundo que se han comprometido a alcanzar **emisiones netas de carbono nulas para 2050**.

1. Aunque se deben al mismo fenómeno, las consecuencias sociales negativas de la digitalización son fundamentales y complejas. Como tales, merecen un debate aparte que va más allá del alcance de este artículo.

Las ciudades concentran espacialmente los recursos clave necesarios para gestionar los flujos que sustentan la globalización. Como tales, gracias a su concentración de riqueza actúan como los centros neurálgicos del creciente consumo actual de servicios y productos digitales de alta intensidad energética. En consonancia con su papel activo en la mitigación del cambio climático, las urbes podrían tratar de analizar y abordar los fundamentos digitales de la economía y los sistemas energéticos que deben descarbonizarse dentro de sus jurisdicciones. Esto se debe a la conexión fundamental entre las ciudades y el consumo en la economía global actual. Las primeras no sólo agrupan las actividades impulsadas por la energía basada en carbono y generadoras de emisiones de GEI, sino que también impulsan los patrones de consumo que, en última instancia, definen esas emisiones (Castán Broto, 2021).

Lamentablemente, la descarbonización de la creciente infraestructura digital de nuestras ciudades y sus elevados consumos se ve dificultada en primer término por el obstáculo básico de obtener datos precisos a nivel local. **La localización del cálculo de la huella de carbono del mundo digital** es compleja por dos razones: en primer lugar, la mayoría de los impactos ambientales relevantes de los servicios digitales se generan más allá de las operaciones de los gobiernos municipales y de las organizaciones públicas en general; y, en segundo lugar, lo que es aún más importante, la medición del ciclo de vida completo es un reto *per se*. Por definición, los servicios digitales —y aquí es donde entra en juego la falacia de la desmaterialización— se producen **de forma descentralizada a nivel geográfico**, con poca transparencia y precisión sobre la ubicación y el consecuente uso de electricidad, el consumo de energía basada en carbono y los impactos medioambientales de cada uno de los componentes a lo largo de las amplias cadenas de suministro transnacionales del sector digital.

Por consiguiente, los gobiernos de las ciudades no pueden evaluar adecuadamente —y mucho menos reducir— la huella de carbono de los servicios y productos digitales de alta intensidad energética que se utilizan en sus jurisdicciones urbanas; aunque sí podrían ampliar su papel proactivo en los esfuerzos de mitigación, en línea con la creciente relevancia de las redes de ciudades transnacionales a través de las cuales los gobiernos locales amplifican su acción climática, abarcan diferentes escalas y comparten recursos. Las alianzas multinivel y multiactorales dedicadas a monitorear y abordar la huella de carbono digital tanto en las ciudades como entre ellas podrían beneficiarse de la expe-

riencia sobre el terreno, las competencias legales y la legitimidad política de los gobiernos municipales. Sin embargo, para que esto sea factible, los diversos actores del sector privado implicados en las amplias cadenas de suministro del sector digital deben colaborar activamente proporcionando datos transparentes y precisos sobre sus operaciones a través de mecanismos de notificación o informes establecidos por los gobiernos. Asimismo, debido a la dimensión transnacional de las redes distribuidas a través de las cuales se producen los servicios digitales, los mecanismos transfronterizos de notificación tendrían una importancia estratégica. En este sentido, el grado de integración de la UE como estructura de gobernanza supranacional puede convertirla en el banco de pruebas ideal para analizar y abordar la huella de carbono digital de las ciudades a escala regional.

Circularidad local del calor y de los residuos electrónicos

Hay dos ámbitos políticos concretos en los que los gobiernos de las ciudades, independientemente de las alianzas multinivel y multiactorales, ya pueden tomar

La ubicación de los centros de datos en zonas urbanas ofrece la oportunidad medioambiental de reutilizar la enorme cantidad de calor que se genera en ellos para contribuir a la transición de las ciudades hacia combinaciones de fuentes de energía ecológicas.

medidas para disminuir el impacto medioambiental de un mundo (urbano) cada vez más digital. Y ambos están relacionados con las oportunidades que ofrece la circularidad de los flujos materiales en nuestras ciudades.

En primer lugar, los centros de datos, que constituyen el núcleo de los fundamentos materiales de la digitalización, **se sitúan cada vez más en las ciudades**. La creciente importancia de aplicaciones tecnológicas como los juegos en la nube, la realidad virtual o las apuestas en línea, que tratan de reproducir la velocidad en tiempo real de nuestro mundo real, dependen necesariamente de una conectividad cada vez más rápida. La decisión de las corporaciones tecnológicas de contar con centros de datos urbanos dentro de sus redes distribuidas en expansión refleja la alta necesidad de proximidad física a las zonas donde los consumidores digitales están más (densamente) concentrados, esto es, en las ciudades. La ubicación de los centros de datos en

áreas urbanas ofrece la oportunidad medioambiental de reutilizar la enorme cantidad de calor que se genera en ellos para contribuir a la transición de las ciudades hacia combinaciones de fuentes de energía verde. La iniciativa «Parques de datos de Estocolmo», por ejemplo, es un ejemplo de sinergia productiva entre las agendas verde y digital mediante la cual el gobierno de la capital sueca y sus socios se proponen atraer centros de datos y poner en marcha sistemas de recuperación de calor, contribuyendo en última instancia al objetivo de prescindir de los combustibles fósiles para 2040.

En segundo lugar, como se ha indicado con respecto a la localización de la huella de carbono digital, los impactos medioambientales de la digitalización en la ciudad no deben limitarse a los efectos de la producción generados dentro de su jurisdicción territorial, sino que deben abarcar los efectos del consumo que genera cualquier demanda dentro de su jurisdicción territorial. Por lo tanto, los gobiernos de las ciudades pueden y deben

La generación sin precedentes de residuos electrónicos brinda a los gobiernos municipales la oportunidad de tomar medidas inmediatas.

desempeñar un papel fundamental en la totalidad de la cadena de impactos medioambientales y emisiones de carbono asociados a los productos y servicios digitales que se consumen mayoritariamente en áreas urbanas.

Las ciudades, gracias también a las posibilidades que ofrece la digitalización esbozadas anteriormente, se encuentran en una posición única tanto para aprovechar la concentración física de demanda y oferta que albergan como para impulsar una economía circular en la que los materiales se mantengan el mayor tiempo posible, en lugar de convertirse en residuos. Tal como ocurre con los materiales de construcción o los plásticos, los residuos electrónicos también pueden contribuir al **desarrollo circular** de una ciudad. Teniendo en cuenta que solo el 17% de ellos se recoge y recicla adecuadamente (Forti *et al.*, 2020), los residuos electrónicos de los vertederos contienen materiales que son a la vez valiosos y tóxicos. Esto constituye tanto una oportunidad única como una necesidad, pues son imprescindibles una legislación y unos puestos de trabajo específicos para lo que se ha denominado «**minería urbana**». La extracción de recursos de los residuos electrónicos es más barata y menos intensiva en energía en comparación con la extracción de materiales vírgenes para la producción de dispositivos tecnológicos, añadiendo además presión adicional sobre los recursos naturales del planeta.

En principio, puede parecer que las oportunidades que ofrece la circularidad local de los flujos materiales que sustentan la digitalización, como el calor y los residuos electrónicos, son una vía de actuación política limita-

da a las ciudades del Norte global. Al fin y al cabo, la creciente presencia de centros de datos y la posibilidad de implantar sistemas de recuperación de calor es especialmente relevante para las ciudades que apuestan cada vez más en desarrollo intensivo en conocimiento e innovación tecnológica. En Singapur, por ejemplo, los centros de datos representan el 7% del consumo total de electricidad de la ciudad-Estado. Este escenario también está en línea con el de ciudades que experimentan claros patrones de terciarización de sus economías, como es el caso de Barcelona, donde los servicios y el comercio representan el 35% del consumo final de energía, por encima de cualquier otro sector.

Sin embargo, el hecho de que gobiernos de contextos tan dispares como Irán y el estado de Nueva York hayan decidido recientemente poner freno a la minería de criptomonedas —para hacer frente a la escasez de energía y al consumo de combustibles fósiles, respectivamente— es un indicador de que el alcance de la acción medioam-

biental en materia de digitalización va más allá de las ciudades del Norte global. Esto se debe precisamente a la naturaleza omnipresente, descentralizada y transnacional de la cadena de produc-

ción y consumo de productos y servicios digitales. Del mismo modo, cada vez se reconoce más la importancia de la circularidad de los residuos electrónicos en las ciudades del Sur, como demuestra la experiencia de **Accra (Ghana)**, donde los trabajadores aprendieron a desmontar componentes de forma segura y limpia en el mayor vertedero de residuos electrónicos ubicado en Ghana.

Conclusión

Aunque existe una conciencia generalizada de que la industria de los combustibles fósiles es un impedimento para la transición ecológica, el impacto medioambiental de los actores de alta tecnología es un tema relativamente nuevo en el discurso público. Las agendas ecológica y digital experimentan transiciones gemelas en la medida en que ofrecen sinergias prometedoras que contribuyen a una respuesta colectiva a la emergencia climática. Sin embargo, es preciso examinarlas con más detenimiento, ya que la expansión del mundo digital y de sus tecnologías exponenciales está impulsando simultáneamente el consumo de energía basada en carbono.

En los debates políticos se reconoce aún menos que, en un mundo cada vez más urbanizado, las ciudades acogen la mayor parte de la creciente demanda actual y futura de servicios e infraestructuras digitales de alta intensidad energética. Pero su atractivo como actores políticos se debe a que son los principales centros de consumo de la economía mundial actual, así como a su historial en materia de objetivos de mitigación del

cambio climático, que supera los niveles de ambición demostrados por los gobiernos nacionales.

Las posibilidades de los gobiernos municipales se ven al mismo tiempo limitadas y amplificadas por cuestiones de escala. Por un lado, la capacidad de una ciudad para descarbonizar la creciente infraestructura digital dentro de su jurisdicción territorial se ve obstaculizada principalmente por la opacidad de los datos. Al desempeñar el sector privado un papel fundamental en las amplias y distribuidas cadenas de suministro a través de las cuales se producen los servicios digitales, se necesitan mecanismos de notificación o informes establecidos por los gobiernos para hacer operativas las alianzas multinivel y multiactorales transnacionales dedicadas a monitorear y abordar la huella de carbono digital tanto en las ciudades como entre ellas. Por el otro lado, el creciente número de centros de datos que generan cantidades masivas de calor en áreas urbanas y la oportunidad y necesidad de regular y aprovechar los materiales contenidos en la generación sin precedentes de residuos electrónicos brindan a los gobiernos de las ciudades la oportunidad de tomar medidas inmediatas. En los próximos años, la circularidad de los flujos materiales que sustentan la digitalización, como el calor y los residuos electrónicos, será cada vez más importante para las ciudades del Norte y el Sur global. Las repercusiones medioambientales de un mundo (urbano) cada vez más digital no harán más que aumentar y los gobiernos municipales se deben preparar mejor para ello.

Referencias bibliográficas

Castán Broto, Vanesa. «The European Green Deal and the challenge of systemic change in urban areas», en: Abdullah, Hanna (ed.) *Towards a European Green Deal with Cities: The urban dimension of the EU's sustainable growth strategy*. Barcelona: CIDOB, 2021, p. 39-48.

Forti, Vanessa; Baldé, Cornelis Peter; Kuehr, Ruediger & Bel, Garam. *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*. Bonn/Ginebra/Rotterdam: United Nations University (UNU) et al., 2020.

Itten, René, Hischer ; Roland, Andrae ; Anders, S. G., et al. «Digital transformation—life cycle assessment of digital services, multifunctional devices and cloud computing». *The International Journal of Life Cycle Assessment*, n.º 25 (2020), p. 2093-2098.

Martinez, Ricardo. «Framing the Localization of the Global Agendas: Orchestrating the Political Agency of Cities Within the Local-Global Nexus». *Alternatives*, vol. 47, n.º 2 (2022), p. 100-114.

Schwarzer, Stefan & Peduzzi, Pascal. «The growing footprint of digitalization». *UNEP Foresight Brief*, n.º 27 (2021).