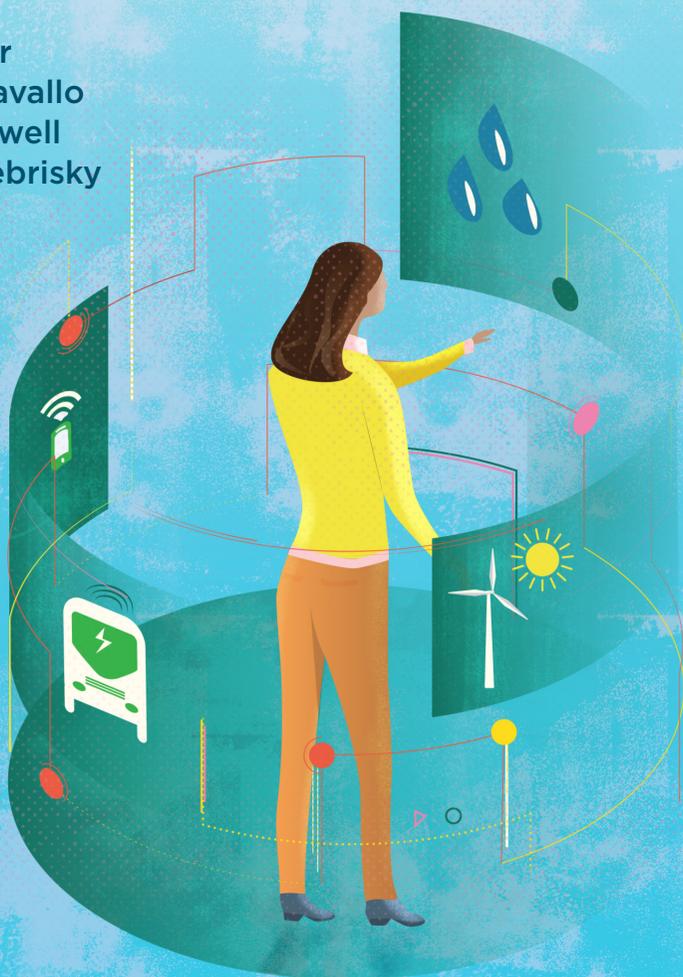


DESARROLLO EN LAS AMÉRICAS

DE ESTRUCTURAS A SERVICIOS

El camino a una mejor infraestructura
en América Latina y el Caribe

Editado por
Eduardo Cavallo
Andrew Powell
Tomás Serebrisky



DE ESTRUCTURAS A SERVICIOS

DE ESTRUCTURAS A SERVICIOS

**El camino a una mejor infraestructura
en América Latina y el Caribe**

Editado por

Eduardo Cavallo

Andrew Powell

Tomás Serebrisky

Banco Interamericano de Desarrollo

**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

De estructuras a servicios: el camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe / editado por Eduardo Cavallo, Andrew Powell, Tomás Serebrisky.

p. cm.

Incluye referencias bibliográficas.

978-1-59782-402-6 (Rústica)

978-1-59782-403-3 (Digital)

1. Infrastructure (Economics)-Latin America. 2. Infrastructure (Economics)-Caribbean Area. 3. Public utilities-Latin America. 4. Public utilities-Caribbean Area. 5. Public investments-Latin America. 6. Public investments-Caribbean Area. I. Cavallo, Eduardo A., editor. II. Powell, Andrew (Andrew Philip), editor. III. Serebrisky, Tomás, editor. IV. Banco Interamericano de Desarrollo. Departamento de Investigación y Economista Jefe.

HC130.C3 F76 2020 spa.ed.

IDB-BK-226

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Imagen de portada: Martín Saavedra
Diseño de portada: Dolores Subiza

Contenido

Lista de cuadros	vii
Lista de gráficos	ix
Lista de recuadros	xv
Prefacio	xvii
Agradecimientos.....	xxiii
Lista de colaboradores	xxvii
Parte 1 El contexto	1
1. Los servicios: el lado olvidado de la infraestructura	3
2. Hacia mayor y más eficiente inversión en infraestructura	25
3. La nueva cara del financiamiento.....	57
4. Servicios: lo bueno, lo malo y lo feo.....	87
5. Pasado y futuro de la tecnología en los servicios de infraestructura.....	127
Parte 2 En busca de sostenibilidad.....	157
6. Infraestructura resiliente para un futuro incierto	159
7. Los servicios en una economía con cero emisiones netas de carbono: bueno para el medio ambiente, la economía y las personas.....	177
8. Regreso a la naturaleza: alternativas al hormigón y al acero.....	195

Parte 3 El futuro	215
9. Un futuro iluminado para la energía	217
10. El camino hacia un mejor transporte	245
11. Un nuevo paradigma en la gestión del agua	279
12. Cavar más profundo: descubriendo el impacto de los servicios en el crecimiento y el bienestar	309
13. La regulación: el trampolín para mejores servicios	341
Referencias bibliográficas	375
Índice	425

Lista de cuadros

Cuadro 1.1	Problemas de los servicios de infraestructura identificados por las empresas	5
Cuadro 1.2	Evolución de la calidad de los servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe, por país, 2008 y 2018	9
Cuadro 2.1	Indicadores seleccionados de capacidad institucional para la provisión de infraestructura, 2016–19	31
Cuadro 2.2	Sobrecostos en proyectos de infraestructura financiados por el BID y el Banco Mundial, por subsector (porcentaje)	38
Cuadro 4.2.1	Políticas fotovoltaicas en Perú	100
Cuadro 4.5.1	Impacto de los sistemas de BRT en la duración de los viajes en Cali y Lima	111
Cuadro 8.1	Tipos de infraestructura verde analizados en este capítulo	197
Cuadro 8.2	Categorías de servicios ambientales	197
Cuadro 8.3	Servicios ambientales asociados con infraestructura verde, por tipo	198
Cuadro 9.1	Transformación de la estructura de precios de la electricidad	241
Cuadro 10.1	Potencial de ACES para hacer un transporte más eficiente, inclusivo y sostenible	249
Cuadro 10.2	Tecnologías ACES: barreras para su adopción y consecuencias no deseadas	252
Cuadro 10.3	Políticas para promover los vehículos eléctricos	269
Cuadro 10.4	Medidas de políticas para realizar el escenario de “superar los límites”	276

Cuadro 11.2.1	Los escenarios	289
Cuadro 11.3.1	Costo por metro cúbico según la alternativa (US\$)	292
Cuadro 12.2.1	Magnitud económica de los servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe, por modo de provisión (como porcentaje del PIB)	334
Cuadro 12.1	Impactos de los cambios tecnológicos en los servicios de infraestructura sobre el PIB y la desigualdad del ingreso	338
Cuadro 13.1	Tendencias emergentes que impactarán en el trabajo del regulador y cambios requeridos en el marco regulatorio (políticas, instituciones e instrumentos)	344
Cuadro 13.2	Intervenciones conductuales en los servicios de infraestructura	366

Lista de gráficos

Gráfico 1.1	Conversaciones digitales sobre los servicios de suministro de agua en América Latina y el Caribe	4
Gráfico 1.2	Acceso a servicios de infraestructura, 2008 y 2018	7
Gráfico 1.3	Calidad de la infraestructura por regiones, 2008 y 2018	8
Gráfico 1.4	Percepción de la calidad de la infraestructura por PIB per cápita	10
Gráfico 1.5	Precios de la electricidad y el agua, por regiones, 2015-17	14
Gráfico 1.6	Proporción del ingreso gastado en servicios de infraestructura según la posición relativa en la distribución global del ingreso	15
Gráfico 1.7	Subsidios públicos a los servicios de infraestructura, excluidas las transferencias de capital, 2018	16
Gráfico 1.8	Roles del gobierno, de los proveedores de servicios y de los consumidores para asegurar la provisión de servicios de infraestructura de alta calidad	18
Gráfico 2.1	Inversión promedio en infraestructura, 2008-17	27
Gráfico 2.2	Ejecución de los presupuestos de capital en cinco países de América Latina, 2015	39
Gráfico 2.3	Curva de desembolso acumulado teórica y real, 2003-16	40
Gráfico 2.4	Curva de desembolso acumulado teórica y real, por subregión, 2003-16	41
Gráfico 2.5	Curva de desembolso acumulado teórica y real, por año, 2008-16	42
Gráfico 2.6	Días requeridos para completar todos los procedimientos de permisos y aprobación para proyectos de infraestructura, por país	43

Gráfico 2.7	Red vial primaria pavimentada en malas condiciones	45
Gráfico 2.8	Duración de las interrupciones del servicio eléctrico, 2015	45
Gráfico 2.9	Pérdidas de agua	46
Gráfico 3.1	Inversión pública en infraestructura en América Latina y el Caribe	59
Gráfico 3.2	Inversión pública en infraestructura en países seleccionados	60
Gráfico 3.3	Activos de las empresas de propiedad estatal en países seleccionados, 2016	61
Gráfico 3.1.1	Promedio de transferencias fiscales a las empresas de propiedad estatal en países seleccionados, 2010-16	63
Gráfico 3.4	Inversión pública y no pública en infraestructura	71
Gráfico 3.5	Financiamiento no público de infraestructura en América Latina y el Caribe	72
Gráfico 3.6	Proporción del financiamiento no público de infraestructura entre países	72
Gráfico 3.7	Proporción del financiamiento total de infraestructura, por tipo de financiador	73
Gráfico 3.8	Financiamiento de infraestructura de bancos comerciales, por instrumento	75
Gráfico 3.9	Tipología de riesgos en proyectos de infraestructura	82
Gráfico 4.1	Acceso a la electricidad, nacional vs. rural, 2000 y 2018	89
Gráfico 4.2	Acceso a cocina mejorada, 2000 y 2016	91
Gráfico 4.3	Acceso a agua y saneamiento en América Latina y el Caribe	93
Gráfico 4.1.1	Evolución del tratamiento de aguas residuales en Chile, 2000-17	96
Gráfico 4.4	Empleos accesibles en un radio de 60 minutos en Bogotá	98
Gráfico 4.2.1	Ahorros de Mi Teleférico en Bolivia	100
Gráfico 4.5	Duración y frecuencia promedio de las interrupciones eléctricas, 2019	102

Gráfico 4.6	Personas con acceso al servicio de agua las 24 horas del día los siete días de la semana	104
Gráfico 4.3.1	Pérdidas de electricidad en Ecuador después de la implementación de PLANREP	105
Gráfico 4.3.2	Agua no facturada en las Bahamas antes y después de la implementación de un contrato basado en el desempeño	106
Gráfico 4.7	Tiempo y distancia de los viajes utilizando transporte público: América Latina y el Caribe vs. economías avanzadas	107
Gráfico 4.4.1	Diferencias de género en los patrones de movilidad en ciudades seleccionadas	109
Gráfico 4.8	Participación de los modos de transporte en ciudades seleccionadas	108
Gráfico 4.9	Gasto en servicios de infraestructura en megaciudades de América Latina y el Caribe	113
Gráfico 4.10	Participación de los viajes a pie en el transporte, por nivel de ingreso	115
Gráfico 4.6.1	Notificación del consumo de agua de un hogar en relación con su barrio	117
Gráfico 4.11	Costo mensual simulado de los servicios de infraestructura, 2018 (US\$)	119
Gráfico 4.12	Gasto mensual en una cesta simulada de servicios en ciudades seleccionadas, 2018	120
Gráfico 4.7.1	Focalización de los subsidios en Bogotá: el ingreso promedio por hogar y los viajes subsidiados por habitante son imágenes que se reflejan mutuamente	122
Gráfico 5.1	Ingreso per cápita, 1000 a. C.-2000 d. C.	130
Gráfico 5.2	Consumo de energía per cápita en Europa, 1500-2000	131
Gráfico 5.3	Evolución de los costos de transporte, 1741-1913	132
Gráfico 5.4	Adopción de tecnología en los hogares de Estados Unidos, 1900-2005	135
Gráfico 5.5	Retrasos en la difusión de tecnología relacionada con infraestructura, por región	137

Gráfico 5.6	Retrasos en el despliegue de las tecnologías de telecomunicaciones móviles, América Latina y el Caribe vs. OCDE, 1987-2016	138
Gráfico 5.7	Tecnologías digitales viabilizadas por la adopción del 5G	141
Gráfico 5.8	Acceso a tecnologías de comunicación fija y móvil, América Latina y el Caribe vs. OCDE, 2018	142
Gráfico 5.9	Brechas de calidad en la conectividad digital, 2018	143
Gráfico 5.10	Precio minorista de una suscripción de banda ancha móvil	145
Gráfico 5.11	Participación del tráfico total de datos digitales a nivel mundial por región (porcentaje)	146
Gráfico 5.12	Espacio del espectro radioeléctrico asignado a las comunicaciones móviles, América Latina y el Caribe vs. OCDE	149
Gráfico 5.13	Personas no suscritas a los servicios 3G	151
Gráfico 5.14	Uso de Internet en el trabajo y la escuela	153
Gráfico 6.1	Frecuencia y costos de los desastres naturales en América Latina y el Caribe, 1970-2019	161
Gráfico 6.2	Cambio en las precipitaciones anuales en Chile hacia 2050	166
Gráfico 6.2.1	Puntajes de gestión del riesgo de desastres	171
Gráfico 6.2.2	Países con regulaciones de gestión del riesgo de desastres	172
Gráfico 7.1	Emisiones de CO ₂ en América Latina y el Caribe, por fuente, 1970-2014	180
Gráfico 7.2	Rangos del costo nivelado de generación de electricidad en Chile, 2019	181
Gráfico 7.3	Emisiones comprometidas del sector eléctrico de la región vs. emisiones consistentes con las metas de temperatura en los escenarios del IPCC	188
Gráfico 8.1.1	Fondo del Agua para la Conservación del Río Paute (FONAPA): cuenca del río Paute y áreas de implementación de actividades	208
Gráfico 9.1	Predicción y volumen real de generación de electricidad solar, 2004-18	218

Gráfico 9.2	Evolución de los costos de la energía eólica y solar a nivel global y en América Latina y el Caribe	220
Gráfico 9.3	Evolución del costo de una batería, 2010-18	223
Gráfico 9.4	Capacidad de medición neta y número de instalaciones de energía solar fotovoltaica en Brasil, Chile y México	224
Gráfico 9.5	Cuatro escenarios para el futuro de la electricidad	226
Gráfico 9.1.1	Producción total de energía solar por horas, hora local de Beijing	228
Gráfico 9.6	Composición de las tarifas de electricidad, 2017	239
Gráfico 10.1	Ahorro de costos por ACES (US\$ por km)	252
Gráfico 10.2	Escenarios futuros del transporte en América Latina y el Caribe	255
Gráfico 10.3	Superar los límites en las ciudades de América Latina y el Caribe	258
Gráfico 11.1	Servicios de agua y saneamiento del futuro	284
Gráfico 11.1.1	Huella hídrica de alimentos seleccionados	286
Gráfico 11.2	Agua no facturada, 2016	294
Gráfico 11.3	Costo estimado del agua y del tratamiento de aguas residuales, 2019	295
Gráfico 11.4	Proporción de la población que vive en cuencas con estrés hídrico	304
Gráfico 12.1	Impacto de las ganancias de eficiencia en infraestructura sobre el crecimiento del PIB	315
Gráfico 12.2	Impacto de las ganancias de eficiencia en el PIB a nivel sectorial	316
Gráfico 12.3	Impacto de las ganancias de eficiencia en el ingreso de los hogares	317
Gráfico 12.4	Impacto de las ganancias de eficiencia en el crecimiento del PIB con y sin márgenes entre precios y costos	319
Gráfico 12.5	Impacto de las ganancias de eficiencia en el PIB a nivel sectorial con márgenes entre precios y costos	320
Gráfico 12.6	Impacto de las ganancias de eficiencia en el ingreso de los hogares con márgenes entre precios y costos	321

Gráfico 12.7	Impacto de la digitalización de los servicios de infraestructura en el PIB	324
Gráfico 12.8	Impacto de la digitalización en el ingreso de los hogares	325
Gráfico 12.9	Costo de las renovables no convencionales	327
Gráfico 12.10	Impacto del aumento de las renovables en el PIB	330
Gráfico 12.11	Impacto de los vehículos eléctricos y de los servicios de uso compartido de automóviles en el PIB	333
Gráfico 12.12	Efectos distributivos de los vehículos eléctricos y los servicios de uso compartido de automóviles	335
Gráfico 12.13	Impacto de los vehículos eléctricos y de los servicios de uso compartido de automóviles en la contaminación	336
Gráfico 13.1.1	Número de proveedores de servicio en ciudades o países seleccionados, por sector y propiedad, 2018	348
Gráfico 13.1	Proporción de marcos regulatorios en América Latina y el Caribe que cuentan con políticas para responder a las tendencias emergentes, 2018	354
Gráfico 13.2	Calendario de adopción de políticas de medición neta	354
Gráfico 13.3	Requisitos mínimos de tripulación en vuelos domésticos en América Latina y el Caribe, la Unión Europea y Estados Unidos, 2018	356
Gráfico 13.4	Impuestos y tasas como proporción de las facturas de electricidad y agua, por quintil de ingreso, 2018	358
Gráfico 13.2.1	Cambio promedio de la factura de electricidad de los hogares con un nuevo sistema de precios en Buenos Aires, Argentina, 2018	363
Gráfico 13.2.2	Cambio promedio en la factura de electricidad de los hogares con un sistema de precios eficiente (sin mecanismo de compensación) en Colombia, 2018	364
Gráfico 13.2.3	Cambio promedio en la factura de electricidad de los hogares con un sistema de precios eficiente (con mecanismo de compensación) en Colombia, 2018	364

Lista de recuadros

Recuadro 1.1	¿Quién provee servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe: el sector privado o el sector público?	19
Recuadro 2.1	Los <i>I-bodies</i> , centros de conocimientos en infraestructura	51
Recuadro 3.1	Acerca del papel de las empresas de propiedad estatal	62
Recuadro 3.2	Empresas proveedoras de servicios públicos: un eslabón perdido en el análisis de la infraestructura	65
Recuadro 3.3	Sobre las asociaciones público-privadas	67
Recuadro 3.4	Préstamos sindicados, infraestructura y el impacto de la movilización de recursos de los bancos multilaterales de desarrollo	74
Recuadro 3.5	El financiamiento y el futuro: el auge de las inversiones ASG	78
Recuadro 4.1	Tratamiento de aguas residuales en Chile: salvando el planeta (y la economía)	95
Recuadro 4.2	Soluciones innovadoras que promueven el acceso	99
Recuadro 4.3	Contratos basados en el desempeño para aumentar la eficiencia del servicio	105
Recuadro 4.4	Género y transporte: un tema descuidado	109
Recuadro 4.5	Viajes más cortos con sistemas BRT	110
Recuadro 4.6	Intervenciones en el comportamiento para reducir el consumo de agua	116
Recuadro 4.7	Ampliar la caja de herramientas de políticas públicas: subsidios a la demanda para abordar la asequibilidad	121

Recuadro 5.1	Guías regulatorias para catalizar los beneficios de la conectividad digital	155
Recuadro 6.1	Desastres naturales e infraestructura: el caso del huracán Mitch en Honduras	163
Recuadro 6.2	Medición de la gestión del riesgo de desastres: el iGOPP del BID	171
Recuadro 6.3	Toma de decisiones bajo incertidumbre profunda en Perú	175
Recuadro 8.1	Bosques para mejorar la calidad del agua en Ecuador	207
Recuadro 8.2	Cerrar brechas de datos en las Bahamas	210
Recuadro 8.3	Infraestructura híbrida verde-gris en México	211
Recuadro 9.1	¿Viajar en el tiempo? Integrar sistemas de electricidad basados en renovables no convencionales de diferentes zonas horarias	228
Recuadro 9.2	Vehículos eléctricos para reducir las fluctuaciones de los precios de la energía solar y eólica en México	231
Recuadro 9.3	El marco del Reino Unido para regular servicios de red cambiantes	238
Recuadro 11.1	La huella hídrica	285
Recuadro 11.2	Escenarios para el futuro	289
Recuadro 11.3	¿Dinero del cielo? Un sistema de captación de agua de lluvia en El Salvador	291
Recuadro 11.4	Financiamiento de servicios ambientales en Perú	300
Recuadro 12.1	Una mirada a vuelo de pájaro sobre la infraestructura y la economía	312
Recuadro 12.2	Medición de la magnitud económica de los servicios de infraestructura	333
Recuadro 13.1	El universo de los proveedores de servicios regulados	347
Recuadro 13.2	El futuro de los precios de la electricidad	361

Prefacio

Todos los años el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) presenta en su publicación emblemática, *Desarrollo en las Américas (DIA)*, una investigación profunda sobre uno de los principales desafíos económicos y sociales que enfrenta América Latina y el Caribe. Los temas tratados han variado desde ahorro, productividad, vivienda y deuda hasta políticas productivas, calidad de vida e impuestos.

En la edición 2020, decidimos centrarnos en la infraestructura, un elemento clave para la prosperidad y el crecimiento de la región. Si bien la mayor parte del libro fue escrita antes de que surgiera la pandemia del coronavirus, su contenido y sus argumentos son más relevantes hoy que nunca. Como verán en las páginas siguientes, repensar nuestra infraestructura será vital para ayudarnos a superar la crisis provocada por la COVID-19, y para sentar las bases de una recuperación sostenida.

Este año presentamos el libro en un contexto en que nuestros países no solo enfrentan todos los problemas que tenían antes de que comenzara la pandemia —entre ellos, la desigualdad— sino también una crisis de salud y un colapso económico sin precedentes.

¿Qué debe hacer América Latina y el Caribe ante este nuevo escenario? Si bien los desafíos que enfrentamos hoy son más profundos que los que enfrentamos hace pocos meses, la evidencia sobre cómo fomentar el crecimiento y el desarrollo no ha cambiado. Sabemos que invertir en infraestructura es una de las mejores formas de estimular el crecimiento. Mientras los gobiernos se concentran en la emergencia sanitaria, también deben atender los reclamos que sus ciudadanos ya estaban expresando cuando estalló esta crisis. El descontento que empujó las protestas callejeras en muchas ciudades de la región a finales de 2019 no ha desaparecido durante la pandemia, y ese descontento se debe sobre todo a la falta de oportunidades económicas y a la mala calidad de los servicios básicos.

En vez de postergar las inversiones necesarias para atender esos reclamos, la crisis de la COVID-19 nos obliga a pensar de manera más estratégica sobre cómo y dónde podemos construir la infraestructura que

nos permitirá recuperarnos de los efectos económicos de la crisis. Pero también nos da la oportunidad de anticiparnos a las necesidades de un mundo con un clima más incierto, con poblaciones menos jóvenes, y con tecnologías que transformarán cada aspecto de nuestra vida cotidiana.

Desde que asumí la presidencia del BID en 2005 se han desencadenado dos grandes cambios de paradigma en el sector, que son recogidos en este libro, y que seguramente van a definir la próxima era de la infraestructura. Estos son el foco en los servicios, y la necesidad impostergable de desarrollar infraestructura sostenible.

Todo esto en el contexto de una revolución digital que promete brindar enormes oportunidades para mejorar los servicios y que pondrá en el centro a los consumidores, quienes tendrán un rol mucho más activo en la determinación de la cantidad y calidad de los servicios.

La primera de estas transformaciones marca el fin de lo que podríamos llamar “la era del concreto”. En 2005, el gran desafío en América Latina y el Caribe seguía siendo la enorme brecha en la cobertura de los servicios básicos. Queríamos ampliar las redes de carreteras, de electricidad y de agua para llevar el desarrollo hasta los pueblos más remotos y a las zonas más desfavorecidas de nuestras ciudades.

Hoy podemos estar orgullosos de haber invertido miles de millones de dólares para ampliar el alcance de esos servicios. En estos últimos 15 años conectamos a 110 millones de personas a redes de agua potable por primera vez. Extendimos las redes de energía eléctrica a más de 100 millones de personas, muchas de ellas en zonas rurales y periurbanas de bajos ingresos.

Países como Paraguay duplicaron el porcentaje de rutas pavimentadas. La inversión en el transporte público, especialmente los sistemas de autobuses conocidos como BRT, que se inventaron en Brasil, creció de manera exponencial en la región y en el mundo. Y también se expandieron las redes de metros subterráneos.

La tecnología digital resultó un complemento indispensable a la inversión en la estrategia para expandir el acceso a servicios para más gente y a nuevos servicios. Parece increíble, pero en 2005 apenas el 34% de nuestra gente usaba Internet en su casa. Hoy tenemos más celulares que personas, la enorme mayoría de la gente navega en línea, muchos usamos aplicaciones de transporte compartido, y pasamos más horas en redes sociales que cualquier otra parte del mundo. En tiempos de cuarentena, esto es una bendición que nos ha permitido estar conectados aun cuando estamos separados físicamente. Pasada la emergencia, la conectividad digital y sus aplicaciones serán el puente hacia un futuro mejor en los servicios de infraestructura.

Como se demuestra en el libro, hemos reducido las brechas de acceso de manera significativa. Y en ese sentido, la “era del concreto”, donde nos concentramos en la construcción de estructuras para aumentar la cobertura, fue un capítulo vital para nuestros países. Pero claramente no hemos logrado cerrar todas las brechas de acceso y tenemos mucho trabajo por hacer. La universalización de los servicios debe ser una prioridad, en la cual debemos trabajar ininterrumpidamente hasta que todos los hogares de la región cuenten con agua, electricidad y saneamiento.

Pero hoy, las expectativas de la gente no son las mismas que eran hace 15 años. Muchas de las protestas sociales que vivimos en 2019 fueron gatilladas por aumentos en las tarifas del metro o el precio de la gasolina. Podríamos decir que estas protestas hablan de la insatisfacción popular, no con el estado de nuestra infraestructura como tal, sino con la calidad y el costo de los servicios que la gente recibe de esa infraestructura.

Hoy, no basta con tener acceso a un bus moderno, si el bus llega tarde y —en tiempos en que deberíamos practicar distanciamiento social— se viaja hacinado, y si la tarifa a lo largo de un mes supera el 10% de un salario mínimo. Hoy, no basta con tener un grifo en la cocina, si la calidad del líquido es tan dudosa que hace falta comprar garrafones de agua para beber y cocinar. Hoy, no basta con estar conectado a la red eléctrica, si cada semana se producen apagones que generan incomodidad y dañan los electrodomésticos.

Y la calidad del servicio no es la única fuente de frustración. En muchos de nuestros países, pagar los servicios representa un gran esfuerzo. Las familias de bajos ingresos dedican el 15% de sus ingresos a pagar los servicios de agua, electricidad y transporte público, lo que equivale a casi 5 puntos porcentuales del ingreso más que en el Asia emergente. Este libro argumenta que los precios que los consumidores pagan pueden reducirse con más eficiencia y una regulación inteligente que permita que las empresas recuperen los costos de proveer servicios de adecuada calidad.

Todo esto nos lleva a la conclusión que a la “era del concreto” tenemos que reemplazarla por la “era de los servicios”, con énfasis en cerrar las brechas de acceso que todavía quedan, y sobre todo trabajar mucho más en mejorar la calidad y la asequibilidad de los servicios. Esta será una nueva era en la que pasaremos de “las estructuras a los servicios” poniendo el foco en el usuario, en la atención al cliente, y en la regulación moderna e inteligente.

No es que no sea necesario construir nuevas estructuras. Es que, para poder operar con éxito en el futuro, tanto los gobiernos como las empresas tendrán que escuchar los reclamos de los usuarios y proponer nuevas maneras de darles un mejor servicio, a un precio asequible.

Hay muchos ejemplos en la región que demuestran que tenemos la capacidad de hacerlo. Argentina lo hace con un programa de transporte y protección social conocido como el SUBE. El programa deposita subsidios directos en las tarjetas de los viajeros más pobres, aliviando la carga del gasto en transporte para uno de cada tres habitantes de Buenos Aires.

En Colombia, Empresas Públicas de Medellín (EPM) hace muchos años que es un líder reconocido en la atención al cliente. EPM no solo ofrece programas flexibles para facilitar el pago de servicios de agua y electricidad a hogares de bajos ingresos. También los ayuda a comprar electrodomésticos más eficientes y ecológicos, para que los gastos familiares sean menores y la red de servicios sea más sostenible. Con el apoyo del BID, EPM durante 25 años ha invertido en plantas para el tratamiento de aguas residuales. Gracias a ello, el río Medellín es uno de los ríos urbanos más limpios del hemisferio, y sus orillas se han convertido en un lugar de recreación y encuentro para todos los habitantes de la ciudad.

Junto con el cambio de foco de la inversión en activos a los servicios, el segundo gran cambio de paradigma desde que asumí la presidencia del BID es la concepción de la sostenibilidad de la infraestructura. El cambio climático, el valor de la biodiversidad, y las nuevas expectativas de participación social han alterado para siempre la definición de un proyecto sostenible.

Hoy no podemos construir una carretera en una zona costanera sin anticipar primero cómo el aumento en el nivel del mar podría afectarla. O no podemos proponer una hidroeléctrica que implicará el desplazamiento de comunidades indígenas, sin conseguir su autorización en un proceso completamente transparente.

Y no podemos seguir planificando la infraestructura del futuro sin tener en cuenta los compromisos asumidos para combatir el cambio climático en el contexto del Acuerdo de París. Esos compromisos nos obligan a empezar a desarrollar hoy una infraestructura limpia, creando una matriz energética con cero emisiones netas de carbono. Tenemos que aprovechar las soluciones y el potencial que proveen las fuentes de energía renovables, como la eólica y solar. También tenemos que explorar cómo la infraestructura natural puede sustituir los servicios que presta la infraestructura gris.

Si no actuamos de manera sostenible y luchamos contra el cambio climático, entonces estamos poniendo en riesgo nuestro futuro.

¿Cómo lograrlo? La respuesta es más y mejor inversión. Por la falta de inversión, cada año la región crece un punto menos de lo que podría. Por eso, es aún más importante invertir en infraestructura ahora, justamente

para empujar la recuperación económica una vez que dejemos atrás los confinamientos de la pandemia.

La buena noticia es que hoy no hace falta irnos a Nueva York o Tokio para captar inversiones. Los fondos de pensiones en nuestra propia región hoy gestionan más de US\$3 billones (los llamados trillones en inglés). Pero por ahora, los fondos de pensiones invierten solo el 1% de sus activos en infraestructura. Esto debe cambiar.

La ironía es que tenemos los fondos y la tecnología para multiplicar estos proyectos. Pero nos falta la ambición y la creatividad para ponerlos en marcha. Estoy convencido de que los nuevos paradigmas nos abren la puerta a una nueva época en la infraestructura.

Este libro aporta una mirada inédita hacia el futuro de los servicios de transporte, energía y agua y saneamiento. Se asoman revoluciones tecnológicas como la telefonía 5G, los vehículos autónomos y la energía solar generada en los hogares, que nos obligarán a abandonar muchos de los supuestos de la época anterior. Esta revolución, que en parte ya está en curso, presenta grandes oportunidades. Pero tenemos que manejarlo bien.

Los desafíos que enfrentamos son colosales, pero también lo son las oportunidades. La inversión en infraestructura ayudará a poner en marcha las economías una vez superada la emergencia de la pandemia del coronavirus. Pero este libro demuestra que, además, enfocando esfuerzos en mejorar los servicios, y abrazando las oportunidades que brindan las nuevas tecnologías, podemos crear la infraestructura y brindar los servicios que nuestras sociedades merecen para salir de esta crisis fortalecidos y más resilientes.

Luis Alberto Moreno

Presidente

Banco Interamericano de Desarrollo

Agradecimientos

Desarrollo en las Américas (DIA) es la publicación insignia del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta edición fue producida bajo la dirección de Eduardo Cavallo, economista principal del Departamento de Investigación; Andrew Powell, asesor principal del Departamento de Investigación, y Tomás Serebrisky, asesor económico principal del Departamento de Infraestructura y Energía.

José Agustín Aguerre, gerente del Sector de Infraestructura y Energía, y Eric Parrado, economista jefe y gerente general del Departamento de Investigación, proporcionaron una orientación constante y asesoría técnica a lo largo de la vida de este proyecto.

Los principales autores de cada capítulo son los siguientes:

- Capítulo 1 Tomás Serebrisky, Ancor Suárez-Alemán, Juan Pablo Brichetti y María Eugenia Rivas
- Capítulo 2 Tomás Serebrisky, Ancor Suárez-Alemán y Cinthya Pastor
- Capítulo 3 Andrew Powell
- Capítulo 4 Fabiana Machado, Michelle Hallack, María Eugenia Rivas, Cinthya Pastor, Darcia Datshkovsky y Laureen Montes Calero
- Capítulo 5 Tomás Serebrisky, Tommy Murphy, Juan Pablo Brichetti y Pau Puig
- Capítulo 6 Bridget Hoffmann, María Eugenia Sanin y Adrien Vogt-Schilb
- Capítulo 7 Adrien Vogt-Schilb, María Eugenia Sanin y Bridget Hoffmann
- Capítulo 8 Allen Blackman, Roberto Guerrero, Robin Hamaker-Taylor, Amanda Rycerz, Maja Schling y Laura Villalobos
- Capítulo 9 Michelle Hallack, David López Soto, María Eugenia Sanin y Virginia Snyder
- Capítulo 10 Agustina Calatayud y Juan Carlos Muñoz
- Capítulo 11 Fabiana Machado
- Capítulo 12 Eduardo Cavallo, Juan Pablo Brichetti y Tomás Serebrisky
- Capítulo 13 Tomás Serebrisky y Antonio Estache

Un comité científico asesor proporcionó orientación crítica y realimentación en diferentes etapas del proceso de preparación de este libro: Joisa Campanher Dutra (Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura, Fundação Getúlio Vargas), Antonio Estache (Université Libre de Bruxelles), Andrés Gómez-Lobo (Universidad de Chile), Fernando Navajas (Universidad de La Plata y Fundación de Investigaciones Económicas), Omar Paganini (Ministro de Industria, Energía y Minería de Uruguay) y Juan Pablo Rud (Royal Holloway, University of London).

Numerosos miembros del equipo de Administración del BID compartieron sus conocimientos y asesoría: Carola Álvarez, Federico Basañes, Sergio Campos, Juan Antonio Ketterer, Emilio Pineda, Néstor Roa, Ana María Rodríguez, Alexandre Rosa y Ariel Yépez.

La producción de este libro estuvo a cargo de Tom Sarrazin, del Departamento de Investigación. Rita Funaro realizó un excelente trabajo de edición de la versión en inglés. Cathleen Conkling-Shaker y John D. Smith compilaron las referencias. Steven Kennedy corrigió el manuscrito en inglés. La edición en español fue traducida por Alberto Magnet y editada por Claudia M. Pasquetti. La versión en portugués fue traducida por Hilda Lemos.

Los siguientes ayudantes de investigación efectuaron una contribución importante a este proyecto: Carlos Bolívar, Marina Conesa Martínez y Karla Hernández Romero.

Agradecemos especialmente a los equipos administrativos del Departamento de Infraestructura y Energía y del Departamento de Investigación, que dedicaron un esfuerzo enorme a avanzar en todos los pasos requeridos para producir este libro. Particularmente a Beatriz Contreras, Myriam Escobar, Elton Mancilla, Greta Mills, Aglae Parra, María Ricart, Mariela Semidey, Adela Torrente y Federico Volpino.

Pablo Bachelet, Fernanda Camera, Sheila Fernández, Luz Ángela García, Julio Marengo, Anamaría Nuñez, Raphaëlle Ortiz, Luis Carlos Pérez y Tom Sarrazin contribuyeron enormemente en la estrategia de comunicación y divulgación.

Numerosos colegas colaboraron con sus aportes técnicos a este informe, entre ellos: Arturo Alarcón, Mauro Alem, Luis Andrés, Issei Aoki, Gastón Astesiano, Silvia Barrantes, Marcello Basani, María Julia Bocco, Anna Camilo, Sebastián Campanario, Francesca Castellani, Miguel Ángel Castro, Pedro Coli, Julien Collaer, Leonardo Corral, Cecilia Correa, María Eugenia de la Peña, Roberto de Michele, Esteban Diez Roux, Julian Dörr, Serena Emanuel, Marianne Fay, Analía Gómez Vidal, Mario González, Alisha Holland, Ana María Ibáñez, José Luis Irigoyen, Alberto Levy, Kleber Machado, Edwin Malagón, Sebastián Martínez, Natacha Marzolf, Gustavo

Méndez, Luisa Mimmi, Oscar Mitnik, Carlos Mojica, Mauro Nalesso, Pablo Pereira, Andrés Pereyra, Daniel Pérez, María Cecilia Ramírez, Alex Riobo, Paola Rodríguez, Elías Rubinstein, Edgar Salgado, Mariana Silva, Alejandro Taddia, Mauricio Tolmasquim, Luis Uechi, Manuela Velásquez y Beatriz Zimmermann.

Además de los autores, numerosos investigadores participaron en la preparación de valiosos documentos de antecedentes que proporcionaron información novedosa y útiles estudios de casos: Diego Aboal, María Cecilia Acevedo, Juan Alberti, Leandro Arias, José Barbero, Raúl Barrientos, Diego Barril, Paola Bueno, Claudia Calderón, Sebastián Campanario, Joisa Campanher Dutra, Miguel Ángel Castro, Omar Chisari, Enrique Chueca, Eli Cohen, Walter Cont, Ariel Coremberg, Jorge Cornick, Glen Daigger, Morgane de Halleux, Guillermo Donoso, Rocío Echeverría, Angélica Fernández, Gustavo Ferro, Rodolfo Fiadone, Manuel García Goñi, Pedro Hancevic, Fernando Herrero, Julia Hollnagel, Pablo Iorio, Yi Ji, Upmanu Lall, José Daniel Lara, Joaquín Lennon, Leonardo Mastronardi, Mariano Maszoro, Shaun McRae, Alexandre Mejdalani, Florencia Millán, Aldo Musacchio, Fernando Navajas, Manoel Nogueira, Héctor Núñez, Demitrios Papaioannou, Joshua Paternina, Martín Pereyra, Stephen Perkins, Oscar Ponce de León, Juan José Price, Andy Ricover, Juan Rosellón, Carolina Rovira, María Dolores Rovira, Luis Rubalcaba, Juan Pablo Rud, Christian Ruzzier, Tatiana Samsonova, Manuel Sánchez-Masferrer, Will Sarni, Walter Sosa Escudero, Esteban Travaglianti, Francesc Trillas, Santiago Urbiztondo, José Manuel Vassallo, Juan Cruz Vieyra, Juan Pablo Vila, Nickolay Voutchkov, Z'leste Wanner, Frank Wolak y Gonzalo Zunino.

Las opiniones expresadas en esta publicación pertenecen a los coordinadores del proyecto y autores de los capítulos correspondientes, y no reflejan de ninguna forma las opiniones del Banco Interamericano de Desarrollo ni de sus directores ejecutivos.

Lista de colaboradores

Allen Blackman, ciudadano estadounidense, posee un Doctorado en Economía de la Universidad de Texas. Es asesor económico principal en el Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible del Banco Interamericano de Desarrollo.

Juan Pablo Brichetti, ciudadano argentino, posee una Maestría en Administración Pública de la Universidad de Columbia en Nueva York y una Maestría en Economía de la Universidad de San Andrés en Buenos Aires. Es economista en el Sector de Infraestructura y Energía del Banco Interamericano de Desarrollo.

Agustina Calatayud, ciudadana argentina, posee un Doctorado en Ingeniería Mecánica y Sistemas de la Universidad de Newcastle. Es especialista sénior de transporte en la División de Transporte del Banco Interamericano de Desarrollo.

Eduardo Cavallo, ciudadano argentino y estadounidense, posee un Doctorado en Políticas Públicas de la Universidad de Harvard. Es economista principal en el Departamento de investigación del Banco Interamericano de Desarrollo.

Darcia Datschkovsky, ciudadana mexicana, posee una Maestría en Políticas Públicas con Especialización en Energía y Recursos de la Tierra de la Universidad de Texas en Austin. Es economista de la División de Agua y Saneamiento del Banco Interamericano de Desarrollo.

Antonio Estache, ciudadano belga, posee un Doctorado en Economía de la Universidad Libre de Bruselas. Es profesor de economía en su alma máter y miembro del Centro Europeo de Investigación Avanzada en Economía y Estadística.

Roberto Guerrero, ciudadano mexicano, posee un Doctorado en Economía del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Es economista asociado sénior en el Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible del Banco Interamericano de Desarrollo.

Michelle Hallack, ciudadana brasileña, posee un doctorado en Economía de la Universidad de París Sud. Es especialista sénior de la División de Energía del Banco Interamericano de Desarrollo.

Robin Hamaker-Taylor, ciudadana estadounidense, posee una Maestría en Política Ambiental y Regulación de la London School of Economics. Es consultora en temas de Políticas en Cambio Climático y Riesgos en Acclimatise Group Ltd.

Bridget Hoffmann, ciudadana estadounidense, posee un Doctorado en Economía de la Universidad de Northwestern. Es economista especialista del Departamento de Investigación del Banco Interamericano de Desarrollo.

David López Soto, ciudadano mexicano, posee una Maestría en Economía de El Colegio de México. Es economista de la División de Energía del Banco Interamericano de Desarrollo.

Fabiana Machado, ciudadana brasileña, posee un Doctorado en Ciencias Políticas de la Universidad de Rochester. Es economista sénior de la División de Agua y Saneamiento del Banco Interamericano de Desarrollo.

Laureen Montes Calero, ciudadana nicaragüense, tiene una Maestría en Desarrollo y Globalización del Instituto de Política de Desarrollo de la Universidad de Amberes. Es economista en la División de Transporte del Banco Interamericano de Desarrollo.

Juan Carlos Muñoz, ciudadano chileno, tiene un Doctorado en Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de California, Berkeley. Es profesor del Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística de la Universidad Católica de Chile.

Tommy E. Murphy, ciudadano argentino, posee un Doctorado en Economía de la Universidad de Oxford. Es profesor asociado del Departamento de Economía de la Universidad de San Andrés en Buenos Aires.

Cinthya Pastor, ciudadana peruana, posee una Maestría en Administración Pública y Desarrollo Internacional de la Universidad de Harvard. Es economista en el Sector de Infraestructura y Energía del Banco Interamericano de Desarrollo.

Andrew Powell, ciudadano de Reino Unido, posee un Doctorado en Economía de la Universidad de Oxford. Es asesor principal en el Departamento de investigación del Banco Interamericano de Desarrollo.

Pau Puig Gabarró, ciudadano español, posee una Maestría en Gestión Internacional de la Empresa de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo en Madrid y una Maestría en Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona. Es especialista en telecomunicaciones en la División de Conectividad, Mercados y Finanzas del Banco Interamericano de Desarrollo.

María Eugenia Rivas, ciudadana uruguaya, posee una Maestría en Economía de Transporte de la Universidad de Leeds. Es economista en el Sector de Infraestructura y Energía del Banco Interamericano de Desarrollo.

Amanda Rycerz, ciudadana estadounidense, posee una Maestría en Desarrollo Ambiental de la London School of Economics. Es consultora en Acclimatise Group Ltd.

María Eugenia Sanin, ciudadana uruguaya, posee un Doctorado en Economía de la Universidad Católica de Louvain. Es economista en el Sector de Infraestructura y Energía del Banco Interamericano de Desarrollo.

Maja Schling, ciudadana alemana, posee un Doctorado en Economía de la American University. Se desempeña como especialista en economía en el Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible del Banco Interamericano de Desarrollo.

Tomás Serebrisky, ciudadano argentino, posee un Doctorado en Economía de la Universidad de Chicago. Es asesor económico principal en el Departamento de Infraestructura y Energía del Banco Interamericano de Desarrollo.

Virginia Snyder, ciudadana estadounidense y uruguaya, posee un MBA de la Universidad de San Diego, California. Es especialista sénior de la División de Energía del Banco Interamericano de Desarrollo.

Ancor Suárez Alemán, ciudadano español, posee un Doctorado en Economía de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Es especialista en asociaciones público-privadas en la Vicepresidencia de Países del Banco Interamericano de Desarrollo.

Laura Villalobos, ciudadana costarricense, posee un Doctorado en Economía de la Universidad de Gothenburg. Es consultora en el Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible del Banco Interamericano de Desarrollo.

Adrien Vogt-Schilb, ciudadano francés, posee un Doctorado en Economía de la Universidad París Est. Es economista sénior de la División de Cambio Climático del Banco Interamericano de Desarrollo.

Parte 1 El contexto



Los servicios: el lado olvidado de la infraestructura

La palabra “*infraestructura*” tiene diferentes significados para diferentes personas. La mayoría suele asociarla con estructuras como puertos, aeropuertos, caminos, alcantarillado y centrales eléctricas. Son menos las que la asocian con los servicios que esas estructuras prestan, aunque lo que consumen son estos servicios. La electricidad, el transporte, el agua y el saneamiento son servicios indispensables en las sociedades modernas, que permiten que las personas sean productivas y saludables y alcancen sus aspiraciones.¹

Este libro se centra en los servicios de infraestructura que los consumidores necesitan y demandan, pero que a menudo se ven eclipsados por la atención que se brinda a las estructuras de hormigón y acero. Basta considerar, por ejemplo, el caso del agua. Los consumidores entienden la necesidad de contar con plantas de tratamiento y tuberías para transportar el agua a sus hogares. Sin embargo, lo que realmente quieren es poder abrir el grifo en cualquier momento del día o de la noche y tener agua potable limpia con la presión adecuada.

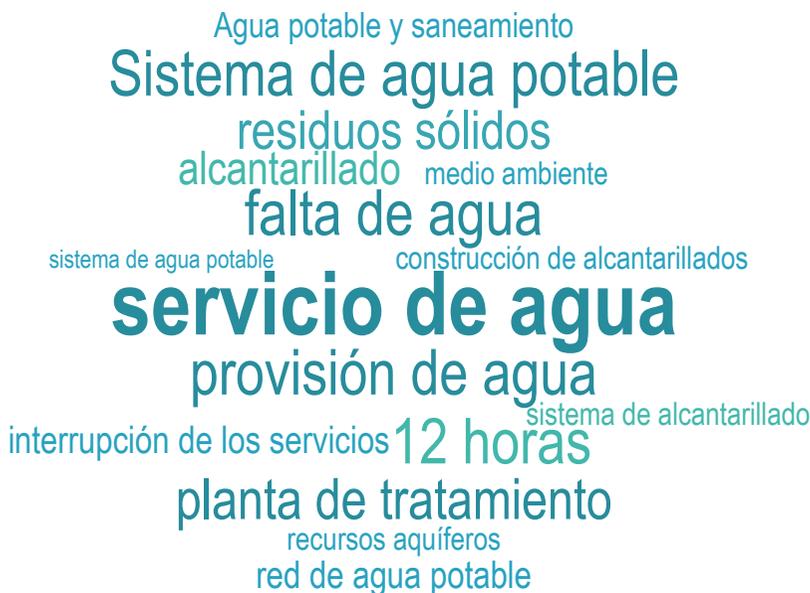
Un análisis de las conversaciones en las redes sociales confirma que la cantidad y calidad de los servicios son mucho más importantes para los usuarios que la disponibilidad o la construcción de activos.² La nube de

¹ En este libro, el término *infraestructura* se refiere exclusivamente a la *infraestructura económica* (energía, transporte, telecomunicaciones y agua y saneamiento). La *infraestructura social* (escuelas, hospitales, tribunales) y los servicios que proporcionan presentan muchas características y retos similares a los de la *infraestructura económica*, pero no se abordarán en este libro.

² Análisis de las conversaciones en Twitter en español que se produjeron entre 2016 y 2018. La calidad, la continuidad y el acceso son preocupaciones de primer orden en materia de energía y agua, mientras que la asequibilidad y la contaminación dominan las conversaciones digitales sobre los servicios de transporte. El análisis excluyó las cuentas de proveedores de servicios y funcionarios públicos con el fin de reflejar de forma más adecuada las prioridades de los consumidores.

palabras en las conversaciones sobre agua y saneamiento confirma el predominio de aquellas relacionadas con el suministro de los servicios, como la continuidad y la potabilidad (véase el gráfico 1.1).

Gráfico 1.1 Conversaciones digitales sobre los servicios de suministro de agua en América Latina y el Caribe



Fuente: Calderón, Fernández Gómez Platero y Wanner (2020).

Notas: El Sector de Conocimiento, Innovación y Comunicación (KIC) del BID llevó a cabo un análisis de los mensajes en las redes sociales (Twitter) en América Latina y el Caribe entre 2016 y 2018 para identificar palabras clave utilizadas por los usuarios de las redes sociales en mensajes relacionados con los servicios de infraestructura. El principal objetivo era caracterizar las interacciones con el fin de evaluar si la atención de los usuarios estaba directamente relacionada con el suministro de los servicios.

Los servicios de infraestructura son tan esenciales para las empresas como para las personas. Son insumos indispensables en los procesos de producción; los problemas de suministro, la mala calidad y la falta de confiabilidad influyen directamente en los costos y en la competitividad de las empresas. El cuadro 1.1 presenta el porcentaje de empresas en América Latina y el Caribe que identifican los servicios de suministro de electricidad, agua y servicios de transporte como una de las principales limitaciones para sus actividades productivas. En el caso de la electricidad, las empresas que sufren apagones son considerablemente menos productivas y rentables que aquellas que disfrutaron de un consumo ininterrumpido de electricidad. Las empresas que experimentan cortes de energía informan

pérdidas anuales del 2,4% en las ventas, mientras que aquellas que sufren la incidencia más alta de apagones (el 10% más afectado por las interrupciones del suministro eléctrico) registran pérdidas anuales de hasta un 3,4% en las ventas (Acevedo, Borensztein y Lennon, 2019).

La mayoría de los debates de política pública y los informes producidos por la academia, los *think-tanks* y las instituciones multilaterales de desarrollo se centran en la necesidad de invertir más en infraestructura en América Latina y el Caribe para mejorar la cantidad y la calidad de los servicios de infraestructura. El foco en la inversión es de prever, porque en las últimas décadas la región ha reducido la inversión en infraestructura (véase el capítulo 3). Este libro reconoce la urgente necesidad de impulsar la inversión en infraestructura, pero argumenta que los gobiernos deben adoptar medidas decisivas y simultáneas en otros dos frentes: la eficiencia del proceso de inversión y la regulación de los servicios. En América Latina y el Caribe hay amplio espacio para aumentar la eficiencia de la inversión en infraestructura, es decir, la capacidad para generar más activos y mejores servicios con los recursos que actualmente se asignan a infraestructura. La región también se enfrenta al reto de perfeccionar las políticas regulatorias, las instituciones y los instrumentos que establecen las reglas del juego para que los proveedores aumenten la disponibilidad y la calidad de los servicios.

Cuadro 1.1 Problemas de los servicios de infraestructura identificados por las empresas

	Porcentaje de empresas que experimentan apagones eléctricos	Porcentaje de empresas que definen la electricidad como una de las principales dificultades	Porcentaje de empresas que experimentan insuficiencias en el suministro de agua	Porcentaje de empresas que definen el transporte como una de las grandes dificultades
Europa y Asia Central	38,0	20,1	6,7	10,2
Asia Oriental y Pacífico	48,0	15,0	10,2	13,4
Oriente Medio y Norte de África	51,6	34,1	19,0	17,6
América Latina y el Caribe	59,2	32,2	15,9	23,7
Panamá (2010)	21,6	4,2	7,6	0,5
Bolivia (2017)	35,1	23,6	18,5	29,7
Chile (2010)	42,6	30,1	1,8	27,2
México (2010)	45,1	46,7	9,2	26,2
Brasil (2009)	45,8	46,0	6,4	27,9

(continúa en la página siguiente)

Cuadro 1.1
Problemas de los servicios de infraestructura identificados por las empresas (continuación)

	Porcentaje de empresas que experimentan apagones eléctricos	Porcentaje de empresas que definen la electricidad como una de las principales dificultades	Porcentaje de empresas que experimentan insuficiencias en el suministro de agua	Porcentaje de empresas que definen el transporte como una de las grandes dificultades
El Salvador (2016)	47,6	19,1	24,3	16,0
Costa Rica (2010)	49,4	63,2	13,0	54,3
Nicaragua (2016)	49,9	25,1	26,3	10,5
Perú (2017)	52,2	27,5	10,0	28,8
Colombia (2017)	53,9	50,1	8,2	42,4
República Dominicana (2016)	54,1	37,6	13,9	13,8
Guatemala (2017)	54,4	11,7	11,6	19,2
Barbados (2010)	55,6	47,3	22,3	18,3
Uruguay (2017)	56,6	55,0	21,3	36,4
Granada (2010)	59,5	16,9	15,1	14,8
Ecuador (2017)	62,4	27,4	18,8	21,6
Venezuela (2010)	64,6	54,2	24,7	20,5
Argentina (2017)	65,1	47,2	10,4	22,8
Trinidad y Tobago (2010)	65,7	14,6	12,5	11,6
Honduras (2016)	69,8	34,5	23,3	26,5
Bahamas (2010)	75,0	24,6	12,6	14,3
Belice (2010)	78,4	36,3	20,7	56,1
Jamaica (2010)	80,9	33,7	4,8	11,8
Guyana (2010)	81,8	43,0	17,8	21,5
Paraguay (2017)	83,0	30,9	11,4	26,7
San Vicente y las Granadinas (2010)	83,3	25,4	8,4	12,0
Suriname (2018)	86,0	28,2	8,4	13,5
San Kitts y Nevis (2010)	94,0	63,7	11,2	30,9
Antigua y Barbuda (2010)	95,5	45,1	3,0	24,4
Santa Lucía (2010)	99,8	55,7	0,0	21,1
Dominica (2010)	100,0	66,1	0,0	11,8
Sur de Asia	66,2	46,1	11,3	21,1
África Subsahariana	77,5	40,5	22,7	25,8

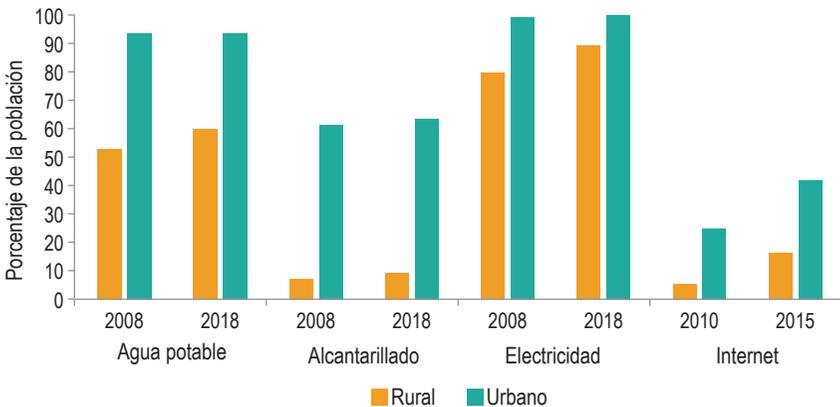
Fuente: Encuestas de empresas, Banco Mundial (2019).

Este capítulo introduce varios temas que recorren todo el libro. Comienza con una descripción de los retos de proporcionar servicios de infraestructura en la región, y luego introduce un marco que detalla cómo la interrelación entre los activos de infraestructura (*hardware*) y los instrumentos regulatorios, las prácticas de gestión y el comportamiento de los consumidores (*software*) determinan la cantidad y la calidad de los servicios de infraestructura.

Los baches en la provisión de servicios de electricidad, transporte y agua

Los beneficios de los servicios de infraestructura dependen, en primer lugar, del acceso. En la última década, este se ha extendido de manera considerable en América Latina y el Caribe (gráfico 1.2). La brecha de acceso entre las zonas urbanas y rurales se ha ido reduciendo, sobre todo en agua y electricidad. Sin embargo, la región no ha alcanzado la cobertura universal, y el logro de ese objetivo requerirá más recursos financieros e innovación tecnológica (por

Gráfico 1.2
Acceso a servicios de infraestructura, 2008 y 2018



Fuente: Datos de 2018 de la Base de Datos Socioeconómicos para América Latina y el Caribe (CEDLAS y Banco Mundial); y base de datos 2018 de los Indicadores ITC mundiales/Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

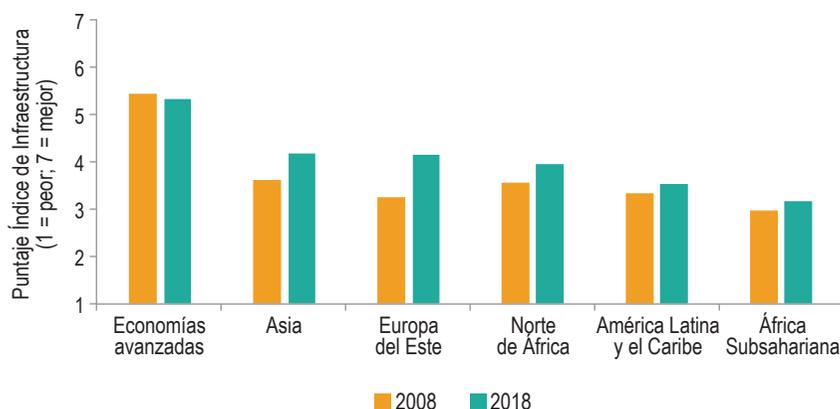
Notas: Los datos sobre el acceso a agua potable, alcantarillado y electricidad se basan en encuestas de hogares por país y provienen de SEDLAC. Los datos recogen el porcentaje de hogares que tiene acceso a los respectivos servicios. La información sobre Internet proviene de la UIT y se refiere al porcentaje de la población que tiene acceso a Internet.

**HAY UN MAYOR
ACCESO, PERO
DISTA DE SER
UNIVERSAL.**

ejemplo, soluciones de mini-redes o de generación distribuida). Aún queda un largo camino por recorrer para alcanzar el acceso universal a Internet, un insumo esencial en una economía cada vez más digitalizada.

Si bien América Latina y el Caribe ha progresado de forma admirable para universalizar el acceso, no ha conseguido proporcionar servicios de infraestructura de buena calidad. Según el Foro Económico Mundial (FEM), organización internacional independiente que recopila un índice profusamente citado sobre la calidad de los servicios de infraestructura, entre 2008 y 2018 la calidad mejoró en América Latina y el Caribe. Sin embargo, el incremento aquí es inferior que en cualquier otra región, excepto África Subsahariana, y la brecha con otras regiones, particularmente con Asia y con Europa del Este, sigue creciendo (gráfico 1.3). Dado que los servicios de infraestructura son esenciales para el crecimiento y la competitividad, es imperativo revertir esta tendencia.

Gráfico 1.3
Calidad de la infraestructura por regiones, 2008 y 2018



Fuente: FEM (2019).

Notas: La información de este gráfico se basa en el indicador de "calidad general de la infraestructura" del *Informe de competitividad global* del FEM. Este indicador oscila entre 1 (la calidad más baja) y 7 (la más alta) y se produce a partir de las respuestas a la siguiente pregunta: "¿Cómo evalúa el estado general de la infraestructura (por ejemplo, transporte, comunicaciones y energía) en su país? [1 = extremadamente subdesarrollado/entre los peores del mundo; 7 = extensivo y eficiente/entre los mejores del mundo]".

LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA HA MEJORADO, PERO SIGUE SIENDO INFERIOR EN COMPARACIÓN CON OTRAS REGIONES.

El indicador único de calidad recogido para América Latina y el Caribe oculta notables diferencias en el ingreso, en la dotación de capital, y en las instituciones de los países. Los países de la región no solo difieren en cuanto a su ingreso per cápita —un indicador de la riqueza que explica, en gran medida, la cantidad y calidad de los servicios que un país puede solventar— sino también en otras

Cuadro 1.2**Evolución de la calidad de los servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe, por país, 2008 y 2018**

	2008	2018	Cambio porcentual	
Chile	5,01	4,73		-6%
Panamá	4,24	4,70		11%
Ecuador	2,75	4,52		64%
Jamaica	3,76	4,17		11%
México	3,45	4,07		18%
Honduras	3,40	3,59		6%
Uruguay	3,67	3,59		-2%
República Dominicana	3,39	3,55		5%
Nicaragua	2,45	3,51		43%
Guatemala	3,61	3,36		-7%
El Salvador	4,56	3,30		-28%
Argentina	3,10	3,25		5%
Brasil	2,69	3,14		17%
Colombia	2,83	3,11		10%
Costa Rica	2,40	3,09		29%
Perú	2,50	3,09		24%
Bolivia	2,06	3,01		46%
Paraguay	1,87	2,56		37%
Haití	—	2,02		

Fuente: Elaboración de los autores en base a FEM (2019).

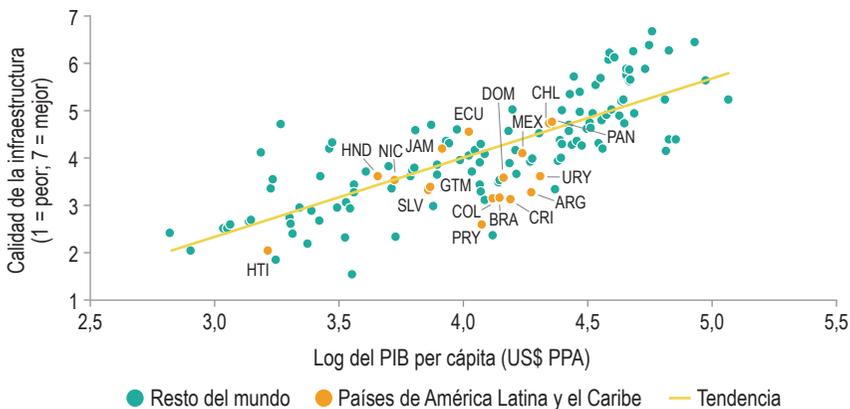
CHILE SE MANTIENE AL TOPE DEL RANKING DE CALIDAD EN 2018, PERO VARIOS PAÍSES HAN MEJORADO LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA, ALGUNOS DE MANERA NOTABLE.

características fundamentales que determinan la provisión de los servicios de infraestructura. Algunas de ellas son físicas, como la geografía, la urbanización y el clima, mientras que otras dependen de la eficiencia de factores institucionales (el Estado de Derecho, la transparencia, la efectividad de los organismos de gobierno), que también son determinantes importantes de la cantidad y calidad de los servicios de infraestructura. El cuadro 1.2 presenta la evolución del indicador de calidad de cada país entre 2008 y 2018. La calidad en Chile ha caído en este período, aunque

sigue siendo el país con el índice más alto en 2018. Al mismo tiempo, la mayoría de los países de la región ha mejorado su índice, y algunos lo han hecho de manera sobresaliente (Bolivia, Ecuador, Nicaragua y

Paraguay).³ Sin embargo, los avances no pueden ocultar una realidad evidente, a saber, que la calidad de los servicios en América Latina y el Caribe es inferior a lo que habría de esperar a partir de su ingreso. La gran mayoría de los países de la región se sitúa por debajo de la línea de predicción que vincula el ingreso per cápita con la calidad de los servicios. Hay muy pocos países de la región que se destacan de manera positiva (Chile, Ecuador y Panamá) y varios más que se ubican muy por debajo de la posición en la que deberían estar (gráfico 1.4).

Gráfico 1.4
Percepción de la calidad de la infraestructura por PIB per cápita



Fuente: FEM (2019).
PPA: paridad del poder adquisitivo.

EN LA MAYORÍA DE LOS PAÍSES DE LA REGIÓN LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA ES INFERIOR A LO QUE DEBERÍA SER EN FUNCIÓN DE SU NIVEL DE INGRESO.

El transporte: congestión y productividad perdida

América Latina y el Caribe es la región más urbanizada del mundo en desarrollo: más del 80% de sus habitantes vive en ciudades. Por ello, el transporte urbano es vital para acceder al trabajo, a la atención sanitaria y a la

³ Desafortunadamente, la información disponible sobre cómo se construye el índice de calidad no permite identificar los elementos impulsores (cambio en la inversión, mejora en la gestión de los servicios, sistemas de regulación más efectivos, entre otros) que explican los aumentos o disminuciones en el valor del índice de calidad. La subsección sobre ineficiencia de la inversión de este capítulo vincula la evolución de la inversión con la evolución de la calidad y presenta *rankings* de eficiencia.

educación. Sin embargo, el tiempo promedio de los viajes en las megaciudades de la región es de casi 90 minutos (Serebrisky, 2014). Para las personas que pasan ese lapso viajando, el transporte sigue de cerca a la seguridad pública como la principal prioridad para mejorar la calidad de vida. Las distancias de traslado en América Latina y el Caribe son más cortas que las de quienes se desplazan en las economías más avanzadas, pero se tarda más tiempo en recorrerlas: según Moovit, una aplicación digital de movilidad, el viaje promedio en el transporte público es de 7,3 kilómetros, casi un kilómetro menos que el viaje promedio en las economías avanzadas, pero demora al menos 13 minutos más. Los mayores tiempos de viaje son, en gran medida, una consecuencia de la creciente congestión. De acuerdo con la base de datos de Resultados de Tráfico 2019 de INRIX, Bogotá, Ciudad de México, São Paulo y Rio de Janeiro se encuentran entre las 10 ciudades más congestionadas del mundo. A su vez, esto se deriva de una motorización en rápido aumento. La propiedad de vehículos en la región subió un 63% entre 2005 y 2015, pasando de 127 a 201 vehículos por cada 1.000 habitantes (Rivas, Suárez-Alemán y Serebrisky, 2019a). El transporte interurbano también plantea retos. En la región, el 85% de la carga (por peso) se transporta por carretera (solo Brasil y México trasladan un porcentaje importante por ferrocarril), pero la productividad del transporte terrestre deja mucho que desear: el número de kilómetros que un camión recorre al año en América Latina y el Caribe es un 40% menor que en Estados Unidos o en la Unión Europea (UE).⁴

Agua y saneamiento: demasiado poca y demasiado sucia para beber

Los servicios de agua y saneamiento de la región presentan grandes deficiencias. Los datos de BID/LAPOP 2019 muestran que en 2018 el hogar promedio en América Latina y el Caribe tenía agua 18 horas al día, aunque los habitantes de algunos países disfrutaban de un servicio casi ininterrumpido (Costa Rica), mientras que otros tienen agua solo 13 horas diarias (Guatemala). A pesar de que la cobertura de agua potable se sitúa en torno al 80% en la mayoría de los países, menos del 60% de las personas opta por beber el agua de grifo que recibe. México es el caso extremo: solo el 16% de los mexicanos declara beber agua del grifo, aun cuando la

⁴ Más allá de la congestión, los desafíos del crecimiento para el sector transporte son las emisiones (con una alta incidencia de los niveles de contaminación local en varias ciudades de países de América Latina y el Caribe) y la seguridad vial, cuya carencia es la mayor causa de mortalidad para los menores de 15 años en la región. Para más detalles sobre la evolución de las emisiones vehiculares, véase el capítulo 7; para seguridad vial, los capítulos 4 y 10.

cobertura asciende a 81%. La realidad es que la calidad del suministro de agua depende del tratamiento adecuado, tanto del agua potable como de las aguas residuales. Si los servicios de saneamiento descargan aguas residuales no tratadas en cauces de agua limpia, las empresas de suministro de agua potable están luchando una batalla perdida. La región acusa un rezago en los servicios de tratamiento de agua: solo el 22% de las aguas residuales se manejan de manera segura, en comparación con el promedio mundial de 39%, aunque Chile (85%) y Uruguay (63%) han hecho avances importantes.⁵ En términos regionales, en este aspecto, tan solo África Subsahariana y el Sur de Asia están por detrás de América Latina y el Caribe.

La electricidad: demanda y oscuridad

Mientras que la frecuencia y la duración de los apagones en América Latina y el Caribe son mucho menores que en África Subsahariana, no son inferiores a los de Asia o Europa del Este. La región se enfrenta a un rápido crecimiento de la demanda de electricidad, alimentada por la actividad económica y por una clase media que adquiere electrodomésticos como aire acondicionados y lavarropas que necesitan electricidad para funcionar. Una comparación de la cesta del consumo de electricidad en Brasil y Francia proporciona perspectivas acerca del crecimiento potencial de la demanda. Los hogares en el decil más bajo de la distribución del ingreso en Francia consumen la misma cantidad de electricidad (1.500 kWh al año) que el quinto decil en Brasil (Grottera et al., 2018). En total, el consumo promedio por hogar (2.000 kWh al año) es solo cerca de la mitad del consumo promedio en Europa (3.700 kWh al año). Si las economías se atienen a los compromisos asumidos en relación con la mitigación del cambio climático, el transporte y la calefacción, entre otras actividades, funcionarán con electricidad en el futuro y por lo tanto su demanda aumentará de manera considerable. Un aspecto positivo es que América Latina y el Caribe sigue siendo la región que tiene la matriz eléctrica más limpia, gracias al importante desarrollo histórico de la energía hidroeléctrica, que a 2019 representaba la mitad de toda la electricidad generada, y al incremento de las fuentes renovables no convencionales (eólica y solar), que aumentaron su rol en la generación, partiendo casi de cero en 2010 a 75.000 GWh en 2017, lo que representa el 5% de toda la electricidad generada. Al mismo tiempo, la búsqueda de seguridad energética ha impulsado el crecimiento de fuentes no renovables, sobre todo el gas natural, que duplicó su rol en

⁵ Véase la base de datos global de OMS/UNICEF sobre suministro de agua, saneamiento e higiene (WASH, por sus siglas en inglés).

términos de generación entre 2000 y 2017. Como en el caso del agua, definir la calidad de los servicios más allá de la confiabilidad del suministro (que no haya apagones) para incluir las preocupaciones ambientales aumentará la presión para ampliar el uso de fuentes renovables y, simultáneamente, para invertir en eficiencia energética con el fin de reducir la demanda.

Lo ideal versus lo real: el costo y la calidad explican la diferencia

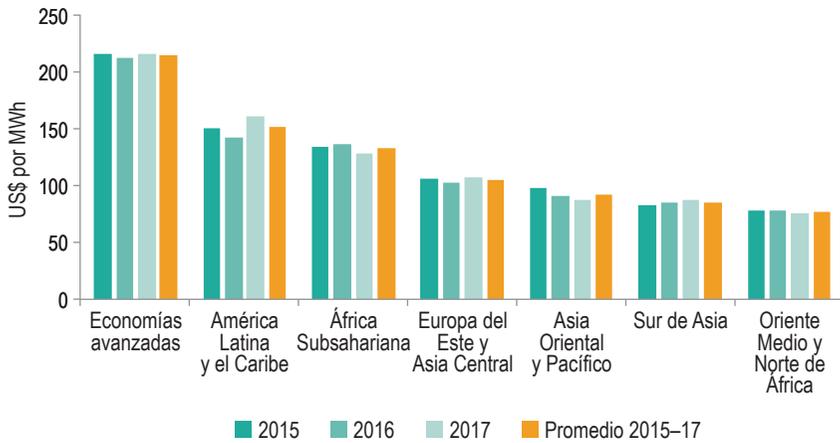
El ideal para los consumidores es tener servicios de alta calidad, producidos al menor costo posible, y suministrados a precios bajos. Lamentablemente, en América Latina y el Caribe la realidad es bastante diferente. La calidad del servicio es baja y los precios son altos, al menos cuando se los comparan con otras regiones en desarrollo.

Los precios de la electricidad y del agua son más altos en América Latina y el Caribe que en cualquier otra región en desarrollo, aunque son más bajos que en las economías avanzadas (gráfico 1.5).

La electricidad, el transporte y el agua son servicios esenciales. Cuando los precios son elevados, su consumo absorbe un importante porcentaje del ingreso de los hogares. Eventualmente, precios elevados inducen a una reducción en el consumo hasta niveles inferiores a los que serían necesarios para satisfacer las necesidades básicas. En América Latina y el Caribe, quienes ocupan la mitad inferior de la distribución del ingreso gastan una proporción mayor de su ingreso en servicios de infraestructura que en cualquier otra región en desarrollo (gráfico 1.6). Para los más pobres, la diferencia es aún más pronunciada, lo cual demuestra que la asequibilidad es un problema. La evidencia complementaria y más circunstancial indica que las personas consumen menos de lo que consumirían si pudieran pagar por los servicios. Según los resultados de una pregunta añadida a la encuesta Latinobarómetro de 2018, un alto porcentaje de la población de la región dice sufrir el calor o el frío. Es muy probable que esto refleje tanto una falta de acceso a equipos (por ejemplo, aire acondicionado) como una demanda más baja de servicios (electricidad, en el caso del aire acondicionado) de lo que se requeriría para sentirse cómodo. La evidencia para el sector del transporte indica que los hogares pobres no pueden pagar por los servicios que necesitan. Rivas, Serebrisky y Suárez-Alemán (2018) informan sobre importantes diferencias entre los deciles de ingreso en el porcentaje de personas que caminan en relación con otras formas de transporte utilizadas. En Cali, la diferencia en el porcentaje de personas que se desplazan a pie entre el decil de ingreso más bajo y el más alto es de un 32%, mientras que en Montevideo la diferencia asciende al 31% y en Chile al 28%. Aunque la asequibilidad para el consumo de servicios de infraestructura es un problema, sobre todo para

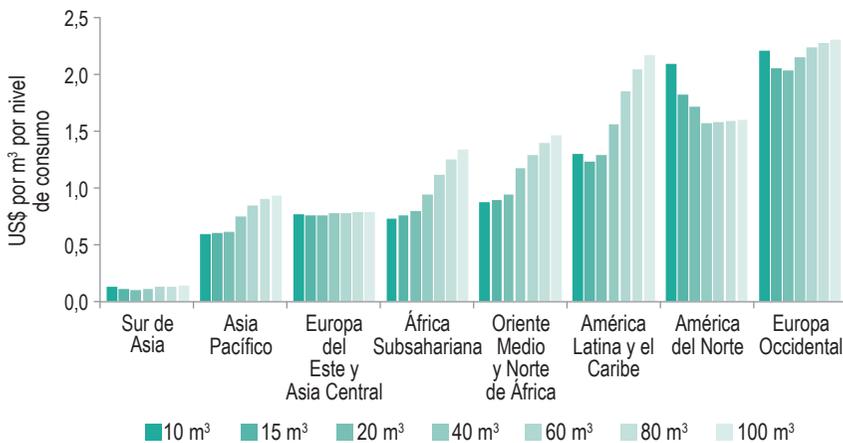
Gráfico 1.5 Precios de la electricidad y el agua, por regiones, 2015-17

Panel A. Precios minoristas de la electricidad por región



Fuente: Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (2019).

Panel B. Precio minorista de un metro cúbico de agua potable por región



Fuente: Brichetti (2019); basado en información para el año 2017 del GWI Global Water Tariff Survey 2018.

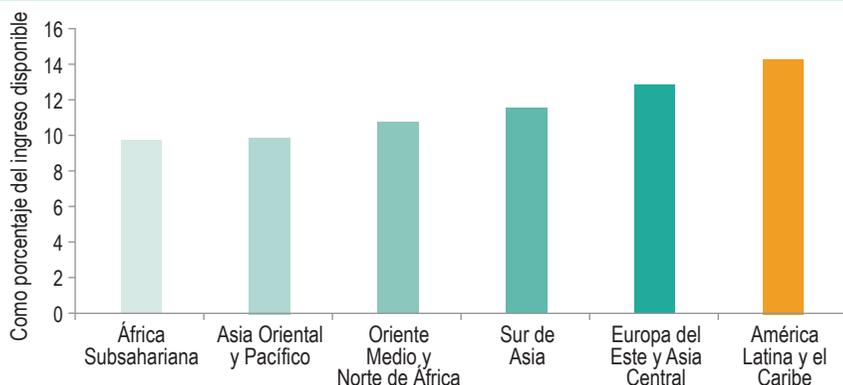
LAS TARIFAS DE LA ELECTRICIDAD Y DEL AGUA SON MÁS CARAS QUE EN OTRAS REGIONES EN DESARROLLO.

la población pobre e incluso para una buena parte de la clase media, existen pocos sistemas de subsidios focalizados en la región (Cont y Navajas, 2019).

Los consumidores no son los únicos decepcionados por el estado de los servicios. Los proveedores de servicios de infraestructura también están insatisfechos, especialmente porque muchos de ellos

Gráfico 1.6

Proporción del ingreso gastado en servicios de infraestructura según la posición relativa en la distribución global del ingreso



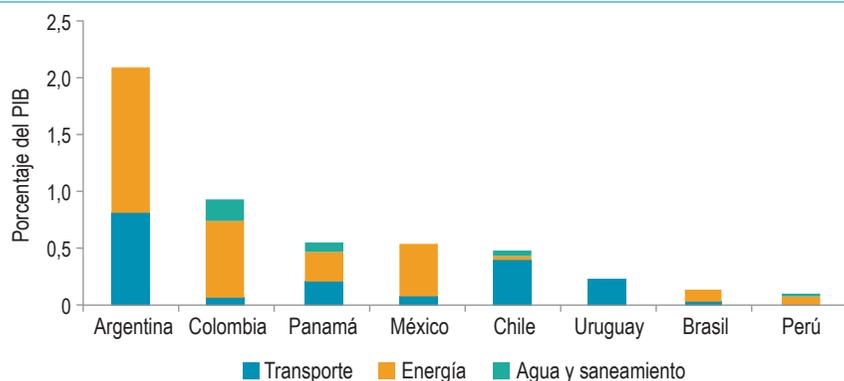
Fuente: Estache, Bagnoli y Bertomeu-Sánchez (2018).

Nota: Los servicios de infraestructura de este gráfico incluyen agua y saneamiento, transporte público, energía y comunicaciones.

no pueden recuperar totalmente los costos de provisión de los servicios. Resulta difícil obtener, por diversos motivos, datos fidedignos sobre la capacidad de los proveedores de servicios para recuperar sus costos: hay pocas empresas proveedoras de servicios que cotizan en los mercados bursátiles, donde se les requeriría que publiquen información sobre los costos; los reguladores no suelen tener sistemas de contabilidad regulatoria y no exigen a los proveedores la entrega de datos para medir sus costos; y la transparencia de las firmas de propiedad estatal es baja. La escasa evidencia disponible, sin embargo, señala que las dificultades para recuperar costos son más generalizadas en los sectores de agua y transporte urbano, y menores en electricidad. En relación con el transporte público, los proveedores de servicios formales en las ciudades rara vez recuperan los costos operativos con los ingresos tarifarios. Por ejemplo, Buenos Aires cubría solo una tercera parte y la Ciudad de Panamá la mitad de los costos operativos (datos de 2015 recolectados por Scorcia, 2018). La consecuencia inmediata de una baja recuperación de costos es la incapacidad de las empresas proveedoras de servicios para tener acceso al financiamiento comercial, el cual no solo permite realizar inversiones sino que además proporciona incentivos para mejorar el desempeño e incrementar la transparencia y la rendición de cuentas. En el caso del agua, solo una de cada cinco empresas proveedoras en América Latina y el Caribe cuenta con ingresos superiores a los costos operativos en cantidad suficiente para permitir el acceso al financiamiento comercial (Fay et al., 2017).

Gráfico 1.7

Subsidios públicos a los servicios de infraestructura, excluidas las transferencias de capital, 2018



Fuente: Brichetti y Rivas (2019b).

Nota: En este gráfico se incluyeron todas las transferencias del gobierno a instituciones, negocios e individuos no vinculadas a gastos de capital. Los subsidios se calculan utilizando información presupuestaria a nivel nacional, con la excepción de Brasil, que incluye información para los cinco estados con el PIB más alto. Los cálculos podrían estar subestimando los subsidios, dado que no incluyen los déficits de las empresas de propiedad estatal no financiados por transferencias públicas directas ni por subsidios de los gobiernos locales (la fuente de financiamiento predominante de las empresas de suministro de agua en América Latina y el Caribe). Beneficios impositivos, que podrían actuar como subsidios adicionales, no fueron incluidos a menos que estén cuantificados y catalogados explícitamente como tales en la información presupuestaria. Los datos para todos los países son de 2018, con las excepciones de Panamá y Uruguay para cuyo caso son de 2017.

Las transferencias públicas a los proveedores de servicios constituyen una señal adicional de que estos no recuperan los costos (gráfico 1.7). Un análisis de los subsidios en ocho países de la región muestra que las transferencias representan, en promedio, un 0,7% del PIB (Brichetti y Rivas, 2019b). Cabe resaltar que la incapacidad de los proveedores de servicios para recuperar los costos así como el otorgamiento de subsidios no son exclusivos de América Latina y el Caribe. Por el contrario, los subsidios operativos están ampliamente difundidos, incluso en países desarrollados, y en particular para el transporte público (Cont y Navajas, 2019).

La mala calidad del servicio, los precios más altos que los de otras regiones en desarrollo y la recuperación limitada de los costos por parte de las empresas proveedoras de servicios implican que el sector de infraestructura de América Latina y el Caribe debe aumentar su eficiencia. La eficiencia tiene varias dimensiones: abarca la eficiencia de la inversión para generar más activos; la capacidad de los proveedores de servicios para sacar el máximo provecho de sus activos existentes para proporcionar servicios, y la efectividad de las instituciones regulatorias para generar incentivos con el fin de que los proveedores de servicios reduzcan los costos y mejoren la

calidad. El capítulo 4 presenta un diagnóstico en profundidad del acceso, la calidad y la asequibilidad de los servicios de infraestructura en la región, así como ejemplos de políticas regulatorias que han ayudado a avanzar de manera tangible en la provisión de servicios.

La próxima sección presenta un marco para entender las relaciones entre el *hardware* (los activos) y el *software* (la gobernabilidad, la gestión y la regulación) de la infraestructura, centrándose en los roles del gobierno, los proveedores y los consumidores.

Activos y servicios de infraestructura: un marco para entender los vínculos

En gran medida, las deficiencias en la provisión de servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe reflejan una falta de inversión. De hecho, la cantidad de infraestructura no ha seguido el ritmo del crecimiento económico, de la urbanización ni de la expansión de la clase media, factores que han aumentado la demanda de servicios.

Sin embargo, la falta de inversión es solo una parte del problema. Uno de los mensajes clave de este libro es que la agenda de infraestructura debería centrarse en las complementariedades entre la inversión y los factores menos tangibles que determinan la provisión de servicios de infraestructura de calidad. La gestión de los activos de infraestructura, la regulación y el desempeño de las empresas que los administran, e incluso el comportamiento de los consumidores, son factores determinantes de la disponibilidad y la calidad de los servicios de infraestructura. Resulta sorprendente que estos factores “blandos” hayan recibido mucha menos atención de lo que merecen, mucha menos, desde luego, que la que se dedica a estimar las inversiones requeridas para cerrar la brecha de activos de infraestructura.

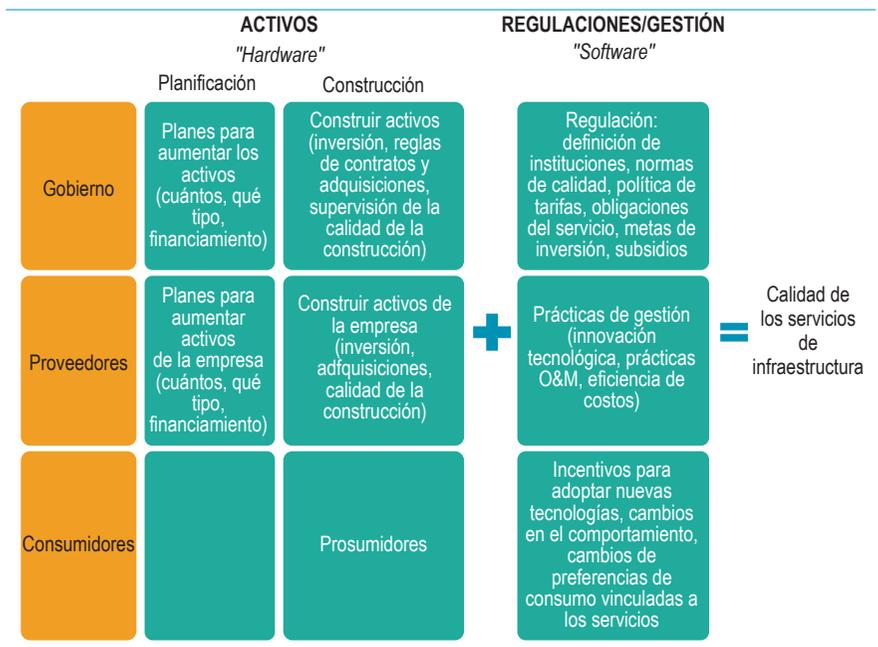
La relación entre invertir en activos de infraestructura y proporcionar servicios de infraestructura es directa: los servicios son posibles solo ante la presencia de activos que tengan la capacidad y las condiciones adecuadas. Proporcionar electricidad a los hogares y a las industrias depende de la existencia de centrales de energía y líneas de transmisión; los servicios de transporte necesitan vías férreas y caminos. El nivel de demanda de servicios puede situarse por debajo o superar la cantidad máxima de servicios que los activos disponibles son capaces de producir. Por ejemplo, un camino construido bajo supuestos erróneos respecto de su demanda potencial puede ser subutilizado. O, por el contrario, se puede congestionar si se subestimaron las necesidades o si las circunstancias cambian con el tiempo (por ejemplo, crecimiento de la población, motorización o actividad industrial). En ese mismo camino, las flotas de camiones de las empresas

de transporte pueden proporcionar servicios de transporte con niveles de eficiencia altos o bajos. Los ejemplos brindados ilustran el mensaje: la provisión de servicios de infraestructura depende no solo de la cantidad y la calidad de la infraestructura física sino también de otros factores, entre ellos la eficiencia de las firmas que utilizan dicha infraestructura para proporcionar servicios. Comprender cómo interactúan los activos y los servicios es clave para medir la contribución de la infraestructura a la economía.

En el gráfico 1.8 se presenta el marco conceptual que se utiliza en este libro para analizar cómo interactúan los activos y los servicios de infraestructura, y los roles que desempeñan el gobierno, los proveedores de servicios y los consumidores para asegurar servicios de infraestructura de alta calidad. En los capítulos siguientes se examina cada uno de los componentes del marco.

Históricamente, los gobiernos han decidido qué cantidad y tipo de infraestructura construir. Esto no tiene por qué ser así. Cada vez más, los gobiernos están permitiendo que el sector privado elija cómo, dónde y qué

Gráfico 1.8
Roles del gobierno, de los proveedores de servicios y de los consumidores para asegurar la provisión de servicios de infraestructura de alta calidad



Fuente: Elaboración de los autores.

tecnología utilizar para proporcionar servicios de infraestructura. Esto es lo que suele ocurrir con la electricidad, en cuyo caso los proveedores de servicios seleccionan las tecnologías (eólica, solar) y el mejor lugar para construir las instalaciones de generación, normalmente siguiendo ciertas directrices y según reglas establecidas por los gobiernos. Sin embargo, los gobiernos conservan la responsabilidad de prever y planificar cómo responder a la demanda agregada, cumplir con los tratados internacionales, proporcionar permisos para el uso de la tierra y abordar conflictos sociales y ambientales.

Actualmente, la construcción de la mayor parte de la infraestructura de la región corresponde al sector privado. El gobierno suele pagar por la infraestructura, pero incluso en ese caso la construcción en la práctica se contrata con empresas privadas. Y en forma creciente es el sector privado el que, además de construir la infraestructura, brinda los servicios. Los gobiernos tienen diversos grados de participación en la gobernanza y operación de los servicios.⁶ El recuadro 1.1 proporciona datos que muestran que el sector privado suministra la mayoría de los servicios de transporte de la región y cumple un rol de primer orden en la generación de energía, aunque su papel es mucho más reducido en el sector de agua y saneamiento.

Recuadro 1.1

¿Quién provee servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe: el sector privado o el sector público?

Ninguna base de datos pública brinda información acerca de la propiedad de las empresas que proporcionan servicios de infraestructura en la región. Dada esta falta de datos, para preparar este libro se llevó a cabo, en 2019, una estimación. En los resultados que se presentan más abajo, las empresas de propiedad estatal son firmas de propiedad estatal en las que el accionista mayoritario es un organismo público. Por su parte, las empresas privadas o bien son completamente privadas o tienen como accionista minoritario a un organismo estatal.

Transporte

- Todos los servicios de *transporte terrestre por camión* son suministrados por empresas privadas.
- Las empresas privadas gestionan 18 de las 20 *terminales portuarias* más grandes.
- 15 de los 20 *aeropuertos* más grandes son operados por empresas privadas. Solo una de las 20 *líneas aéreas* de mayor tamaño es de propiedad estatal.

⁶ Para un análisis detallado reciente de las características y el desempeño de las empresas de propiedad estatal en América Latina, véase Musacchio y Pineda Ayerbe (2019).

Electricidad

- La *generación* está sumamente diversificada, desde aquellos casos en los que no hay participación del sector privado (por ejemplo, Paraguay) hasta la intervención de este sector en un ciento por ciento (Chile). Las empresas privadas generan cerca de la mitad de la electricidad de la región.
- La mayor parte de la *transmisión* está bajo el control de empresas de propiedad estatal, excepto en Argentina y Chile.
- Hay pocos países que permiten que las firmas privadas *distribuyan* electricidad. Las grandes excepciones son Argentina y Chile. Las empresas privadas también cumplen algún tipo de papel en la distribución en México y Costa Rica.

Agua y saneamiento

- 40 de las 45 mayores empresas de suministro de agua son de propiedad estatal. Chile, donde la mayoría de las firmas de agua son privadas, es un caso atípico.

El gobierno establece las reglas del juego

Además de adelantar una guía acerca de cuántos, dónde y qué activos construir, el gobierno desempeña un rol fundamental en la tarea de enmarcar la regulación técnica y económica de los servicios. La regulación de las normas de calidad, la política de precios (nivel y estructura tarifaria), las obligaciones de los servicios y los compromisos de inversión son herramientas que los gobiernos tienen para proporcionar incentivos con el fin de tener servicios de infraestructura de calidad.

Se requieren sólidas instituciones y procesos de planificación para evaluar cuánta infraestructura adicional necesita un país y dónde construirla. Como se muestra en el capítulo 2, existen numerosas oportunidades para mejorar las políticas e instituciones, los instrumentos y los recursos humanos empleados en los sistemas de inversión pública de la región. Una dimensión clave a menudo ignorada en la selección de proyectos de infraestructura es la interacción entre diferentes tipos de activos. Esto refleja la estructura y mentalidad de silo de la mayoría de los países, que tienen ministerios específicos por sector y ninguna entidad centralizada que adopte un enfoque integral y holístico de la planificación de infraestructura. La provisión eficiente de servicios requiere la interacción bien planificada entre los activos. Por ejemplo, los servicios logísticos multimodales demandan una interacción fluida entre caminos, vías férreas e instalaciones portuarias. Para la movilidad urbana es crucial que la planificación y zonificación del uso del suelo se coordine con la provisión de servicios de transporte. En América Latina y el Caribe, estas actividades

suelen estar controladas por instituciones específicas (normalmente ministerios de Vivienda y Transporte) que no coordinan sus decisiones. Entender esas interacciones depende de procesos cada vez más complejos gestionados por equipos multidisciplinarios.

Es cada vez más importante determinar qué tipo de infraestructura construir. El cambio climático y la tecnología deberían tener un rol cada vez más importante en las decisiones de planificación. La planificación debe tener en cuenta la incertidumbre que trae aparejada el cambio climático y la necesidad de conseguir que la nueva infraestructura sea lo más resiliente posible ante un espectro de amenazas relacionadas con el clima. La infraestructura nueva (sobre todo en los sectores de energía y transporte) también debería contribuir a los objetivos de mitigación del cambio climático. Aunque la construcción de infraestructura resiliente al cambio climático puede ser más cara, ese mayor gasto puede justificarse desde el punto de vista económico a lo largo de su ciclo de vida (capítulo 6). El cambio tecnológico hará que los servicios de infraestructura se vuelvan más interdependientes (digitalización de los servicios, electrificación del transporte) y la ciberseguridad tendrá que incorporarse en la planificación y la regulación (capítulos 9, 10 y 11).

El enfoque de ciclo de vida de la infraestructura también es relevante para la planificación, el diseño y la gestión de la infraestructura; el gobierno debe priorizar el mantenimiento, y evitar el sesgo actual a favor de nuevas inversiones implementando políticas sólidas de gestión de activos. El capítulo 2 ofrece ejemplos del sesgo contra el mantenimiento en las políticas, en la práctica e incluso en la recopilación de datos, hasta el punto en que es imposible documentar cuánto invierten los países de América Latina y el Caribe en mantenimiento.

Más allá del tipo de infraestructura que se debe construir, los gobiernos también deben mejorar las políticas y las prácticas para determinar el grado de eficiencia con que se construye la infraestructura. La corrupción, la competencia insuficiente y la mala supervisión generan ineficiencias en la inversión pública que representan el 35% de dicha inversión o, en términos agregados, el 0,65% del PIB de la región (véase el capítulo 2).

Aunque puede que no proporcionen servicios de infraestructura directamente, los gobiernos crean instituciones (ministerios, comisiones, organismos de regulación independientes), procesos e instrumentos que definen reglas e incentivos para orientar a las empresas que brindan servicios. El objetivo más importante del gobierno en la regulación de la infraestructura es que los servicios satisfagan la demanda, cumplan las normas de calidad mínimas y se suministren a precios asequibles.

Los gobiernos también regulan para que los proveedores de servicios de infraestructura alcancen los más altos niveles de eficiencia operativa y ofrezcan los servicios al menor costo posible.

Los instrumentos regulatorios con los que cuentan los gobiernos para cumplir con sus mandatos son las *tarifas* (los precios cobrados por servicios según el nivel de consumo o el estatus o localización del cliente), las *normas* de calidad (por ejemplo, que el agua sea potable o que la electricidad tenga el voltaje adecuado), y los *incentivos* para inducir al proveedor de servicios a invertir en equipos e instalaciones que proporcionarán los servicios al menor costo posible. Algunos instrumentos regulatorios son específicos de un solo sector (por ejemplo, los subsidios para la compra de buses eléctricos); otros abarcan toda la economía (por ejemplo, las reducciones en los aranceles de importación de bienes de capital para disminuir el costo de la adopción de energías renovables). Estos y otros instrumentos regulatorios que los gobiernos utilizan se detallan en los capítulos 5 y 13.

Como se describe en los capítulos que presentan escenarios para el futuro de la electricidad, el transporte y los servicios de suministro de agua (capítulos 9, 10 y 11), la disrupción tecnológica cambiará la forma en que se brindan los servicios así como la relación entre los activos de infraestructura y los servicios de infraestructura. Estas transformaciones obligarán a los gobiernos a desarrollar instituciones regulatorias capaces de establecer normas flexibles que permitan que los consumidores y proveedores de servicios obtengan el máximo beneficio de los cambios tecnológicos.

Los proveedores de servicios: el vínculo entre activos y consumidores

Los proveedores de servicios tienen un rol fundamental en la cantidad y la calidad de los servicios de infraestructura. Constituyen el vínculo entre activos y consumidores. Cada vez más, a través de una gama de diferentes acuerdos legales, desde los contratos de gestión hasta la privatización total, los proveedores de servicios participan en el conjunto del ciclo del proyecto de activos de infraestructura y suministro de servicios, a saber: el diseño, la construcción y la gestión de la infraestructura. En numerosos países, los proveedores de servicios también desempeñan un rol destacado en el financiamiento de la infraestructura (capítulo 3).

Los proveedores de servicios deben cumplir las regulaciones establecidas por los gobiernos. Las regulaciones diseñadas adecuadamente dejan margen para que dichos proveedores aumenten la eficiencia. Por ejemplo, cuando se agrupan la construcción y la gestión de los activos —una

fórmula habitual en las concesiones viales—, los proveedores de servicios tienen incentivos para construir un activo (los caminos) de alta calidad de modo de reducir las necesidades de mantenimiento, lo que se traduce en beneficios para los usuarios de la infraestructura (vehículos privados y flotas de camiones).

La innovación tecnológica brinda oportunidades para que los proveedores de servicios aumenten la eficiencia y ofrezcan servicios de mejor calidad y más asequibles a los usuarios. Los medidores inteligentes del consumo de electricidad proporcionan un buen ejemplo, dado que permiten que los consumidores desplacen una fracción de su demanda de electricidad cuando los precios cambian a lo largo del día. Responder a cambios en los precios puede brindarles beneficios al reducirse el monto a pagar en su factura de electricidad. El cambio en el comportamiento de los consumidores también beneficia al proveedor de servicios, al reducir la necesidad de invertir en mayor capacidad para la generación eléctrica. La implementación de métodos de pago inteligentes es otro ejemplo de una innovación que favorece a los proveedores de servicios a la vez que mejora la asequibilidad de dichos servicios; los consumidores pueden pagar por la cantidad que es accesible para ellos.

El comportamiento de los proveedores puede ir mucho más allá del cumplimiento de las regulaciones para mejorar la calidad de los servicios. Compartir datos e informar sobre el desempeño de los servicios son acciones que constituyen un buen ejemplo: a comienzos de la década de 2000, las líneas aéreas comerciales de Estados Unidos iniciaron un sistema de informe voluntario sobre maletas perdidas que posteriormente fue declarado obligatorio por el Departamento de Transporte.

Los aspectos no tradicionales que influyen en la calidad de los servicios de infraestructura están recibiendo cada vez más atención y los proveedores de servicios están pasando a la acción. Los temas de género y la accesibilidad para personas con necesidades especiales son ejemplos concretos. Cada vez más, la infraestructura se está diseñando y/o modificando para facilitar el acceso de personas con discapacidades. En el transporte urbano, la frecuencia del servicio se está ajustando de manera gradual a las distintas necesidades de movilidad de mujeres y hombres, y se están instalando sistemas de seguridad que incluyen cámaras, alarmas de pánico y más iluminación pública. Varios proveedores de servicios de infraestructura están implementando políticas activas de empleo para aumentar el número de mujeres en puestos donde su participación ha sido tradicionalmente baja. Aunque se están logrando avances, se requieren acciones más rápidas y decisivas para cerrar las brechas existentes.

Los consumidores: un rol en evolución

El papel de los consumidores en la determinación de la cantidad y calidad de los servicios ha sido ignorado, pero eso está cambiando. Las nuevas tecnologías permiten, por primera vez, borrar la frontera entre consumidores y proveedores de servicios. Los consumidores pueden desempeñar un rol decisivo en la oferta de infraestructura. El sector de la energía lidera esta transformación. Los hogares equipados con paneles solares generan actualmente electricidad para su propio uso y en forma creciente se les permite vender la electricidad que generan, pero no consumen, a la red. Los consumidores están experimentando una transición que implica dejar de lado su rol tradicional para pasar a ser también productores (por eso, se denomina *prosumidores* a los hogares que producen electricidad). También se están transformando otros servicios de infraestructura, como el transporte, donde las personas pueden proporcionar servicios a través de plataformas con su propio activo (el caso más conocido es el de Uber).

Las preocupaciones ambientales de los hogares, las ciudades y las industrias están cambiando el tipo de infraestructura que se construye. Los consumidores ya no son indiferentes ante las fuentes de su electricidad. Demandan no solo fuentes más limpias sino también políticas que aumenten la eficiencia del consumo de energía. En el transporte urbano se observa una tendencia similar, debido al aumento del nivel de contaminación. Y en forma creciente se buscan formas de reciclar las aguas residuales.

Como bien saben los usuarios de computadoras, el *hardware* y el *software* son interdependientes: ignorar el rol de la regulación equivale a olvidar la actualización del *software* para sacar el máximo provecho de un nuevo *hardware*. Desde luego, también es válido lo contrario, es decir, el *hardware* debe actualizarse de manera regular para aprovechar los nuevos desarrollos del *software*. El mensaje del marco presentado en este capítulo y su aplicación en América Latina y el Caribe es claro: hasta la fecha, las políticas y el debate sobre infraestructura en la región se han centrado de forma desproporcionada en el *hardware* (inversión en activos) y han ignorado en gran medida el *software* de las regulaciones y el rol de los consumidores. Corregir esta asimetría y dar con la fórmula del equilibrio adecuado es el reto al que se enfrenta la región.



Hacia mayor y más eficiente inversión en infraestructura

Pocas políticas públicas generan mayor consenso en América Latina y el Caribe que la necesidad de invertir más en infraestructura. La escasez de estructuras, el mantenimiento inadecuado y la gestión deficiente de los servicios de infraestructura redundan en una baja calidad de los servicios en toda la región. Sin embargo, no hay consenso acerca de cuánto se debería invertir, y durante cuánto tiempo, para cerrar la brecha de infraestructura.

La medición del tamaño de la brecha de infraestructura ha absorbido la atención de analistas desde comienzos de la década de 2000. Los estudios especializados más influyentes estiman que las necesidades de inversión anual se sitúan entre un 4% y un 7% del producto interno bruto (PIB).¹ El amplio rango de esas estimaciones se explica por el uso de diferentes metodologías y de diferentes escenarios sobre la demanda.

Si bien la metodología a utilizar para medir la brecha y la cuantificación de su tamaño son objeto de debate, todos los estudios coinciden en que la región está invirtiendo menos de lo que debería. Entre 2008 y 2017, los países de la región invirtieron en promedio un 2,8% de su PIB en infraestructura (2,3% el sector público y 0,5% el privado).² La inversión en

¹ Los estudios más citados son los de Calderón y Servén (2003), Fay y Yepes (2003), Kohli y Basil (2011), Perrotti y Sánchez (2011), Bhattacharya, Romani y Stern (2012), Ruiz-Nuñez y Wei (2015) y Sánchez et al. (2017). Los informes más recientes son los de Castellani et al. (2019) y Rozenberg y Fay (2019). Este último incorpora por primera vez modelos de escenarios y la necesidad de que la infraestructura sea compatible con los objetivos climáticos. Observa que la región tendrá que invertir un 3,3% de su PIB en la próxima década para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con infraestructura y mantenerse en línea para limitar el calentamiento global a 2° C.

² No hay datos sobre inversión pública producidos con una metodología comparable para una gran muestra de países en América Latina y el Caribe anteriores a 2008. Véase *Infra-latam* (www.infralatam.info). El nivel de inversión privada se obtuvo de la *Infrastructure Journal Database* y de la base de datos de Participación Privada en Infraestructura del Banco Mundial (véase el capítulo 3 para información detallada sobre la inversión privada).

infraestructura en América Latina y el Caribe está muy por debajo de la de otras economías emergentes: 5,7% en Asia Oriental y el Pacífico, 4,8% en Oriente Medio y Norte de África y 4,25% en Asia del Sur (Fay et al., 2019). Las cifras absolutas ayudan a poner estas diferencias en perspectiva. Entre 2008 y 2017, América Latina y el Caribe invirtió cerca de US\$125.000 millones al año, mientras que China, un país que ha asignado una máxima prioridad a la política de inversión en infraestructura, invirtió US\$450.000 millones cada año durante el mismo período. En términos per cápita, China invierte US\$330, un 65% más que los US\$200 que América Latina y el Caribe invierte al año en infraestructura.

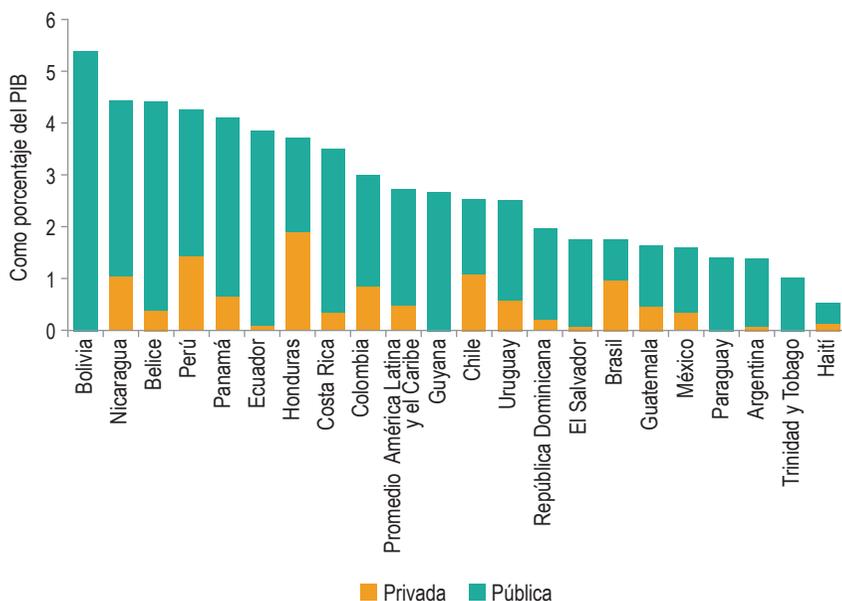
Las cifras regionales ayudan a dimensionar los recursos que se destinan a la inversión en infraestructura, pero las especificidades deben analizarse a nivel de país. Los países deben generar y actualizar sus propias estimaciones de las necesidades de inversión en infraestructura, tomando como base inicial una evaluación realista de los recursos disponibles y estableciendo prioridades que reflejen las aspiraciones sociales para el desarrollo. Esas estimaciones y prioridades deben tener como resultado un conjunto de proyectos de inversión bien elaborados. Desafortunadamente, pocos países realizan estimaciones de las necesidades de inversión en infraestructura de manera regular. Y las estimaciones que sí existen provienen en gran parte de académicos o de empresas privadas, no de los gobiernos. Entre los ejemplos recientes, cabe citar las estimaciones de las necesidades de inversión anual en Bolivia (9%), Chile (5%), Colombia (4,5%) y Perú (4%).³

Los niveles de inversión entre 2008 y 2017 fluctúan entre países (gráfico 2.1). Mientras que algunos países invierten montos significativos (Belize, Bolivia, Nicaragua y Perú), las economías más grandes (Argentina, Brasil y México) invierten mucho menos como porcentaje del PIB.

Cerrar la brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe requerirá un aumento tanto de la inversión pública como de la privada. El papel de la primera es innegable. Pero los gobiernos también pueden generar las condiciones para atraer más inversión privada allí donde tenga sentido económico: es decir, en proyectos con altas tasas de rentabilidad social y donde el sector privado pueda prestar servicios de mejor calidad y con mayor

³ Las referencias para las necesidades de inversión reportadas son: Bonifaz (2016), Bonifaz et al. (2015), Grijalva, Ponce y Rojas (2017), CChC (2018), Bonifaz et al. (2019) y Yepes (2014). En 2019, el gobierno de Perú (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2019) publicó el resultado de una versión actualizada del estudio de Bonifaz et al. (2015) que informaba sobre una brecha de infraestructura del 8% del PIB. Las estimaciones de las necesidades de inversión en infraestructura se redujeron a un 4% al año. Esto se debe a varios años de inversión por encima del 5% del PIB, lo que permitió una gran disminución de las brechas de acceso a la infraestructura en Perú.

Gráfico 2.1 Inversión promedio en infraestructura, 2008-17



Fuente: Infralatom (www.infralatom.info) para los datos de inversión pública y base de datos sobre Inversión Privada en Infraestructura (PPI) para los datos de inversión privada.

Nota: Datos de inversión pública para todos los países entre 2008 y 2017, con las excepciones de Ecuador (2008-16), El Salvador (2008-15), Haití (2012-16) y República Dominicana (2009-17).

eficiencia. El potencial del financiamiento privado es significativo (véase el capítulo 3). Los inversionistas institucionales de la región tienen US\$2,7 billones en activos gestionados (cerca del 50% del PIB regional), pero asignan menos del 1% de ese total a infraestructura (Baghai, Erzan y Kwek, 2015).

Lamentablemente, y por muy deseable que sea, un incremento pronunciado de la inversión pública en infraestructura parece poco probable debido a las restricciones fiscales y a la escasa prioridad que se le ha dado a la infraestructura en el gasto público. El historial del gasto público en América Latina y el Caribe muestra un sesgo contra la inversión, uno de cuyos principales componentes es, precisamente, la infraestructura. Desde 1995, los gastos corrientes en la región han aumentado casi sin interrupción. Al contrario, la inversión ha sido más volátil y ha sufrido períodos prolongados de recortes. Entre 2000 y 2016, el total del gasto público primario (que no incluye el monto destinado a pagar intereses de la deuda) en la región aumentó un 5,2% del PIB, y el 88% de esa cifra correspondió a gastos corrientes; solo el 12% se destinó a inversiones de más largo plazo (Izquierdo, Pessino y Vuletin, 2018). De hecho, el gasto en infraestructura

en la región es procíclico y es objeto de recortes desproporcionadamente grandes en tiempos de ajuste fiscal (Ardanaz e Izquierdo, 2017).

El impacto de la inversión en infraestructura excede la capacidad de proveer más y mejores servicios: es importante para el crecimiento económico. Cavallo y Powell (2019) comparan la tasa de crecimiento proyectada de seis economías de América Latina y el Caribe con la tasa de crecimiento que estas economías habrían alcanzado si la inversión en infraestructura solo cubriera la depreciación del *stock* de capital existente (es decir, sin que se construyan nuevas estructuras). Después de 10 años sin más inversión, la tasa de crecimiento económico de las seis economías disminuye en relación con su potencial: Perú (-29%), Bolivia (-14%), Costa Rica (-12%), Chile (-7%), Argentina (-4%) y Jamaica (-2,5%).

Resulta entonces evidente que América Latina y el Caribe debe invertir más en infraestructura pero, tomando en cuenta que invierte poco, debería aumentar la eficiencia de los recursos que asigna a la inversión en infraestructura. Según las estimaciones que se presentan en este capítulo, la eficiencia en la producción de infraestructura pública en la región puede aumentar un 35%. En pocas palabras, esto significa que la región podría construir un 35% más de estructuras sin gastar ni un centavo más de fondos públicos. Para entender la magnitud de las ineficiencias predominantes hay que tener en cuenta que, del 2,3% del PIB de inversión pública en América Latina y el Caribe, el 0,65% del PIB se pierde en ineficiencias. Si la región no mejora la eficiencia de su inversión, cerrar la brecha de infraestructura tardará más y será más difícil de conseguir.

Entonces: ¿por dónde comenzar? ¿Qué medidas de política podrían aumentar y mejorar la inversión en infraestructura? El resto de este capítulo identifica los beneficios que se pueden obtener de una mejor planificación, un mejor desempeño en términos del manejo de los costos y del tiempo de construcción de la infraestructura, una mayor selectividad (construyendo solo lo que es necesario) y un mejor uso de los activos existentes (mediante políticas adecuadas de mantenimiento). También se aborda el problema de la corrupción en la obra pública, las ineficiencias que genera, y se discuten algunas maneras de contenerla. El capítulo concluye con recomendaciones concretas de políticas. El capítulo 3 complementa estas páginas ahondando en las opciones para desarrollar e implementar instrumentos para atraer más participación y financiamiento del sector privado en infraestructura.

Invertir en el proceso de inversión

Invertir más y mejor en infraestructura requiere un sector público más eficiente que pueda optimizar el ciclo de los proyectos y atraer al sector

privado cuando este genera valor agregado. Los esfuerzos para “invertir en el proceso de inversión” pueden desempeñar un papel clave para aumentar el retorno de la inversión pública y privada y asegurar que la inversión genere beneficios para el crecimiento, manteniendo al mismo tiempo la sostenibilidad fiscal. Elegir la combinación adecuada de proyectos para proporcionar los servicios de infraestructura que necesitan las economías depende de una sólida planificación. Cuando se hace de manera adecuada, dicha planificación permite que los países seleccionen los proyectos con las tasas de retorno económico y social más altas.

La importancia de la planificación va mucho más allá de elegir solamente los proyectos con las mayores rentabilidades económicas. Las demandas sociales son cada vez más relevantes. La mejor manera de evitar conflictos y mitigar los efectos negativos de los proyectos de infraestructura es incorporar los aspectos sociales desde la etapa inicial del proceso de planificación. Los costos de ignorar la dimensión social en la planificación fueron cuantificados por Watkins et al. (2017). En una muestra de 200 proyectos de inversión en América Latina y el Caribe, 36 fueron cancelados por conflictos sociales, mientras que 162 sufrieron retrasos y 116 tuvieron sobrecostos. Algo similar ocurre con las demandas ambientales. Dadas las amenazas que implica el cambio climático para los activos de infraestructura, la planificación de los proyectos debería incorporar elementos vinculados a la toma de decisiones en escenarios de incertidumbre profunda (véase el capítulo 6). La necesidad de reforzar la planificación desde sus inicios para incorporar elementos indispensables de la sostenibilidad como los ambientales, sociales, económicos y de gobernanza va ganando terreno. La comunidad internacional está desarrollando estándares para construir infraestructura más sostenible. La presidencia del G-20 de Japón durante 2019 puso el foco en la infraestructura de calidad, un concepto que en términos prácticos implica adoptar altos estándares necesarios para desarrollar infraestructura resiliente e inclusiva.⁴ Más allá de la definición adoptada de sostenibilidad y sus componentes, el enfoque correcto a implementar en la planificación

⁴ En 2018 el BID desarrolló un marco que define la expresión “infraestructura sostenible” y propone metodologías para incorporar las dimensiones de la sostenibilidad (económica, financiera, ambiental y social) en la planificación y el diseño de los proyectos (Watkins et al., 2017). El Center for Strategic and International Studies, un *think-tank* bipartidista estadounidense, preparó un informe con medidas de política sobre infraestructura sostenible para el gobierno de Estados Unidos (Runde, Yayboke y Ramanujam, 2019). El informe destaca que un grupo creciente de países está desarrollando esquemas alternativos de asistencia técnica y financiamiento para ayudar a los países en desarrollo a cerrar la brecha de infraestructura estableciendo al mismo tiempo estrictos principios internacionales de calidad, asequibilidad, sostenibilidad, resiliencia y responsabilidad social.

debe comenzar con la *elección del proyecto correcto* y luego tomar las acciones necesarias para *implementar el proyecto de la manera correcta*.

¿Hasta qué punto optimiza la región los procesos en cada una de las etapas del ciclo de proyecto de inversión en infraestructura? ¿Han desarrollado los países las reglas de juego para atraer al sector privado? Los bancos multilaterales de desarrollo (BMD), el Global Infrastructure Hub y otras organizaciones internacionales han intentado responder a estas preguntas desarrollando índices que establecen *benchmarks* del desempeño institucional en infraestructura de los países (cuadro 2.1).

El *ranking* de los países varía porque los índices difieren en las metodologías y en las fuentes de información. Los índices reportados en el cuadro 2.1 no permiten identificar con precisión cuál es el diseño institucional adecuado para que la planificación sea lo más efectiva posible. La ausencia de un conjunto sólido de evaluaciones que enlace las reformas institucionales con las instituciones de planificación y gestión de la infraestructura les otorgan a estos índices un rol informativo y, por consiguiente, los *rankings* deben interpretarse como un primer paso hacia un análisis profundo de los países. Sin embargo a pesar de la diferencia entre *rankings* y de la diversidad entre países respecto del desempeño de sus instituciones de infraestructura, Chile, Colombia y Perú se destacan de manera consistente entre los *rankings* como los mejores. Chile es bien conocido por los sólidos fundamentos de su Sistema Nacional de Inversiones (Gómez-Lobo, 2012). Colombia tiene una tradición de larga data de planificación a nivel nacional a través del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y recientemente ha reformado las instituciones a cargo de estructurar los proyectos de infraestructura (Agencia Nacional de Infraestructura, ANI) y atraer financiamiento privado (Financiera de Desarrollo Nacional, FDN). Perú es conocido por la solidez de sus reguladores económicos y por haber innovado con la creación de un regulador multisectorial de transporte.

Varios países han realizado esfuerzos concertados para mejorar sus instituciones de planificación de la infraestructura. Quizá la innovación más importante ha sido el desarrollo de sistemas nacionales de inversión pública, organismos que normalmente son parte del ministerio de Finanzas, dado su papel clave en la asignación presupuestaria y priorización de los proyectos.⁵ Para mejorar la calidad de los activos, estas instituciones participan en los

⁵ A 2019, varios países habían creado Sistemas Nacionales de Inversión Pública (SNIP): Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) creó un portal dedicado a los SNIP que incluye enlaces con las páginas web de los países y documentos que evalúan el desempeño de estos sistemas (<https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=159547&p=1044441>).

Cuadro 2.1

Indicadores seleccionados de capacidad institucional para la provisión de infraestructura, 2016-19

País	PIMA ^a										Referencias de adquisiciones públicas (BPP) ^c				Infracompass ^d (bajo = peor, muy alto = mejor)
	(0 = peor, 4 = mejor)		(0 = peor, 100 = mejor)		(0 = peor, 100 = mejor)		(0 = peor, 100 = mejor)		(0 = peor, 100 = mejor)		(0 = peor, 100 = mejor)				
	Puntaje general PIMA	Puntaje general Infracompass	Regulaciones	Instituciones	Madurez	Clima de inversión y negocios	Financiamiento	Puntaje general BPP	Preparación de APP	Adquisición de APP	Gestión de contratos APP	Propuestas no solicitadas	Provisión	Planificación	
Argentina	2,66	49	66	40	50	49	37	59	27	56	74	79	Medio	Bajo	
Bolivia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Brasil	—	71	63	88	67	69	69	64	47	80	76	54	Medio	Medio	
Chile	3,03	80	94	80	81	83	63	80	67	72	87	92	Medio	Alto	
Colombia	2,66	77	95	80	78	61	73	83	90	79	72	92	Medio	Alto	
Costa Rica	1,76	71	84	78	69	67	60	41	28	44	50	—	Bajo	Bajo	
Ecuador	2,66	59	74	36	67	74	43	47	52	35	43	58	Bajo	Bajo	
El Salvador	1,76	68	88	78	67	67	40	70	42	67	90	79	Bajo	Bajo	
Guatemala	2,35	69	81	93	68	64	41	67	55	78	68	—	Bajo	Bajo	
Haití	—	—	—	—	—	—	—	45	50	59	54	17	Bajo	Bajo	
Honduras	2,35	70	84	56	86	56	63	58	56	53	66	58	Bajo	Bajo	
Jamaica	—	74	78	90	81	76	42	64	71	59	44	83	Bajo	Bajo	
México	2,66	66	79	56	73	53	64	81	81	82	84	75	Medio	Muy alto	
Nicaragua	2,35	59	80	66	66	45	36	66	30	73	68	92	Bajo	Bajo	
Panamá	1,76	58	60	29	71	71	54	47	32	72	56	29	Bajo	Bajo	
Paraguay	1,76	52	68	60	56	43	32	83	89	80	83	79	Bajo	Bajo	
Perú	3,03	77	70	67	77	85	85	81	81	66	78	100	Bajo	Muy alto	
República Dominicana	3,03	50	82	11	33	82	49	55	42	82	38	58	Bajo	Bajo	

(continúa en la página siguiente)



Cuadro 2.1 Indicadores seleccionados de capacidad institucional para la provisión de infraestructura, 2016-19 (continuación)

País	PIMA ^a (0 = peor, 4 = mejor)		Infrascope ^b (0 = peor, 100 = mejor)				Referencias de adquisiciones públicas (BPP) ^c (0 = peor, 100 = mejor)				Infracompass ^d (bajo = peor, muy alto = mejor)			
	Puntaje general PIMA	Puntaje general Infrascope	Regulaciones	Instituciones	Madurez negocios	Clima de inversión y negocios	Financiamiento	Puntaje general BPP	Preparación de APP	Adquisición de APP		Gestión de contratos APP	Propuestas no solicitadas	Provisión
Trinidad y Tobago	—	53	52	43	56	71	43	26	20	41	31	13	Bajo	Bajo
Uruguay	2,35	70	76	87	62	62	68	72	77	73	68	71	Medio	Bajo
Venezuela	—	8	16	0	10	4	8	—	—	—	—	—	Bajo	Bajo
Promedio América Latina y el Caribe	2,41	62	73	60	64	62	51	63	55	66	65	66	Bajo	Bajo
Promedio mundial	1,57	57	60	59	60	62	44	56	51	64	54	56	—	—

PIMA	Infrascope	BPP	Infracompass
0-1	0-25	0-25	Bajo
1-2	26-50	26-50	Medio
2-3	51-75	51-75	Alto
3-4	76-100	76-100	Muy alto

Leyenda:

Fuente: FMI, The Economist Intelligence Unit, Banco Mundial, Global Infrastructure Hub.

Notas: APP = asociación público-privada; — = ningún valor reportado.

^a La Evaluación de la Gestión de la Inversión Pública (PIMA) del FMI fue adaptada para América Latina y el Caribe por el BID. El índice PIMA captura el contexto institucional detrás de los sistemas de gestión de la inversión pública en cuatro etapas del proyecto: factibilidad, selección, implementación y evaluación. El puntaje va de 0 (el más bajo) a 4 (el más alto). Para mayor información, visite <https://www.imf.org/external/np/fad/publicinvestment/>.

^b El índice Infrascope es un instrumento de comparación que evalúa la capacidad de los países para implementar APP sostenibles y eficientes en infraestructura. Evalúa la preparación y la capacidad dividiendo el ciclo de vida del proyecto APP en cinco componentes: leyes y regulaciones; marco institucional; madurez operativa; clima de inversión y negocios; y facilidades de financiamiento para infraestructura. El puntaje va de 0 (el más bajo) a 100 (el más alto). Véase <https://infrascope.eiu.com/>.

^c El indicador Benchmarking Public Procurement (BPP) refleja la visión del sector privado sobre el ciclo de contrataciones públicas. Evalúa los sistemas de contrataciones en 180 economías, con un puntaje que va de 0 (el más bajo) a 100 (el más alto). Consulte <https://bpp.worldbank.org/en/BPP-data>.

^d Desarrollado por el Global Infrastructure Hub, el objetivo de Infracompass es brindar un mejor conocimiento del mercado de infraestructura de un país y de las prácticas que generan infraestructura sostenible y equitativa a través de mercados eficientes y una mejor toma de decisiones. El puntaje va de bajo (el peor) a muy alto (el mejor). Disponible en <https://infracompass.gihub.org/overview>.

procesos de inversión pública desde las primeras etapas de formulación y viabilidad hasta la evaluación posterior a la culminación de los proyectos. Sin embargo, pocas son las evaluaciones que sugieren cómo deberían mejorarse las instituciones y cómo protegerlas de la constante presión política que existe para eliminarlas (Contreras et al., 2016).

¿En qué situación está América Latina y el Caribe respecto de la participación del sector privado en infraestructura? ¿Cuántos países de la región tienen el contexto macroeconómico, institucional y regulatorio necesario para atraer al sector privado a formar parte de arreglos institucionales tales como las asociaciones público-privadas (APP)? En los últimos años se han elaborado diversos indicadores para evaluar el contexto de las APP en la región y para identificar posibles barreras a la participación privada en infraestructura. Entre ellos, el más exhaustivo y el que se cita con mayor frecuencia es Infrascopie, un instrumento de comparación que evalúa la capacidad de un país para implementar APP sostenibles y eficientes.⁶

Según Infrascopie, América Latina y el Caribe ha realizado un esfuerzo considerable para impulsar APP de infraestructura, aprobando nuevas leyes y políticas, creando nuevas unidades de APP, actualizando los registros de estas asociaciones y publicando contratos, documentación y evaluaciones de proyectos (EIU, 2017). Al observar los resultados de todas las ediciones de Infrascopie, se aprecia que Colombia, Chile, Perú y Brasil tienen el contexto institucional más sólido para las APP (EIU, 2017). Pero en el conjunto de la región todavía hay una brecha entre la teoría y la práctica. Si bien la legislación y las regulaciones generales están relativamente bien establecidas en comparación con otras economías en desarrollo, hay notables deficiencias en cuanto a la capacidad institucional, la madurez y el clima de inversiones y negocios. Los países del Caribe —con la notable excepción de Jamaica— todavía están muy lejos del promedio regional en términos de la capacidad de estructuración de APP. Más allá de los índices, la región debe desarrollar más capacidad institucional para evaluar cuándo resulta económica y socialmente rentable implementar un proyecto de infraestructura por APP y cuándo es más conveniente hacerlo mediante provisión pública.

Cubrir los baches: la necesidad de mejorar la eficiencia del ciclo de proyecto de la infraestructura y su mantenimiento

La producción de infraestructura es una empresa compleja, plagada de baches de proceso, administrativos y operativos. El tamaño de los proyectos, el número de actores involucrados (empresas a cargo de los diseños,

⁶ Para información consúltese <https://infrascopie.eiu.com/>.

empresas de construcción, supervisores y reguladores) y la falta de información adecuada y transparente a lo largo del ciclo del proyecto suelen combinarse para abrir una brecha entre el resultado previsto (planificado) y el resultado real. Aun suponiendo que el resultado del proceso de planificación es el portafolio de los mejores proyectos de infraestructura posibles, la primera etapa de un proyecto en la cual se pueden generar ganancias de eficiencia es aquella en la cual se definen el tamaño del proyecto y sus especificidades técnicas. En este sentido, ¿utilizan los países las especificaciones de ingeniería más actualizadas para que coincidan la oferta y la demanda? No hay evidencia para responder a esa pregunta de manera definitiva, pero hay información vinculada a estudios de casos que apunta a que hay un amplio margen para la mejora. Un estudio de los diseños de ingeniería de las plantas potabilizadoras de América del Sur (Páez, Alberti y Rezzano, 2019) muestra que los supuestos de demanda contenidos en las regulaciones que establecen las especificaciones de ingeniería son anticuados. Como consecuencia, la sobreinversión en infraestructura en los países incluidos en el estudio osciló entre un 12% y un 26%. A su vez, la sobreinversión en capacidad aumentó los costos de mantenimiento en un 10%. Es evidente que definir de forma adecuada las especificaciones técnicas de los proyectos para que se ajusten a la demanda podría ser una fuente de eficiencia y de ahorro. Otras maneras de aumentar la eficiencia para ahorrar recursos incluyen: reducir los sobrecostos, evitar retrasos en la implementación de los proyectos, y realizar un mantenimiento adecuado de los activos existentes.⁷

Reducir los sobrecostos

Los sobrecostos son generalmente atribuidos a incentivos perversos y conductas ilegales (por ejemplo, licitaciones con precios inferiores a los costos para obtener los contratos y corrupción antes y durante la construcción). Sin embargo, los altos y variados riesgos inherentes al desarrollo de infraestructura a menudo producen contingencias que son difíciles de anticipar en los inicios de un proyecto. Entre las contingencias que pueden aumentar los costos del proyecto cabe mencionar condiciones geológicas más complejas que las anticipadas, yacimientos arqueológicos o la ausencia de derechos de propiedad bien definidos, lo que puede retrasar la adquisición de tierras. Es cierto que estas contingencias pueden

⁷ Serebrisky et al. (2017) describen con mayor grado de detalle la metodología, los datos y los resultados relacionados con la medición de los posibles aumentos de eficiencia reflejados en este capítulo.

anticiparse parcialmente y mitigarse mediante una evaluación adecuada del proyecto y con la inclusión de previsiones en el contrato, pero pueden persistir riesgos residuales que provoquen sobrecostos. Por lo tanto, no es cierto que la existencia de sobrecostos se deba siempre a la corrupción o la ineficiencia de los organismos públicos que ejecutan las obras.

Los sobrecostos son una realidad muy extendida en el desarrollo de la infraestructura, aunque hay pocos estudios que presenten evidencia de sobrecostos para proyectos comparables en diferentes países y regiones.⁸ En 2016, Flyvbjerg mostró que globalmente los sobrecostos representan el 28% del costo total de la inversión en infraestructura. Esto significa que el proyecto de infraestructura promedio podría construirse con un 28% menos de recursos financieros. Incluso países como Australia —normalmente uno de los países con mejor desempeño en el desarrollo de infraestructura, según una amplia gama de indicadores— incurre en sobrecostos de entre el 12% y el 35% para las APP y los contratos de adquisiciones públicas, respectivamente (Duffield y Raisbeck, 2007).

¿Cómo se compara América Latina y el Caribe con el resto del mundo en cuanto al desempeño de costos? La respuesta no es alentadora. Los sobrecostos en la región casi duplican el promedio mundial (48% comparado con 28%) (Flyvbjerg, 2016). En efecto, América Latina y el Caribe es la única región del mundo donde los sobrecostos han ido aumentando sistemáticamente a lo largo del tiempo; en Europa y Asia, en cambio, los sobrecostos han disminuido (Flyvbjerg y Sunstein, 2016).⁹ Otras fuentes confirman la posición desfavorable de la región. Según Guasch, Suárez-Alemán y Trujillo (2016), el 75% de los proyectos de infraestructura de América Latina sufren sobrecostos. Las represas son las que tienen

⁸ Una vasta literatura muestra que la construcción de infraestructura se asocia con sobrecostos considerables (Flyvbjerg, 2007, 2016; Flyvbjerg, Skamris Holm y Buhl, 2002, 2003, 2004; Ashan y Gunawan, 2010; Cantarelli et al., 2010). La literatura señala cuatro dimensiones que explican los sobrecostos en los proyectos de infraestructura: técnica, económica, política y sociológica (Flyvbjerg y Sunstein, 2016). Los factores técnicos de los sobrecostos son los errores de las previsiones y los riesgos, que en los proyectos de infraestructura resultan complejos y difíciles de especificar y cuantificar. Entre los factores económicos cabe citar los problemas de principal-agente entre los funcionarios públicos que deciden qué proyectos construir y la sociedad que será la beneficiaria. Los objetivos de los agentes públicos y de las sociedades no siempre están alineados, de modo que las decisiones de los primeros pueden no maximizar el bienestar social. También hay un factor sociológico/psicológico, conocido con el nombre de “valoración optimista”: los agentes tienden a pensar que los costos, riesgos y tiempos de ejecución de los proyectos serán menores o más breves de lo que han sido en otros proyectos similares (Flyvbjerg, Skamris Holm y Buhl, 2004).

⁹ Para una descripción de la base de datos, véase Flyvbjerg (2016).

sobrecostos más altos: un 95% en todo el mundo y un 103% en América Latina y el Caribe. La mayor diferencia en sobrecostos entre América Latina y el Caribe y el mundo se encuentra en la construcción de caminos: un 23% en todo el mundo y un 53% en América Latina y el Caribe (Flyvbjerg y Sunstein, 2016). Bonifaz (2019) confirma los sobrecostos excesivos en la región.

Como ya se señaló, incluso después de dar cuenta debidamente de riesgos inevitables en el costeo de un proyecto, el riesgo residual puede provocar sobrecostos, lo que implica la existencia de un sobrecosto técnico mínimo que debería entenderse como un resultado natural de la implementación de proyectos de construcción complejos. ¿Se encuentra América Latina y el Caribe cerca de ese promedio técnico mínimo? ¿O hay margen para abordar los sobrecostos mejorando los procesos en el ciclo del proyecto?

Para responder a esta pregunta, se realizó un cálculo de los sobrecostos de los proyectos de infraestructura financiados por bancos multilaterales de desarrollo (BMD) en la región. Los BMD tienen altos estándares y salvaguardas para la elaboración e implementación de los proyectos, lo que se traduce en prácticas más estrictas respecto de la viabilidad, las adquisiciones, la transparencia y la supervisión que la mayoría de los sistemas nacionales de la región. En los proyectos desarrollados bajo esta normativa más rigurosa las contingencias se deberían identificar, medir y gestionar mejor.¹⁰ Por consiguiente, se podría esperar que los sobrecostos de los proyectos financiados por los BMD sean los menores posibles, al menos cuando se los compara con los implementados por los países que no utilizan estándares tan estrictos como los de los BMD. El segundo paso del ejercicio consiste en comparar los sobrecostos de los proyectos financiados por BMD con los sobrecostos recogidos en la literatura especializada. La diferencia proporciona una estimación de cuánto podría ahorrarse a través de una inversión más eficiente en infraestructura. Es decir, el ejercicio ofrece una cuantificación de la ineficiencia de la inversión pública en infraestructura en América Latina y el Caribe.¹¹

¹⁰ Como ejemplo, a lo largo del ciclo de un proyecto de infraestructura, los BMD utilizan procesos estandarizados para generar en la fase de planificación la estimación de costos de construcción y tienen un mandato para reportar los valores de construcción reales al final de la fase de construcción. Algunos países producen información similar, pero los sistemas nacionales rara vez reportan la información sobre el costo real de construcción y en contadas ocasiones se evalúa el desempeño de proyectos de infraestructura.

¹¹ Dado que la muestra solo incluye el financiamiento público de infraestructura (préstamos concedidos a los gobiernos y cuyo reembolso tiene garantía soberana), el cálculo de las ineficiencias corresponde a la inversión pública.

La muestra de proyectos financiados por BMD incluye 83 proyectos de infraestructura del BID implementados entre 1996 y 2015, y 148 proyectos del Banco Mundial llevados a cabo en la región entre 1985 y 2010.¹² Por sector, estos 231 proyectos se descomponen de la siguiente manera: 142 proyectos de transporte vial que comprenden construcción, mantenimiento o rehabilitación (48 del BID, 94 del Banco Mundial); 73 proyectos de agua y saneamiento para la construcción de plantas de tratamiento o mejora y ampliación de las redes de distribución (24 del BID, 49 del Banco Mundial); y 16 proyectos de energía relacionados con generación o transmisión (11 del BID, 5 del Banco Mundial).

De la muestra, el 82% de los proyectos del BID y el 53% de los proyectos del Banco Mundial tuvieron sobrecostos. En promedio, los sobrecostos representaron el 22% (BID) y el 17% (Banco Mundial) del total de los costos de los proyectos. Por sector, en promedio, los proyectos de transporte tienen sobrecostos ligeramente más altos que los de agua y saneamiento, mientras que los proyectos de energía tienen sobrecostos más bajos en ambas instituciones (cuadro 2.2).¹³ Sin embargo, la diferencia no es estadísticamente significativa.

Al comparar los sobrecostos reportados en la literatura (48% en promedio) con los de los proyectos de infraestructura financiados por BMD (20%, el promedio de los sobrecostos de proyectos financiados por el BID y el Banco Mundial), se observa que si toda la inversión pública tuviera los estándares de calidad, como procesos de preparación de proyectos estandarizados y una supervisión de alta calidad a lo largo del ciclo del proyecto, equivalentes a los de los proyectos que son financiados por los BMD, América Latina y el Caribe podría ahorrar cerca del 25% del total de los costos de los proyectos.¹⁴ En años recientes, la inversión pública en infraestructura

¹² La distribución geográfica de la muestra del BID es la siguiente: el 35% de los proyectos se desarrolló en Brasil, el 7% en Colombia, el 6% en Haití, el 6% en Perú, el 6% en Uruguay y el 5% en Bolivia. El 35% restante corresponde a Argentina, Bahamas, Barbados, Belice, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, México, Panamá, Paraguay y Trinidad y Tobago. Por su parte, la distribución geográfica de la muestra del Banco Mundial es la siguiente: el 26% de los proyectos se llevó a cabo en Brasil, el 10% en Argentina, el 7% en Colombia, el 6% en Perú, el 5% en Honduras, el 4% en Haití y el 4% en México. El 29% restante se repartió entre Belice, Bolivia, Costa Rica, Chile, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Santa Lucía, Uruguay y Venezuela.

¹³ En el BID, la División de Transporte recientemente desarrolló un manual para estimar y realizar un seguimiento del costo final de un programa de infraestructura (Monteverde, Pereyra y Pérez, 2016).

¹⁴ El ahorro del 25% constituye la diferencia redondeada de los sobrecostos recogidos en la literatura (48%) y los sobrecostos promedio observados en los proyectos financiados por el Banco Mundial y el BID.

Cuadro 2.2

Sobrecostos en proyectos de infraestructura financiados por el BID y el Banco Mundial, por subsector (porcentaje)

	Transporte	Energía	Agua y saneamiento
Promedio BID	23	16	19
Promedio Banco Mundial	18	9	17
Desviación estándar BID	33	21	28
Desviación estándar Banco Mundial	38	19	34
Máximo BID	144	93	138
Máximo Banco Mundial	191	47	174

Fuente: Elaboración de los autores basada en proyectos del BID y del Banco Mundial.

en la región alcanzó un promedio del 2,3% del PIB al año. Extrapolando a partir de ese nivel, evitar el 25% de los sobrecostos implica que se podría ahorrar hasta un 0,45% del PIB regional cada año. En otras palabras, manteniendo los sobrecostos en un nivel mínimo, América Latina y el Caribe tendría que gastar solo el 1,85% del PIB para alcanzar el mismo resultado (medido en términos de construcción de activos) que obtiene actualmente a partir de una inversión del 2,3% del PIB. La oportunidad para las políticas públicas es amplia y tiene grandes beneficios potenciales.

El tiempo es oro

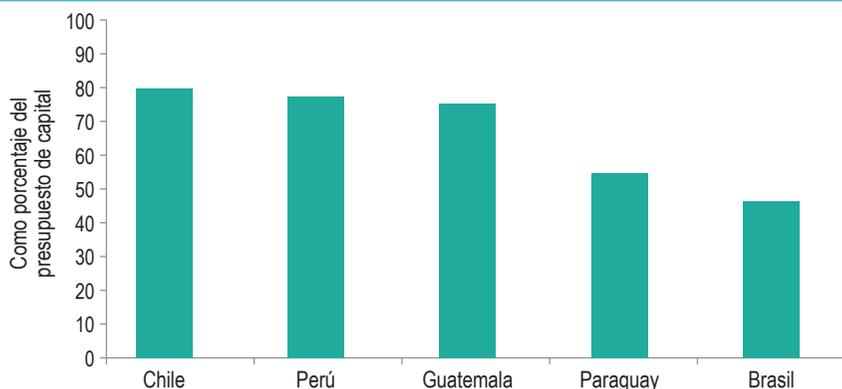
¿Cuánto se pierde cuando los activos de infraestructura tardan más tiempo en construirse de lo que deberían? Esta pregunta tiene relevancia para América Latina y el Caribe porque, como se señaló, la región ha invertido mucho menos de lo que necesita en infraestructura. La mejor opción para una región que invierte poco es hacerlo de manera eficiente, y los retrasos reflejan ineficiencia en el gasto.

Gastar menos de lo presupuestado es una clara señal de que los proyectos de inversión están sufriendo retrasos. También es síntoma de una mala planificación. Izquierdo, Pessino y Vuletin (2018) explican que la subejecución de los presupuestos en la región no es propia de la infraestructura, sino que abarca toda la inversión pública. La diferencia entre las asignaciones presupuestarias y el gasto de capital ejecutado es significativa en la región, y oscila entre el 20% y el 53% (gráfico 2.2).

Los retrasos en los plazos del ciclo de proyecto de infraestructura son habituales. Las causas abarcan desde procedimientos engorrosos para obtener permisos y aprobaciones hasta contingencias que surgen durante la construcción, ya sea debido a una mala planificación, al comportamiento

Gráfico 2.2

Ejecución de los presupuestos de capital en cinco países de América Latina, 2015



Fuente: Boost Open Budgets Portal, Banco Mundial, Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, Sistema Integrado de Planificación Presupuestaria de Brasil; Ministerio de Obras Públicas de Chile (2012-14).

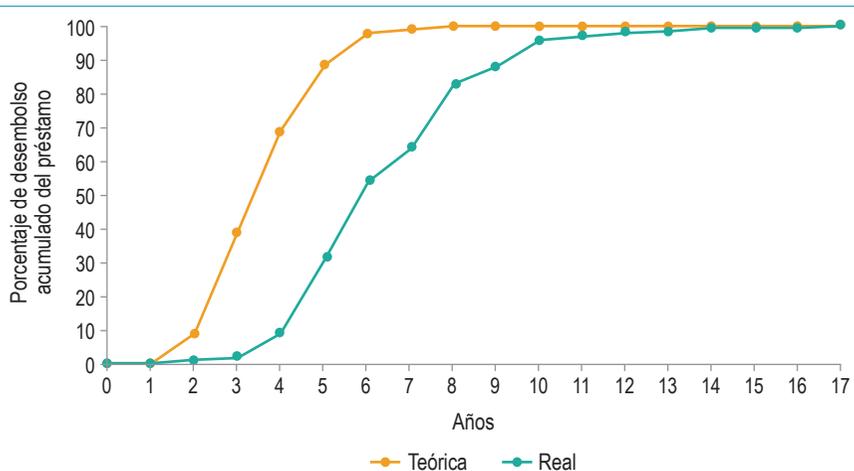
Nota: Los datos para Brasil y Guatemala incluyen solo el gobierno federal y el gobierno central, respectivamente.

estratégico de las empresas de construcción, a deficiencias en la supervisión o por acontecimientos imprevistos, como obstáculos físicos que no aparecen en los mapas. Los retrasos inmovilizan valiosos recursos, incluido el capital físico y financiero, lo que aumenta los costos financieros de un proyecto de diversas maneras: pueden incrementar los precios, el personal más calificado puede ser reasignado a otro proyecto y las necesidades y prioridades de los beneficiarios pueden cambiar (Leurs, 2005).

Para evaluar el costo de los retrasos, este capítulo se basa en datos del BID sobre la ejecución de proyectos de infraestructura para comparar la curva de desembolsos teórica con los gastos efectivamente realizados. Comparar estas curvas permite asignar un valor monetario a los ahorros que se podrían lograr si los desembolsos de los proyectos de infraestructura siguieran el cronograma previsto al momento de la planificación de las obras. La curva de desembolso teórica fue elaborada después de revisar más de cien documentos de planificación de proyectos que contenían información detallada sobre los calendarios de implementación entre 2003 y 2016. La segunda curva se construyó a partir del patrón de desembolsos efectivos de una muestra de 317 proyectos de infraestructura. Todos los desembolsos fueron estandarizados utilizando sus fechas de aprobación al año 0, siguiendo los desembolsos anualmente. El gráfico 2.3 compara las curvas y revela una brecha entre lo teórico y lo real. A modo de ejemplo, la curva teórica predice que en el quinto año casi el 90% del préstamo

Gráfico 2.3

Curva de desembolso acumulado teórica y real, 2003-16



Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de datos de proyectos del BID.

Nota: Las dos curvas tienen forma de "S" en el tiempo, lo que describe gráficamente cómo se comportan los proyectos de infraestructura. El comienzo de la curva es el momento cero, que es el año de aprobación. Al inicio, la curva tarda un tiempo a medida que comienza la implementación del proyecto. Ese período, que se extiende entre la aprobación y la elegibilidad (la ratificación del gobierno o la autorización del Congreso), dura aproximadamente dos años. Una vez que comienzan los desembolsos, la pendiente de la curva aumenta reflejando la implementación del proyecto. La pendiente de la curva disminuye hacia el final del proyecto porque gran parte de las obras fueron completadas.

debería estar desembolsado. Sin embargo, en la práctica, a ese momento solo se ha desembolsado el 30%.

¿Cuál es el costo financiero de estos retrasos? Desviarse del cronograma establecido al momento de la aprobación del proyecto tiene costos de oportunidad bajo la forma de recursos que se podrían asignar a otros usos. Una manera de medir dichos costos es el interés que podría obtenerse con el capital inmovilizado.

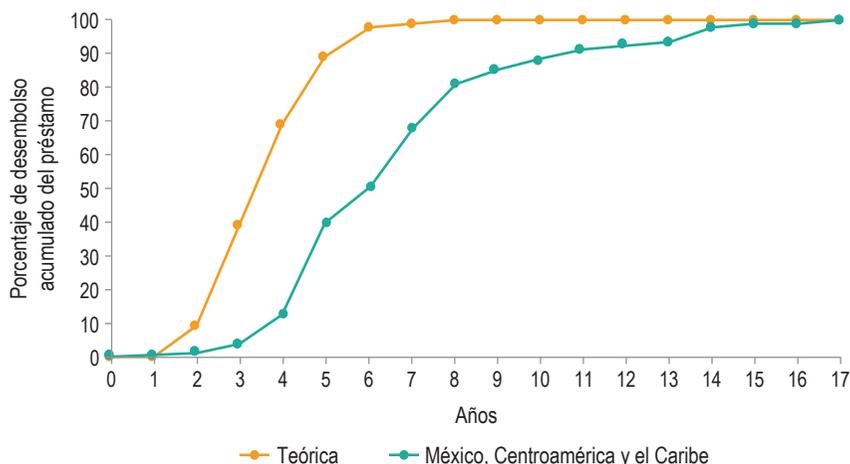
Para estimar los costos financieros de los retrasos, en el ejercicio se compara la diferencia entre la curva real y teórica de desembolsos y se aplican las tasas de interés vigentes del BID. Sobre la base de la tasa de interés promedio a lo largo del período de análisis (4,2%), las ineficiencias de desembolso añaden un 10,5% a los costos del proyecto. Dependiendo de la tasa de interés, estos costos oscilan entre el 2,8% con la tasa más baja que el BID ha cobrado desde 1997 (0,99%) y el 19,7% con la tasa más alta (7,03%). Utilizando el promedio de la tasa de interés mínima y máxima, se observa un ahorro potencial equivalente al 10% del monto total del proyecto. Dado que el 2,3% de la inversión pública en América Latina y el Caribe se ha destinado a infraestructura en años recientes,

evitar retrasos podría resultar en ahorros de hasta el 0,2% del PIB regional por año.

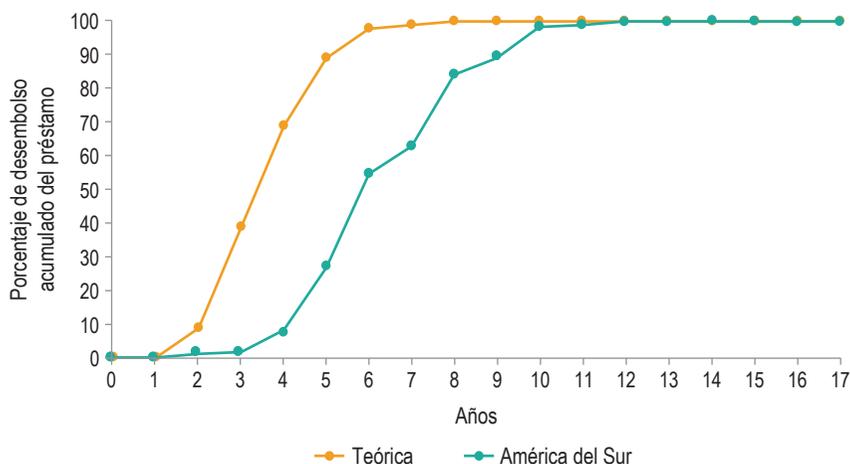
Los sectores de transporte, agua y saneamiento y energía muestran patrones de retraso similares. Si bien todos los países de América Latina y el Caribe se sitúan por debajo de la curva teórica, los de Centroamérica y el Caribe muestran peores resultados que los de América del Sur (gráfico 2.4).

Gráfico 2.4
Curva de desembolso acumulado teórica y real, por subregión, 2003-16

a. México, Centroamérica y el Caribe



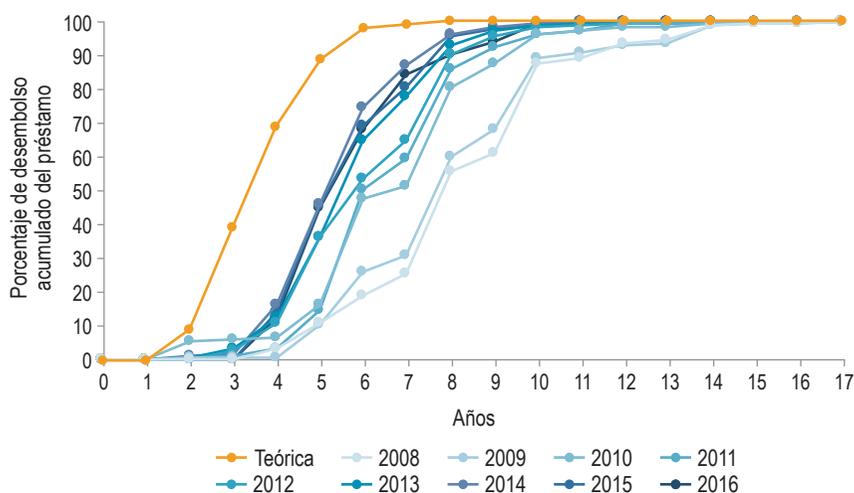
b. América del Sur



Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de datos de proyectos del BID.

La buena noticia es que el desempeño temporal está mejorando.¹⁵ Entre 2008 y 2016, la curva de desembolso real se acercó más a la teórica (gráfico 2.5). Si los resultados de los proyectos financiados por el BID estuvieran reflejando una mejora similar en los plazos de ejecución de todos los proyectos de infraestructura implementados por los países, el pronóstico es bueno: con los mismos presupuestos se puede construir más infraestructura.

Gráfico 2.5
Curva de desembolso acumulado teórica y real, por año, 2008-16



Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de datos de proyectos del BID.

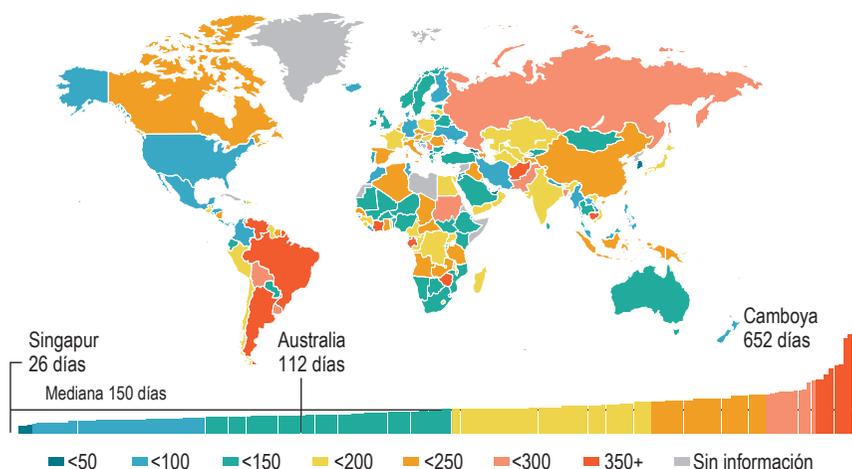
Idealmente, este ejercicio debería llevarse a cabo con los datos de ejecución de los proyectos de los países de América Latina y el Caribe. Sin embargo, son muy pocos los países que recolectan o hacen públicos este tipo de datos; cuando lo hacen, las metodologías varían e incluyen solo unos pocos proyectos. Dada esta limitación, el ejercicio llevado a cabo con los proyectos del BID debería considerarse una primera aproximación a la magnitud de los retrasos en la región.

Los procesos de permisos y aprobaciones, un factor clave de los retrasos de los proyectos, tardan un 25% más en América Latina y el Caribe que en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (McKinsey Global Institute, 2017; gráfico 2.6). América Latina y el Caribe es la región que peor desempeño exhibe entre las regiones en

¹⁵ En contraste con la conclusión a la que se llega en el caso de los sobrecostos.

Gráfico 2.6

Días requeridos para completar todos los procedimientos de permisos y aprobación para proyectos de infraestructura, por país



Fuente: McKinsey Global Institute (2017) y Banco Mundial.

AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE TIENE UNO DE LOS PLAZOS PARA CONSEGUIR PERMISOS MÁS LARGOS DEL MUNDO.

desarrollo. Singapur es el país de mejor desempeño a nivel mundial; completar todos los procedimientos de permisos y aprobaciones tarda solo 26 días. En América Latina y el Caribe el promedio es de 181,3 días. Colombia tiene los menores retrasos de la región (73 días). Entre 2009 y 2011, Colombia logró facilitar los permisos de construcción mediante la mejora de la verificación electrónica

de certificados de pre-construcción, la introducción de normativas que categorizan los proyectos de construcción sobre la base del riesgo, la posibilidad de verificación electrónica de diversos documentos, la adopción de la regla según la cual el silencio significa consentimiento y la incorporación de un nuevo formulario unificado para obtener permisos de construcción.

Prestar al mantenimiento la atención que merece

La necesidad de invertir en mantenimiento es evidente: el mantenimiento hace que la infraestructura existente funcione adecuadamente. Los expertos y los responsables de las políticas públicas de infraestructura comprenden que la infraestructura se deteriora de una manera no lineal: escatimar gastos en el mantenimiento provoca un deterioro más rápido de los activos y acelera la necesidad de un mantenimiento futuro. En el caso

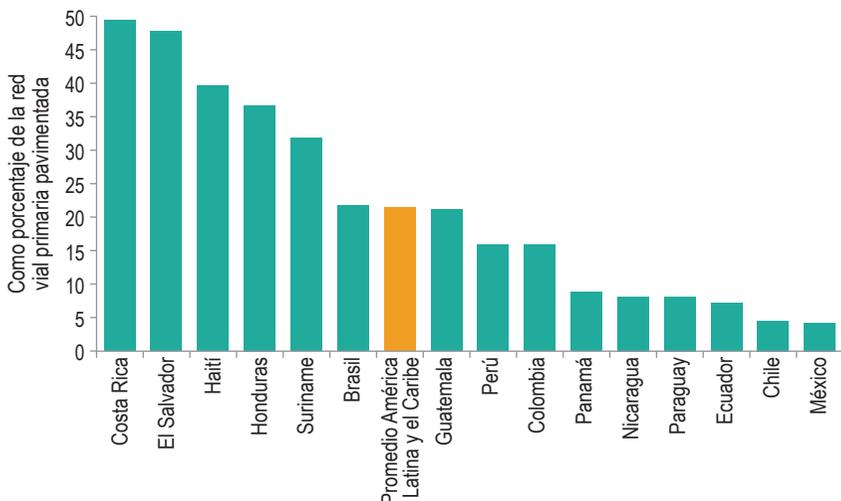
extremo, los activos mantenidos de manera inadecuada tendrán que ser rehabilitados o incluso reemplazados. Y lo que es obvio para los responsables de las políticas públicas y los expertos también es evidente para los usuarios de la infraestructura. Los baches dañan los vehículos y aumentan la probabilidad de accidentes, las roturas de las tuberías de agua y las redes eléctricas de baja confiabilidad atentan contra la calidad del servicio. Una estructura mal mantenida también puede forzar a que las empresas inviertan en equipos propios para mantener la continuidad del servicio, por ejemplo, generadores de electricidad, desviando recursos de su actividad principal y por lo tanto reduciendo su competitividad.

La falta de mantenimiento adecuado tiene claras raíces políticas e institucionales. Los organismos públicos y las empresas conocen la importancia técnica del mantenimiento y su impacto en el costo de los activos a lo largo de su ciclo de vida. Por lo tanto, no hay limitaciones técnicas para implementar estrategias de mantenimiento óptimas. Por otro lado, los motivos no técnicos de una inversión insuficiente en mantenimiento son muchos (y a menudo surgen de manera simultánea). El mayor rédito político se obtiene cuando se construyen y se inauguran nuevos activos. Es mucho menor cuando se invierte en mantenimiento. Los beneficios empresarios de los proyectos de construcción suelen ser superiores a los del mantenimiento. En el caso de las construcciones nuevas, la transparencia es menor y la complejidad es mayor, lo que deja margen para la búsqueda de rentas y la corrupción (Jaffe, 2015).

Es claro que los países invierten sistemáticamente demasiado poco en mantenimiento. Sin embargo, no es fácil fundamentar esta conclusión debido a la escasez de información sobre gastos de mantenimiento. Este problema no es exclusivo de América Latina y el Caribe. Los datos sobre mantenimiento son escasos tanto en países en desarrollo como en los desarrollados. Una fuente lógica de información sobre la inversión tanto en nuevos activos como en mantenimiento serían las cuentas nacionales de los países. Sin embargo, los países utilizan diferentes metodologías que complican la identificación y el reporte de los gastos en mantenimiento. Esto explica por qué no es posible tener series de datos de gastos en mantenimiento.

¿Qué se puede decir acerca del desempeño relativo de América Latina y el Caribe en el mantenimiento de su infraestructura? Hay evidencia exigua y parcial que muestra que el mantenimiento dista mucho de ser óptimo. Gran parte de la red vial primaria está en malas condiciones (gráfico 2.7). Las interrupciones del suministro eléctrico varían enormemente entre países, lo que sugiere que algunos tienen mucho espacio para mejorar el mantenimiento (gráfico 2.8). Las pérdidas de agua —especialmente

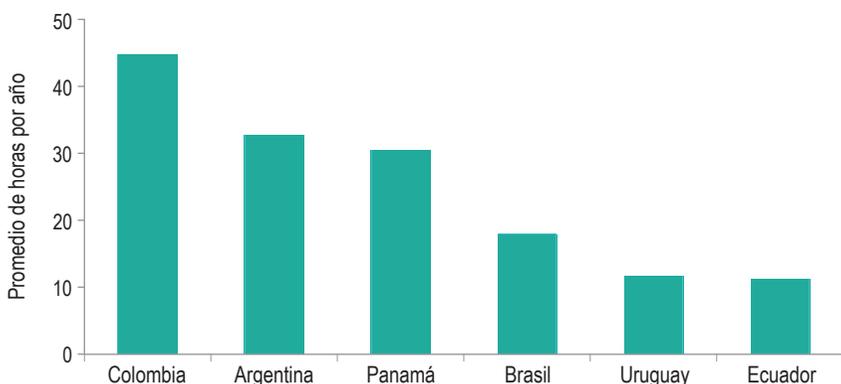
Gráfico 2.7 Red vial primaria pavimentada en malas condiciones



Fuente: Pastor (2019).

Nota: Se considera un camino en malas condiciones cuando el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) supera cierto umbral, que cambia de un país a otro. Chile tiene el umbral mínimo en la región. Los caminos incluidos en el gráfico en cada país son los siguientes: en Chile, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Honduras y Perú, caminos de la red primaria pavimentados; en Guatemala y Nicaragua, total de caminos pavimentados; en Brasil, caminos federales y principales caminos estatales pavimentados; en Colombia, se excluyen los caminos primarios pavimentados concesionados; en Panamá, caminos interurbanos pavimentados; en Haití y México, caminos primarios pavimentados y no pavimentados; en Suriname, total de caminos pavimentados bajo control de la autoridad vial. Los datos de los países varían entre 2012 y 2019.

Gráfico 2.8 Duración de las interrupciones del servicio eléctrico, 2015

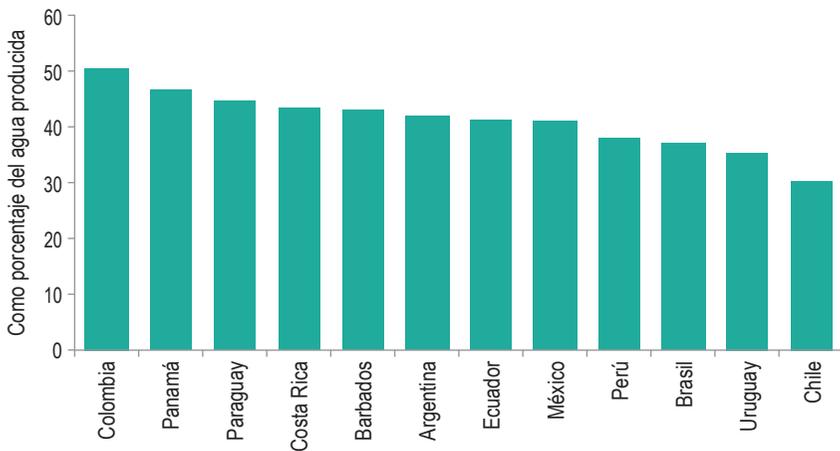


Fuente: Sanin (2019).

Nota: El promedio por país se calculó como un promedio ponderado con los datos disponibles de las empresas de distribución.

las de carácter técnico, sobre las que informan solo unos pocos países, también son muy comunes en la región.¹⁶ Un mejor mantenimiento podría acercarlos a los países de referencia en cuanto a buenas prácticas; en el caso del agua es Singapur, con solo el 5% de pérdidas (gráfico 2.9). En resumen, incluso sin contar con datos de mantenimiento en las cuentas nacionales, la poca evidencia existente sugiere que la región no invierte lo suficiente en mantenimiento.

Gráfico 2.9
Pérdidas de agua



Fuente: Pastor (2019).

Nota: Los datos de los países varían entre 2015 y 2018.

Algunos países de la región han tomado medidas para reducir los retrasos de mantenimiento, muchas de ellas muy innovadoras. Por ejemplo, en Argentina, Brasil, Chile y Uruguay, a finales de la década de 1990, las vialidades implementaron contratos para rehabilitación y mantenimiento basados en el desempeño. Las evaluaciones de estos contratos son escasas, y la mayoría no utiliza técnicas econométricas rigurosas. Sin embargo, una excepción es Pérez y Pereyra (2019). A partir de datos de

¹⁶ Los datos sobre pérdidas mezclan dos tipos de pérdidas: i) técnicas o físicas (cuando la electricidad o el agua se pierde entre la planta y el consumidor) y ii) comerciales (cuando los usuarios se conectan ilegalmente a la red o cuando la empresa encargada del suministro no les cobra a los usuarios). Para evaluar si hay un retraso de trabajos de mantenimiento, la variable que se debe estudiar es la de pérdidas técnicas. La notable variación en las pérdidas totales es igualmente un buen indicador aproximado de la falta de mantenimiento en países con las pérdidas totales más altas.

contratos implementados en Uruguay, los autores observaron que el Índice Internacional de Rugosidad, una medida de la calidad del pavimento, tenía mejores valores en los caminos administrados con este tipo de contratos que en aquellos mantenidos de manera convencional (normalmente contratos basados en insumos).

Lo que nadie quiere ver: la corrupción

La corrupción afecta a todos en la región. La encuesta Latinobarómetro registró en 2016 que el 53% de la población opinaba que los gobiernos combatían la corrupción de manera deficiente. En 2017, el 62% de los ciudadanos de la región consideraba que la corrupción había aumentado; en 2018, esa cifra subió a un 65% (Corporación Latinobarómetro, 2018). La eficiencia en el uso de los recursos depende de manera crucial de cómo se los administre. Los escándalos recientes muestran el efecto que la corrupción puede tener en el desarrollo y la gestión de los activos y los servicios de infraestructura.¹⁷

La corrupción genera despilfarro, escasez y precios inflados, y crea cuellos de botella en la administración de los proyectos. El resultado combinado de estos efectos es una reducción de la cantidad y calidad de los bienes y servicios públicos, lo cual perjudica a los ciudadanos que dependen de ellos. La magnitud de la corrupción en la contratación pública en la región es particularmente preocupante. Según las Encuestas de Empresas del Banco Mundial, las empresas de América Latina y el Caribe pagan en sobornos a funcionarios públicos por contratos más del doble que sus contrapartes de los países de la OCDE. En el Índice Global de Competitividad 2017-18, el puntaje de América Latina y el Caribe era inferior al de Asia Oriental, Europa, América del Norte, Oriente Medio, Sur de Asia y África Subsahariana en los indicadores de desvío de fondos públicos, favoritismo en las decisiones de los funcionarios públicos, e ineficiencia del gasto público.¹⁸

¹⁷ A pesar de que los escándalos más recientes están relacionados con proyectos de infraestructura, sería un error suponer que la corrupción se limita a este sector. De hecho, también hay casos relacionados con los servicios de salud y la educación, entre otros sectores.

¹⁸ Kahn, Barón y Vieyra (2018) ofrecen una descripción detallada del estado de la corrupción en la inversión pública y las contrataciones públicas en América Latina y el Caribe, incluyendo información estadística, desarrollos tecnológicos recientes, reformas legales y regulatorias nacionales y recomendaciones de políticas. Esta sección se basa en gran medida en ese trabajo, producido como nota de antecedentes para este informe.

Hay mucha información —tanto a nivel global como regional— que apoya la idea de que los proyectos de infraestructura que son objeto de licitaciones públicas son especialmente vulnerables a la corrupción. Se estima que entre un 10% y un 25% del valor de los contratos públicos se pierde debido a la corrupción (ABD, 2018). Esta información es consistente con las cifras calculadas en este capítulo sobre la ineficiencia del gasto público en infraestructura.

América Latina y el Caribe no se ha quedado de brazos cruzados en la lucha contra la corrupción. Al contrario: la mayoría de los países ha avanzado en diversos frentes, como en reformas legislativas e institucionales, iniciativas de la sociedad civil y la adopción de estándares internacionales de transparencia y gobernanza. A nivel nacional, a lo largo de las últimas dos décadas, los países han mejorado sus marcos legales y su capacidad institucional para aumentar la transparencia y luchar contra la corrupción (Casas-Zamora y Carter, 2017). Además, han intentado elevar sus estándares a niveles internacionales para promover la integridad, sobre todo en ámbitos de alto riesgo como las industrias extractivas, la construcción y las finanzas. Entre los actores que establecen estándares están la Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI), la Iniciativa de Transparencia en el Sector de la Construcción (CosT) y el Grupo de Acción Financiera Internacional (GAFI).

Algunos países en la región también han fortalecido las organizaciones autónomas de auditoría de los gobiernos y han ampliado el acceso a la información.¹⁹ Estos mecanismos legales han proporcionado un recurso crucial para las organizaciones de la sociedad civil (OSC) y los periodistas de investigación, desempeñando un papel fundamental aunque a menudo ignorado en la revelación de grandes episodios de corrupción en la región (de Michele, 2017).

Pero las mejoras realizadas hasta la fecha no se han reflejado de manera proporcional en los niveles reales y percibidos de corrupción. Las reformas legales e institucionales son una condición necesaria pero no suficiente para promover la integridad y luchar contra la corrupción. El principal reto consiste en asegurar la efectividad de estos mecanismos.

¹⁹ Durante las décadas de 1990 y de 2000, 16 países de América Latina y el Caribe aprobaron legislación que mejora el marco institucional y refuerza las competencias de las organizaciones de auditoría de los gobiernos, y que ha sido crucial para identificar riesgos de corrupción sistémicos en países como Brasil, Chile y Colombia. Desde 2002, 18 países de América Latina y el Caribe han aprobado legislación que amplía el acceso a la información. En Chile y México, entre otros, se han creado agencias independientes para asegurar el cumplimiento en los diferentes organismos públicos y contribuir a formar a los funcionarios para que apliquen las nuevas normas.

La escasa efectividad de las instituciones de lucha contra la corrupción se debe al insuficiente cumplimiento de las leyes, lo que a su vez refleja un compromiso político tibio, escasos recursos financieros y humanos y problemas de coordinación interinstitucional. Para abordar las ineficiencias inherentes a la lucha contra la corrupción se requerirán perseverancia y medidas en todos los sectores de la economía.

Más allá de las tan necesarias mejoras del marco legal y de su aplicación, se puede avanzar en la lucha contra la corrupción con intervenciones focalizadas. Las nuevas iniciativas y soluciones basadas en innovaciones de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) tienen un gran potencial para aumentar la transparencia, la supervisión y la eficiencia del uso de los recursos públicos en la región. Entre las aplicaciones de la tecnología digital cabe citar iniciativas de datos abiertos, el uso de *big data* y la minería de datos para optimizar la gestión de la inversión pública y el uso de plataformas en las redes sociales para alentar a los ciudadanos a participar en el ciclo de inversión pública. Estos nuevos instrumentos se aplican a partir de las medidas legales e institucionales recién descritas y las complementan.

Las técnicas de análisis de datos están ampliando los instrumentos disponibles para los auditores y los organismos de supervisión. La minería de datos permite que los auditores del sector público sometan grandes cantidades de transacciones a un escrutinio sistemático y que, eventualmente, identifiquen riesgos de corrupción en tiempo real. El Observatorio del Gasto Público de Brasil, una unidad perteneciente a la Oficina del Contralor General, ha elaborado herramientas de minería de datos que permiten a los funcionarios auditar US\$5.000 millones de gasto público. Tan solo en 2015, la unidad dio la alerta en más de 7.500 casos, equivalentes a contratos por US\$104 millones (Moreno, 2017).

En 2016 el BID lanzó la iniciativa regional MapalInversiones (www.iadb.org/mapainversiones), una plataforma en línea que permite a los usuarios monitorear los avances físicos y financieros de los proyectos de inversión pública mediante visualizaciones de datos y mapas georreferenciados. MapaInversiones se puso en marcha primero en Colombia en 2013 para monitorear las regalías mineras y de hidrocarburos pagadas a los gobiernos locales. En 2018, se inauguraron plataformas en Costa Rica, Paraguay y Perú.

La primera evaluación externa de una plataforma similar, aunque anterior, MapaRegalías (Lauletta et al., 2019), proporcionó evidencia de un aumento del 11% de la tasa de terminación de proyectos. Además, desde el lanzamiento de MapaRegalías, el número de irregularidades detectadas y referidas a una institución de control (principalmente el fiscal general) en Colombia aumentó de 57 en 2013 a más de 1.000 en 2016. MapalInversiones se desarrolló para profundizar y ampliar estos resultados.

Los marcos legales sólidos siguen siendo requisitos clave para la gestión efectiva de la inversión pública. Como muestra el ejemplo de MapalInversiones, las disposiciones legales adecuadas, la transparencia presupuestaria, la tecnología y los incentivos para que los ciudadanos utilicen la información puesta a su disposición conforman un paquete completo. Las reformas deben ir acompañadas de regulaciones efectivas para impedir conflictos de intereses, sobre todo en las contrataciones públicas, y para asegurar la cooperación y la coordinación entre los organismos responsables de evitar, detectar y sancionar el fraude, el despilfarro de fondos públicos y la corrupción.

Pavimentar el camino para más y mejor infraestructura: regulación, datos y tecnología

La región puede lograr aumentos importantes de la eficiencia *hoy*. Esos aumentos serán incluso mayores si los países adoptan y promueven tecnologías disruptivas que ya están disponibles (véase el capítulo 5). El aprendizaje automático puede contribuir a mejorar las estimaciones de costos. Las herramientas digitales, los drones y los datos basados en satélites pueden optimizar la planificación, los diseños de ingeniería, la adquisición de tierras y los reasentamientos. Las tecnologías emergentes pueden reducir los costos de construcción entre un 10% y un 50% (Milner y Yayboke, 2019). La realidad aumentada y virtual, por ejemplo, puede facilitar el diseño y la construcción. Eventualmente, las nuevas tecnologías cambiarán el tipo de infraestructura que se deba construir. En muchos casos, los modelos de negocios emergentes harán que la infraestructura sea redundante (por ejemplo, y probablemente a corto plazo, las centrales de generación de electricidad con carbón). Y los nuevos materiales de construcción podrían generar ahorros de costos de magnitudes desconocidas. La flexibilidad, la agilidad y marcos institucionales que sean capaces de responder al cambio tecnológico deberían ser prioridades fundamentales en las instituciones de infraestructura del sector público de la región.

Tomados en su conjunto, los beneficios estimados de un gasto público más eficiente por la reducción de los sobrecostos y los retrasos (25% y 10%, respectivamente) representan el 35% de la inversión pública en infraestructura en la región. La inversión pública en América Latina y el Caribe entre 2008 y 2017 ascendió a un 2,3% del PIB al año, pero dada la ineficiencia predominante este nivel de inversión equivale a invertir un 1,65% del PIB sin ineficiencias. Es decir, el 0,65% del PIB se pierde debido a ineficiencias en la producción de activos de infraestructura. A estos montos de ganancias de eficiencia se le podrían sumar otros beneficios que se pueden obtener mediante el fortalecimiento del marco institucional y regulatorio para

planificar adecuadamente la infraestructura, eligiendo los proyectos que tengan el mayor impacto en el crecimiento y la calidad de vida.

A continuación se resumen algunas recomendaciones de políticas para aumentar la eficiencia de la inversión en infraestructura en la región.²⁰

Establecer centros nacionales especializados en infraestructura

Conscientes de la necesidad de mejorar la eficiencia en todo el ciclo de proyecto de la infraestructura, varios países desarrollados se han embarcado en agendas de reformas, ancladas en el establecimiento de nuevas instituciones. Australia, Canadá y el Reino Unido han creado centros especializados en infraestructura, conocidos como “órganos de infraestructura” (*I-bodies*, véase el recuadro 2.1). Los países de América Latina y el Caribe podrían seguir este ejemplo y fundar instituciones similares. El Consejo de Políticas de Infraestructura de Chile es la única institución de la región que comparte algunas características de diseño de los organismos de infraestructura de los países aquí mencionados.

Recuadro 2.1

Los *I-bodies*, centros de conocimientos en infraestructura

Infrastructure Australia es un organismo independiente con un mandato para priorizar e impulsar infraestructura de importancia nacional. Es la entidad responsable de auditar de manera estratégica dicha infraestructura y de desarrollar planes de 15 años que especifiquen las prioridades nacionales y estatales. La primera auditoría nacional de infraestructura se publicó en 2015 y proporcionó el primer estudio independiente e integral de las necesidades de infraestructura presentes y futuras de Australia en transporte, agua, energía y telecomunicaciones. En 2019 se publicó una segunda auditoría, enfocada en el papel de la tecnología en la provisión de servicios de infraestructura.

Infrastructure Canada es una agencia federal creada para: i) proporcionar apoyo predecible y de largo plazo para ayudar a que los canadienses se beneficien de infraestructura pública moderna y de clase mundial; ii) realizar inversiones, establecer asociaciones, implementar políticas, producir programas y promover el conocimiento sobre la infraestructura pública en Canadá; y

²⁰ Debe reconocerse que, para algunas recomendaciones (sea la creación de instituciones, políticas o el uso de instrumentos), la base de evidencia es floja. Tomando en cuenta la necesidad de mejorar el proceso de inversión, las recomendaciones deben considerarse prometedoras pero requerirán experimentación seguida de investigación operativa para evaluar su efectividad.

iii) abordar retos complejos como el rápido crecimiento de las ciudades, el cambio climático, y las amenazas al agua y a la tierra. Infrastructure Canada también es responsable de elaborar la visión de largo plazo de Canadá para el desarrollo de infraestructura, el plan Investing in Canada.

Para orientar a los organismos a cargo de la infraestructura, el gobierno del Reino Unido creó la Infrastructure and Projects Authority (IPA) y la National Infrastructure Commission (NIC). La IPA, que reporta al Tesoro y a la Oficina del Gabinete, define el marco general para la preparación de proyectos en el Reino Unido y fija estándares bajo los cuales las autoridades contratantes desarrollan proyectos. La IPA también audita la calidad de los diseños de los proyectos importantes, apoya el desarrollo de capacidades y brinda asistencia técnica en la supervisión de proyectos. Creada en 2015 mediante la fusión de Infrastructure UK y la Major Projects Authority, la IPA tiene un largo historial de gestión de grandes proyectos de infraestructura a través de sus instituciones fundadoras.

El Tesoro creó la NIC para dar forma a una visión de futuro de la infraestructura económica del Reino Unido. La NIC es responsable de presentar a cada nuevo Parlamento una Evaluación Nacional de la Infraestructura estableciendo las prioridades estratégicas y necesidades de largo plazo en esta materia y ofreciendo recomendaciones para satisfacerlas. Además, la NIC prepara estudios detallados sobre los desafíos más relevantes para la infraestructura del país y monitorea el progreso del gobierno en la entrega de los proyectos y programas de infraestructura que ha recomendado. La NIC elaboró su primera Evaluación Nacional de Infraestructura en 2018, esbozando una visión estratégica para los siguientes 30 años. La visión debe materializarse a través del Plan Nacional de Infraestructura que se elabora anualmente y contiene una cartera de proyectos priorizados a ejecutarse en los próximos cuatro años. La implementación de esta cartera de proyectos es monitoreada por la IPA.

Aunque los *I-bodies* de los tres países tienen diferentes funciones, ofrecen beneficios comunes: i) brindan mayor coherencia estratégica a la política de infraestructura del gobierno; ii) reducen el riesgo político; iii) dan mayor certidumbre al mercado y a los inversionistas; y iv) aumentan la confianza pública en la provisión de infraestructura. Muchos *I-bodies* producen listas con evaluaciones independientes de proyectos de infraestructura, basadas en auditorías o evaluaciones de las necesidades de infraestructura y su desempeño.

Los *I-bodies* se encuentran en una etapa temprana de desarrollo institucional y es demasiado pronto para medir su impacto e identificar qué funciona y qué no funciona. Igualmente, representan para los países de América Latina y el Caribe un camino posible para *elegir los proyectos correctos y realizarlos de la manera correcta*. Las experiencias de Australia, Canadá y el Reino Unido destacadas aquí no deberían ser copiadas al pie de la letra. Cada país debería identificar cuidadosamente las características que mejor se adecúan a su contexto legal, institucional y cultural.

Producir planes de infraestructura nacionales integrales

Los países de América Latina y el Caribe no tienen planes integrales de infraestructura. Los planes suelen ser sectoriales, sin considerar los vínculos e interdependencias de los sistemas de infraestructura. Lo más preocupante es que tienden a ser planes producidos por cada nueva administración política, que muchas veces ignoran la existencia o consistencia con planes anteriores. La región necesita planes que sean el resultado de ejercicios de construcción de consensos y que sean suficientemente flexibles para cambiar cuando surgen nuevas demandas o tendencias como el cambio climático y la innovación tecnológica.

Antes y después: invertir en la preparación y la evaluación de proyectos

Las pocas evaluaciones disponibles sugieren que invertir en preinversión tiene una alta tasa de retorno. Pero las demandas políticas para construir infraestructura durante el mandato de un gobierno crean incentivos para acelerar la preparación de los proyectos. En los últimos años, han emergido diversas facilidades y plataformas de preparación de proyectos, algunas comerciales y otras apoyadas por los BMD como bienes públicos. Varias combinan la necesidad de mejorar los diseños de ingeniería y añadir las dimensiones de sostenibilidad (social, ambiental y económica).²¹ Los países deberían establecer y mantener actualizadas facilidades y plataformas de preparación y seguimiento de proyectos, otorgándoles los recursos presupuestarios que necesitan para ser efectivas. Deberían implementarse iniciativas para fortalecer los sistemas nacionales de inversión pública, para asegurar que todos los proyectos se sometan a análisis de costo-beneficio. Y la región necesita urgentemente crear un sistema para llevar a cabo evaluaciones ex post de los impactos de los proyectos, no solo para aumentar la transparencia sino también para generar información de resultados que ayuden a mejorar la preparación de los proyectos, tomando de los proyectos implementados los aspectos que han funcionado y no repitiendo errores.

²¹ En 2019, la Corporación Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ, por sus siglas en alemán) dio a conocer un sitio web llamado “Sustainable Infrastructure Tool Navigator”, un centro para la elaboración de proyectos y plataformas de sostenibilidad (<https://sustainable-infrastructure-tools.org/>). La efectividad de las plataformas de preparación de los proyectos se explica en Fioravanti, Lembo y Deep (2019).

Usar las herramientas disponibles para mejorar el costeo y reducir retrasos

Reconociendo que los sobrecostos son un resultado natural de la construcción de infraestructura, recientemente se han desarrollado diversas herramientas para ayudar a los gobiernos a mejorar el costeo y la implementación de proyectos.²² El uso de estas herramientas debería ir de la mano de esfuerzos para: i) aumentar la transparencia de los procesos de contratación y ii) trabajar estrechamente con los reguladores, las autoridades de lucha contra la corrupción y los organismos de competencia para promover la competencia en el diseño de los contratos y procesos de licitación.

América Latina y el Caribe está muy abajo en el *ranking* de aprobaciones de permisos. Sin dudas la región puede mejorar en este campo sin poner en riesgo el cumplimiento de estándares sociales y ambientales rigurosos. Un camino posible es crear ventanillas únicas nacionales para la aprobación de permisos.

Para hacer más eficiente el ciclo de los proyectos se deben acelerar los procesos de aprobación, asignar más recursos a las primeras etapas de la planificación y del diseño de los proyectos, y estructurar los contratos de manera de fomentar el ahorro de tiempo y de costos. Los contratos pueden ahorrar costos, por ejemplo, fomentando que el contratista, que en la mayoría de las ocasiones es un agente privado, adopte técnicas de construcción avanzadas, como la prefabricación y el uso de módulos.

Mantenimiento adecuado para asegurar una infraestructura durable y de alta calidad

¿Qué pueden hacer los países para cambiar la dinámica de la inversión subóptima en mantenimiento? El primer cambio debe producirse en instituciones externas al ámbito de la infraestructura. Las oficinas censales y de estadísticas deben mejorar las metodologías que utilizan para recopilar e informar sobre el gasto en mantenimiento. Paralelamente, debe requerirse a las empresas de propiedad estatal y a los operadores de infraestructura

²² Las herramientas más relevantes son: evaluaciones de riesgo en todas las etapas de los proyectos; procesos *gateway* que fomenten la revisión por pares; marcos para la gestión de los costos totales de los proyectos; reevaluaciones de las previsiones de la demanda; ingeniería del valor; estudios de desempeño de la infraestructura; e inventarios de activos que identifican las tendencias clave y las necesidades de demanda a satisfacer (Alberti, 2019).

privada (empresas de servicios públicos y consorcios que operan APP) que proporcionen datos rigurosos sobre mantenimiento. Instituciones sectoriales fuertes pueden exigir información y monitorear la implementación de planes de mantenimiento que prioricen el mantenimiento preventivo (por oposición al correctivo). Sería deseable que los reguladores generen y publiquen información sobre el estado de los activos de infraestructura y las acciones utilizadas (y su efectividad) para su mantenimiento.

La tecnología cumple un papel positivo y cada vez más importante en la reducción de los costos de mantenimiento. El uso de sensores, drones e imágenes satelitales, por ejemplo, ha disminuido los costos de mantenimiento en los servicios de agua y energía. Dichas tecnologías permiten que los operadores determinen con precisión la ubicación de pérdidas en las tuberías y recalentamiento en las líneas de distribución. También se están empleando imágenes de drones y satélites para evaluar las condiciones de los caminos. En lugar de recurrir a visitas en el terreno, que son intensivas en tiempo y trabajo, los drones proporcionan en tiempo real información abundante, precisa y utilizable. Un ejemplo interesante es la aplicación del sistema Watson de inteligencia artificial de IBM para ayudar a la industria aeronáutica a optimizar su desempeño mediante el uso de sensores en los motores de los aviones. La información transmitida desde los aviones en vuelo se analiza en tiempo real, contribuyendo a identificar fallas potenciales, impulsando tareas de mantenimiento predictivo. Gracias a Watson, Korean Air recortó los tiempos incurridos en el mantenimiento de turbinas en un 90% (eSolutions, 2018; Tech Wire Asia, 2017).

Luchar contra la corrupción con más transparencia

Más allá de las reformas, la creación de instituciones especializadas y la adopción de nuevas herramientas e instrumentos tecnológicos, el secreto de un proceso efectivo de planificación, construcción y mantenimiento de la infraestructura es aumentar la transparencia. La transparencia se sostiene sobre datos e información. Dados las cantidades masivas de datos generados durante la construcción y el uso de la infraestructura, y el potencial de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para mejorar los servicios de infraestructura, la escasez de información disponible sobre todo el ciclo del proyecto de infraestructura es alarmante. Se necesita información accesible y digerible para aumentar la participación y permitir que todos los actores relevantes en el ciclo de proyecto de la infraestructura tengan voz activa (desde las empresas de construcción hasta los consumidores) y así reducir la corrupción y asegurar que los proveedores de servicios cumplan sus compromisos.

Uno de los principales retos en la reducción de las oportunidades de corrupción descansa en el principio de poner la información al alcance de todos. La tecnología desempeña un papel vital en hacer realidad este principio. Herramientas tecnológicas como las plataformas web interactivas, las aplicaciones móviles y la visualización de datos pueden asegurar que la información proporcionada por los organismos públicos llegue a los ciudadanos en un formato intuitivo y accesible. Un ejemplo son los mapas georreferenciados, que utilizan tecnologías GPS para mostrar la localización de proyectos de inversión pública. Estos mapas permiten a los ciudadanos identificar cómo se gastan los recursos en su jurisdicción y establecer comparaciones con jurisdicciones vecinas. La combinación de incentivos para que los ciudadanos ejerzan un monitoreo más vigoroso y para una mejor gestión y supervisión de los datos puede tener un impacto considerable en la eficiencia. En Perú, un mayor monitoreo de los proyectos a través de INFOBRAS, un portal web patrocinado por la Oficina del Contralor General del país con datos de más de 70.000 obras públicas, recortó los costos de los proyectos en un 50% (Lagunes, 2017).

Hacer de la infraestructura una prioridad de políticas

No hay reforma ni medida de políticas que sea por sí sola una solución milagrosa. La infraestructura que se construye hoy durará décadas. El ciclo de los proyectos de infraestructura vincula a la generación que la construye con aquellas que le siguen. Y es precisamente por esto que la construcción de infraestructura debería planificarse rigurosamente y ser el resultado de consenso político para responder a las aspiraciones sociales. Para ello, la infraestructura debería ser una prioridad de políticas gestionada al más alto nivel de gobierno.



La nueva cara del financiamiento

La infraestructura es financiada por numerosos actores: gobiernos, empresas de propiedad estatal, bancos, empresas privadas (incluidas las proveedoras de servicios públicos), entidades multinacionales y fondos de inversión. Estos actores tienen diferentes estructuras de gobernanza, y esas estructuras cumplen un papel fundamental para determinar la calidad del servicio. Esta relación genera un fuerte vínculo entre financiamiento de la inversión y calidad del servicio. Así, el financiamiento no solo es importante para determinar la cantidad de activos de infraestructura sino también, a través de la gobernanza, para la calidad de los servicios que proporcionan esos activos.¹

Para aclarar los términos, cabe establecer una distinción entre *financiamiento* y *fondeo*. Por *financiamiento* suele entenderse quién pone el capital. Los proyectos de infraestructura normalmente implican inversiones cuantiosas por adelantado, mientras que los ingresos provenientes de esas inversiones solo se reciben varios años después.² Los ingresos pueden provenir de diversas fuentes, que determinan cómo se *fondea* el proyecto. Los usuarios (consumidores) *fondean* los proyectos a través de las tarifas que pagan por el uso de una carretera, o por consumir servicios de electricidad, agua o alcantarillado. Un intermediario, por ejemplo, una compañía de distribución eléctrica, puede firmar un contrato para comprar energía generada por un nuevo proyecto y luego revenderla a empresas y hogares, en cuyo caso son también los usuarios quienes terminan *fondeando* el proyecto. Pero los ingresos podrían provenir en parte (o en su totalidad) de transferencias

¹ El término gobernanza se utiliza aquí de manera general para referirse a la gobernanza de las empresas y proyectos, así como a las reglas y las regulaciones del gobierno.

² Se puede necesitar financiamiento en otros momentos del ciclo de vida del proyecto y, como se señala más abajo, los proyectos se pueden refinar financiar particularmente después de la fase de construcción, cuando el patrón de riesgos cambia.

públicas bajo la forma de subsidios directos por cada kilómetro de camino construido, cada kilovatio de electricidad producido o cada litro de agua suministrado. Los usuarios pueden efectuar los pagos correspondientes en las facturas, y luego puede haber subsidios, ya sea que estén focalizados en los hogares según niveles de ingreso, o a las empresas. Por lo tanto, el *fondeo* en esos casos sería compartido entre los usuarios y el gobierno. Aun así, si una parte de los fondos viene de fuentes públicas, eso implica *fondear* mediante impuestos, dado que finalmente los gobiernos deben encontrar una manera de pagar sus obligaciones. Estos ingresos luego se utilizan para pagar a los financiadores un retorno por el capital que invirtieron más los intereses o dividendos, dependiendo del tipo de financiamiento obtenido. Aunque este capítulo se enfoca en el financiamiento de la inversión, es importante que los financiadores sepan de dónde vendrá el fondeo, dado que esto determinará en gran medida la percepción de los riesgos.

Como se señaló en el capítulo 2, la percepción de la calidad de los servicios prestados por la infraestructura en América Latina y el Caribe sigue siendo baja, en parte debido a la escasa inversión. La inversión pública ha disminuido y el espacio fiscal para aumentarla sigue siendo escaso.³ Sin embargo, la infraestructura se financia de diversas maneras. Las empresas de propiedad estatal y las empresas privadas (que en muchos países de la región son las principales proveedoras de servicios públicos) también financian infraestructura. Para atraer financiamiento privado, en algunos países se ha difundido el empleo de técnicas de financiamiento de proyectos a través de vehículos especiales en el marco de asociaciones público-privadas (APP). Las APP pueden ser atractivas para gobiernos que enfrentan restricciones fiscales, pero pueden tener serias implicaciones para las cuentas públicas.⁴ Este capítulo analiza el estado de la inversión en infraestructura y sus actores, estudia el rol de las empresas de propiedad estatal y las empresas privadas, y las recientes tendencias en inversión privada.

Financiamiento público: la necesidad de revertir la tendencia

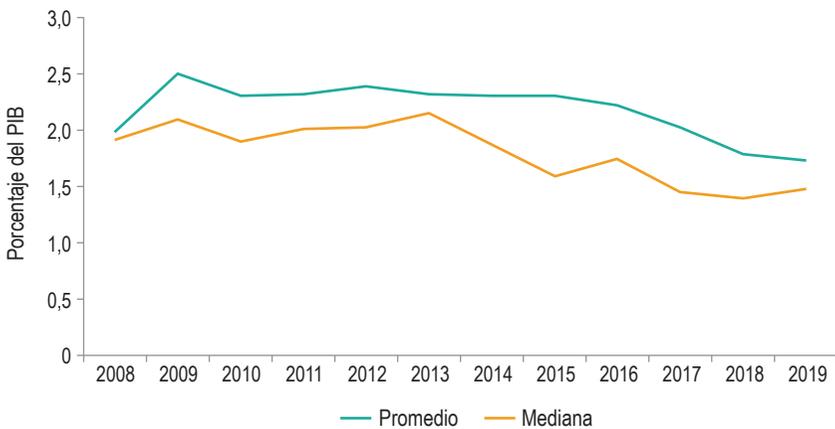
Tradicionalmente, los grandes proyectos de infraestructura han sido financiados por gobiernos. Esos proyectos incluían caminos, puertos, puentes, redes eléctricas, represas, grandes centrales eléctricas e infraestructura de

³ Véase Nuguer y Powell (2020) para un análisis reciente de los balances fiscales en la región.

⁴ La infraestructura también está financiada por otros actores, como autoridades estatales y municipales. El debate que se presenta en el capítulo 2 sobre la capacidad institucional como limitación es particularmente relevante para las autoridades subnacionales. Las implicaciones fiscales y de otra índole de las APP se abordan en el recuadro 3.4.

agua y saneamiento.⁵ Sin embargo, la inversión pública en infraestructura (y la inversión pública en general) ha sido baja y, más aún, ha disminuido. El gráfico 3.1 ilustra el promedio y la mediana de la inversión pública en infraestructura en diferentes países en América Latina y el Caribe como porcentaje del producto interno bruto (PIB). La inversión pública promedio en infraestructura bajó de aproximadamente el 2,3% del PIB en 2013 a cerca del 1,7% del PIB en 2019. Sin embargo, dado que la distribución de esta inversión varía según el país (unos pocos invierten mucho más que el promedio y hay una cola larga de países con bajos niveles de inversión), es probable que la mediana sea una medida más adecuada que la media. En el país mediano, la inversión pública en infraestructura disminuyó de alrededor del 2,1% del PIB en 2013 a cerca del 1,5% del PIB en 2019.

Gráfico 3.1
Inversión pública en infraestructura en América Latina y el Caribe



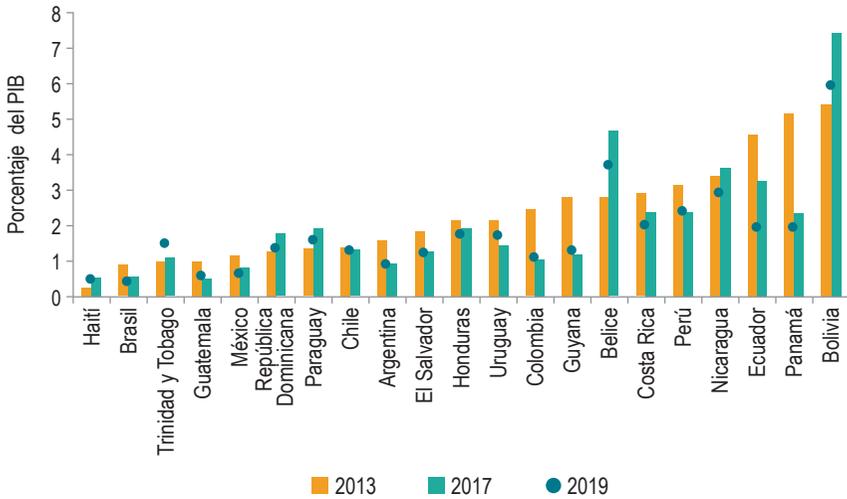
Fuente: Infratam y *Perspectivas de la economía mundial*.

Notas: No hay cifras disponibles de inversión pública para 2019. Las estimaciones utilizan proyecciones para la formación bruta de capital fijo (FBCF) y las razones (*ratios*) históricas de inversión en infraestructura sobre la FBCF en 2019 y en otros años para los cuales no hay datos disponibles.

En 2013, la inversión pública en infraestructura en Bolivia, Ecuador, Nicaragua, Panamá y Perú llegó o superó el 3,0% del PIB. Sin embargo, entre 2013 y 2017 la inversión disminuyó significativamente en todos estos países, con la excepción de Bolivia. Y la mayoría de los países ha tenido reducciones en los niveles estimados de inversión en 2019. Los gobiernos de 12 países invirtieron aproximadamente un 1,5% del PIB o menos en 2019. En Brasil la inversión cayó por debajo del 0,5% del PIB (gráfico 3.2).

⁵ En algunos países, el financiamiento privado ha aumentado significativamente, sobre todo en puertos, aeropuertos y en el sector energético.

Gráfico 3.2 Inversión pública en infraestructura en países seleccionados



Fuente: Cálculos de los autores basados en Infralatam y *Perspectivas de la economía mundial*.

Nota: Las cifras para 2013 y 2017 provienen de Infralatam. Las cifras de 2019 utilizan la relación histórica entre la inversión pública en infraestructura y la formación bruta de capital fijo (FBCF).

En los países donde la inversión pública es más elevada, hay considerable espacio para mejorar su eficiencia (véase el capítulo 2). Allí donde la inversión pública es baja se deben generar recursos para la inversión en infraestructura, incluso manteniendo los mismos niveles de gasto, a través de una mejora de la eficiencia de todos los componentes del gasto público. Por ejemplo, la reducción de ineficiencias del gasto en energía, en programas sociales y en gastos tributarios podría generar ahorros totales de hasta el 2% del PIB para el país promedio, y de hasta el 4% del PIB en algunos casos.⁶ En el caso de los países andinos, las estimaciones recientes sugieren que hacia 2038 la inversión pública en infraestructura podría aumentar hasta el 7% del PIB en promedio mediante una ambiciosa combinación de reformas fiscales y de eficiencia del gasto.⁷ Garantizar la selección de los proyectos adecuados, y la disposición de las capacidades necesarias para que los activos se puedan construir y gestionar de forma eficiente debe ser un requisito indispensable para cualquier aumento de la inversión pública.

Por otro lado, el sector público en América Latina y el Caribe tiene muchos activos que no están gestionados de manera de aprovechar todo

⁶ Véase Izquierdo, Pessino y Vuletin (2018).

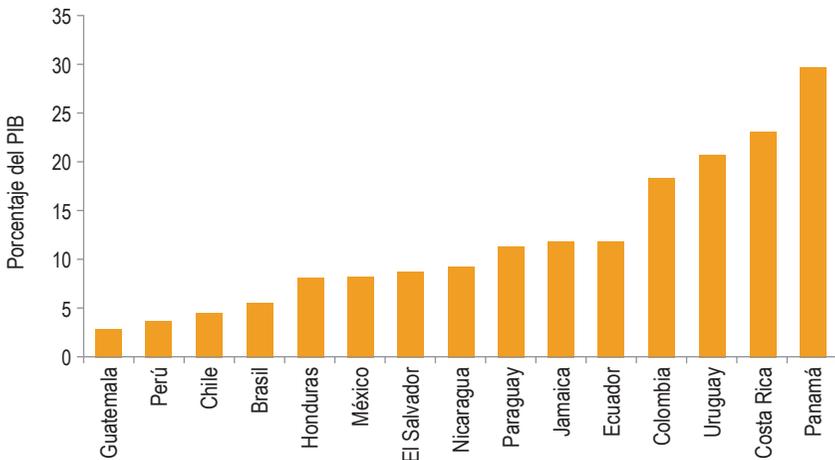
⁷ Véase de la Cruz, Manzano y Loterszpil (2020).

su potencial. De hecho, en algunos casos esos activos ni siquiera son registrados ni valorados de modo sistemático, mucho menos explotados. Catalogar y analizar los activos del sector público para pensar cómo se pueden convertir en una fuente generadora de ingresos netos podría rendir enormes beneficios para los gobiernos de la región.⁸

Empresas de propiedad estatal: cubrir el bache

Muchas empresas de propiedad estatal también invierten en infraestructura. Desafortunadamente, no existe una base de datos sistemática sobre dicha inversión; por consiguiente, este componente termina siendo ignorado en la mayoría de las estimaciones. Sin embargo, en algunos países estas empresas desempeñan un papel muy importante. El gráfico 3.3 ilustra el total de activos de un conjunto de las empresas de propiedad estatal más grandes. Aunque los datos pueden no ser exhaustivos y probablemente subestimen el total, en cuatro países los activos de estas empresas representan más del 15% del PIB; y para los 15 países incluidos en este análisis el promedio es del 12% del PIB.

Gráfico 3.3
Activos de las empresas de propiedad estatal en países seleccionados, 2016



Fuente: Cálculos de los autores basados en Musacchio y Pineda Ayerbe (2019).

Nota: Los datos pueden no ser exhaustivos y, por lo tanto, probablemente representen una subestimación. Datos para todos los países en 2016 con las siguientes excepciones: Panamá, 2015; Brasil, Costa Rica, Ecuador, Jamaica y Uruguay, 2014, y Colombia, 2011.

⁸ Véanse Detter y Fölster (2015, 2017).

Estudios recientes sobre la gobernanza de las empresas de propiedad estatal, tanto en economías avanzadas como en emergentes, muestran cómo influye la gobernanza en el desempeño financiero y, en algunos casos, en la calidad de la inversión.⁹ Trabajos recientes del BID argumentan que detrás del pobre desempeño de las empresas de propiedad estatal de América Latina y el Caribe está la gobernanza (véase el recuadro 3.1). Los problemas de gobernanza no solo influyen en el desempeño financiero sino que también se cuelan vía una deficiente selección y ejecución de los proyectos. Los países podrían crear mecanismos centralizados para supervisar esas empresas, ya sea a través de una sociedad *holding* o de estructuras alternativas donde se pueda monitorear y supervisar el desempeño. La transparencia, tanto en términos de objetivos como de indicadores de desempeño, podría ayudar en este proceso y reducir potenciales problemas de corrupción.

Recuadro 3.1

Acerca del papel de las empresas de propiedad estatal

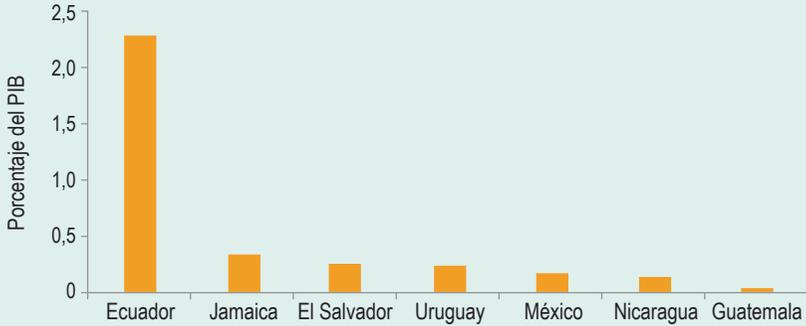
Tres temas sobresalen al estudiar las empresas de propiedad estatal en América Latina: i) las empresas de propiedad estatal son grandes en relación con el tamaño de sus economías; ii) el desempeño financiero es inferior al de los comparadores privados, y plantea riesgos a sus respectivos gobiernos; y iii) el poder político complica el monitoreo y el control, y el comportamiento de las empresas de propiedad estatal puede reflejar prioridades políticas partidistas a corto plazo, en lugar de mejorar la eficiencia y la calidad de los servicios que proporcionan.^a Las empresas de propiedad estatal funcionan en sectores de infraestructura clave como electricidad, puertos, aeropuertos y gas. En promedio, en la región hay cerca de 20 empresas de propiedad estatal por país, y casi una cuarta parte tiene activos que superan los US\$1.000 millones. Los activos equivalen a más del 20% del PIB en varios países. El ingreso de estas empresas asciende aproximadamente al 8% del PIB, y al 30% de los ingresos fiscales o del gasto público. Aun así, hay grandes diferencias entre los países de la región. Más del 70% del total de los ingresos de estas empresas son generados por empresas de propiedad estatal de México y Brasil. Si bien no hay datos consistentes sobre la inversión en infraestructura de las empresas de propiedad estatal, se puede deducir que son actores clave, y que la calidad de esa inversión y los servicios ofrecidos se ven afectados por los problemas planteados aquí.

Cerca del 30% de las empresas de propiedad estatal analizadas generan pérdidas fiscales (y esto ya es neto de “transferencias fiscales normales”). En

⁹ Véase OCDE (2015), Banco Mundial (2014a) y la caja de herramientas del Banco Mundial 2012 en <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/20390?show=full&locale-attribute=es>.

Gráfico 3.1.1

Promedio de transferencias fiscales a las empresas de propiedad estatal en países seleccionados, 2010-16



Fuente: Cálculos de los autores basados en Musacchio y Pineda Ayerbe (2019).

Nota: Estas cifras no incluyen transferencias excepcionales o inyecciones de capital.

Honduras, Nicaragua y El Salvador, esta cifra llega al 70% de las empresas de propiedad estatal. Las garantías explícitas o implícitas de los gobiernos pueden debilitar los incentivos para el desempeño debido al riesgo moral, y algunas de las empresas de propiedad estatal más grandes son tan grandes que pueden amenazar la sostenibilidad fiscal del país de requerirse un rescate voluminoso. El gráfico 3.1.1 muestra las transferencias fiscales promedio que se realizan a estas empresas en siete países para los que hay datos. Las transferencias fiscales son importantes en todos los países analizados y son particularmente grandes en Ecuador.

Aun cuando las empresas de propiedad estatal pueden tener diferentes objetivos, Musacchio y Pineda Ayerbe (2019) sostienen que el mal desempeño financiero también refleja una mala gobernanza, influencias políticas indebidas, e ineficiencia. Las empresas de propiedad estatal son utilizadas a menudo para implementar políticas como subsidios a la energía, concesión de créditos y redistribución, y también se pueden emplear como instrumentos de clientelismo, por ejemplo, a través de la creación de empleos en el sector público. Todo esto puede desviar la atención del objetivo de proporcionar un servicio de mejor calidad.

Debido a su tamaño y a sus notorias influencias políticas, la gestión, el monitoreo y el control de muchas empresas de propiedad estatal son difíciles; pero más difícil aún es reformarlas. ¿Hay alguna solución? Las empresas de propiedad estatal que tienen directorios más pequeños (menos proclives a contar con miembros derivados de nombramientos políticos), directores más independientes y códigos explícitos de gobernanza y ética tienden a mostrar un mejor desempeño financiero. En los países con organismos de empresas de propiedad estatal centralizados, que facilitan el monitoreo y el control, el desempeño financiero parece ser mejor y la deuda menor. Es probable que estos sistemas sean más efectivos para ejercer un control en empresas de

propiedad estatal más pequeñas.^b En el caso de las más grandes, es probable que solo los incentivos del mercado o la voluntad de los gobiernos nacionales, tal vez obedeciendo a la presión de los ciudadanos, puedan ejercer una influencia para limitar el endeudamiento excesivo y llevar a cabo medidas de reformas para mejorar la calidad de la inversión y de la prestación de servicios.

^a Véase Musacchio y Pineda Ayerbe (2019), así como FMI (2020), para un análisis de las empresas de propiedad estatal en todo el mundo.

^b Véase también Navajas (1991).

La inversión de empresas privadas

Las empresas privadas también invierten en infraestructura. En este rubro se incluyen empresas reguladas proveedoras de servicios públicos de energía y agua así como empresas de construcción y otras grandes empresas que requieren infraestructura como insumo para sus principales actividades (a menudo en los sectores de petróleo, gas y minería). Una vez más, no hay bases de datos homogéneas que describan la inversión en infraestructura de las empresas privadas.

Para arrojar algo de luz sobre este aspecto se creó una base de datos de empresas que operan en tres sectores —electricidad, gas y agua— en seis países (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú); la base de datos comprende las principales partidas de sus balances y sus *ratios* financieros. Resulta interesante que, al comparar las empresas de América Latina y el Caribe con sus contrapartes europeas (de Francia, Alemania y España), el retorno sobre ventas (también conocido como beneficio neto sobre ventas) tiende a ser más alto en la región (véase el recuadro 3.2). La rotación de activos (el monto de las ventas generado por un nivel de activos, una medida de eficiencia) es algo más baja en la región, al igual que el apalancamiento. El producto del retorno sobre ventas, la rotación de activos y el apalancamiento es la rentabilidad del capital. En 2017 la rentabilidad del capital en la mayoría de las empresas de suministro eléctrico de la región fue mayor que en sus contrapartes europeas. La evidencia sugiere que los márgenes son altos, aunque los retornos se ven morigerados por niveles más bajos de eficiencia, y por un menor apalancamiento.

Sin embargo, hay considerable heterogeneidad entre los países y una volatilidad significativa a lo largo del tiempo. Aunque entre 2003 y 2008 los activos aumentaron de manera notable, la inversión parece haber disminuido desde entonces. Esta volatilidad también es evidente en la rentabilidad. La volatilidad sugiere que persisten riesgos considerables, lo que

también puede implicar un alto costo de capital, mayores márgenes y una rentabilidad promedio más alta a lo largo del tiempo. Estas conclusiones ilustran las disyuntivas que existen entre la gestión privada y la gestión pública en los servicios de infraestructura. Aunque la gestión privada puede aportar mayor eficiencia, los propietarios de las empresas buscan tener una compensación por el riesgo percibido.

Recuadro 3.2

Empresas proveedoras de servicios públicos: un eslabón perdido en el análisis de la infraestructura

La gran mayoría de los estudios sobre inversión en infraestructura analizan proyectos emprendidos por gobiernos, e inversiones financieras estructuradas del sector privado. Sin embargo, la infraestructura también es financiada por empresas a partir de sus propias ganancias retenidas, o con capital propio o con emisiones de deuda. La falta de una base de datos consistentes sobre esas inversiones sugiere que la inversión en infraestructura puede estar seriamente subestimada. Al examinar los sectores de energía y agua, se observa que las empresas de servicios públicos que cotizan en bolsa son actores importantes. Moszoro (2019) avanza en este ámbito analizando las fuentes y el uso de los fondos de estas empresas. Aquí se resumen los resultados principales.

Los datos consisten de un panel no equilibrado de, en promedio, 74 empresas de tres sectores (electricidad, gas natural y agua) que cotizan en bolsa en seis países a lo largo del período 2003 a 2017.^a En primer lugar, estas empresas desempeñan un papel importante en los sectores en cuestión. En segundo lugar, los activos han crecido a un ritmo de aproximadamente un 3,6% al año, lo que indica que estas empresas han estado invirtiendo.^b

La magnitud de las inversiones varía según los sectores y a lo largo del tiempo. Las mayores inversiones se han dado en el sector del gas (4,7% de los activos al año), seguidas del agua y la electricidad. La inversión fue muy apreciable en el período 2003–08 (más del 20% de los activos al año) pero durante la crisis financiera global y los años posteriores (2008 a 2012) la inversión disminuyó hasta el 8% de los activos al año. Entre 2013 y 2017, un período de menores precios de las materias primas, bajo crecimiento, y restricciones fiscales en varios países, la inversión fue inferior, pero siguió siendo de un promedio cercano al 2% de los activos al año.

Una descomposición según la fórmula de Dupont permite un análisis comparativo de algunos aspectos del desempeño de las empresas. La fórmula de Dupont descompone la rentabilidad del capital en el ingreso neto dividido por las ventas (un indicador de eficiencia), las ventas divididas por los activos (indicador de márgenes) y los activos divididos por el capital (una medida de apalancamiento):

$$ROE = \underbrace{\frac{NI}{Sales}}_{ROS} \times \underbrace{\frac{Sales}{Assets}}_{AT} \times \underbrace{\frac{Assets}{Equity}}_{Leverage}$$

ROA

En comparación con las contrapartes europeas, Moszoro (2019) observa que las empresas de servicios públicos en América Latina tienen ingresos netos divididos por las ventas algo más bajos, lo que indica que no son tan eficientes. Esto sugiere que los costos son altos debido a: i) características estructurales (por ejemplo, falta de escala o geografía complicada); ii) ineficiencia-X (gestión deficiente o incentivos de gestión diferentes de aquellos que maximizan los beneficios, y falta de monitoreo y control); o iii) medidas regulatorias.^c Además, el apalancamiento también es relativamente bajo. Sin embargo, en promedio, la rentabilidad del capital es mayor que en Europa dado que las ventas divididas por los activos tienden a ser relativamente altas. Esto sugiere que los márgenes son relativamente elevados en la región. Este análisis coincide con evidencia presentada en este informe según la cual los servicios de infraestructura tienden a ser caros.^d

^a En el sector del agua solo se incluyeron tres países dado que la muestra se restringía imponiendo que estuvieran disponibles los datos mínimos requeridos de al menos tres empresas de cada sector. Dado que la base de datos está compuesta por empresas que cotizan en bolsa, probablemente sean las empresas de servicios públicos más grandes y con mejor desempeño de la región.

^b Nótese que esto correspondería a inversión acumulada neta de depreciación y valuada utilizando los principios de contabilidad en vigor en cada país a lo largo del período.

^c Estas medidas podrían incluir la obligación de que las empresas brinden servicios en ámbitos no rentables o de que inviertan más en actividades no rentables.

^d Esto también podría reflejar un alto costo del capital o regulación que permita a las empresas cobrar altas tarifas para compensar por el alto riesgo percibido.

Un híbrido: el financiamiento de proyectos de infraestructura

Aparte del financiamiento público puro, el de las empresas de propiedad estatal y el de las empresas privadas, una forma de financiamiento común para atraer fondos privados es a través de técnicas de financiamiento de proyectos. Normalmente esto implica crear un mecanismo de gobernanza específico, y un vehículo de propósito especial (VPE).

Los VPE de proyecto suelen consistir en cierto nivel de capital aportado por los dueños del proyecto, más el dinero prestado por los tenedores de deuda, y posiblemente otros tipos de apoyo financiero; por ejemplo, el proyecto podría contar con garantías sobre aspectos específicos por parte de los gobiernos o de otras instituciones oficiales o privadas. Además, puede haber diferentes tipos de tenedores de deuda. Por ejemplo, los VPE pueden tener lo que se denomina un nivel intermedio de deuda que puede estar subordinada. Esto significa que, si el proyecto experimenta dificultades, las

pérdidas serían asumidas primero por los tenedores de esa deuda; por consiguiente, estos instrumentos pueden ofrecer un mayor rendimiento.

Algunos proyectos pueden contar con el apoyo de los gobiernos y del sector privado. En los proyectos denominados como asociaciones público-privadas (APP),¹⁰ el sector privado asume un nivel de riesgo y sus recompensas están relacionadas con el desempeño del proyecto. Alternativamente, los proyectos pueden ser enteramente privados. Sin embargo, en infraestructura, incluso los instrumentos puramente privados pueden tener relación con una entidad pública, ya sea a través de cierta regulación o de un contrato por los servicios proporcionados. Debido a que existen muchas estructuras potenciales diferentes, hay una enorme gama de posibilidades y el propio término APP es muy amplio.¹¹ Algunos países han aprobado las denominadas leyes de APP, que intentan definir un marco común para estos acuerdos.

Desde el punto de vista conceptual, nada es inherentemente mejor o peor en el financiamiento privado comparado con el público. Que la calidad del servicio y los resultados financieros mejoren depende en gran parte de si las estructuras de gobernanza empleadas para incorporar el financiamiento privado promueven una gestión más eficiente, perfeccionan los incentivos, o distribuyen el riesgo de manera más efectiva. Sin embargo, también hay peligros. Por ejemplo, los inversionistas privados se sentirán atraídos si los gobiernos acuerdan tarifas más altas, o proporcionan subsidios o garantías generales. En estos casos la participación privada podría no ser la mejor opción para la sociedad en su conjunto o crear considerables pasivos contingentes para el sector público (véase el recuadro 3.3).

Recuadro 3.3

Sobre las asociaciones público-privadas

El rótulo de asociaciones público-privadas (APP) se ha puesto de moda para describir los acuerdos de gobernanza y de financiamiento que cuentan con el apoyo del gobierno y que incorporan la experiencia en gestión del sector privado para mejorar la eficiencia en el desarrollo de proyectos de infraestructura pública.^a

¹⁰ Según la guía de referencia de los bancos multilaterales de desarrollo (BMD), una APP es un contrato a largo plazo entre una parte privada y una entidad pública con el fin de proporcionar un activo o servicio público en el que la parte privada asume un riesgo considerable y la responsabilidad de la gestión y la remuneración está vinculada al desempeño (Guía de Referencia de las APP, 2017).

¹¹ Para un debate detallado sobre qué es y qué no es una APP, visítese la página <https://ppp-certification.com/ppp-certification-guide/2-private-participation-public-infrastructure-and-services-what-and-not-ppp>.

Las APP no convierten proyectos malos en proyectos buenos, y aquí gran parte del análisis efectuado en el capítulo 2 es pertinente independientemente de la modalidad de contratación. Más bien, la pregunta es bajo qué circunstancias las APP pueden mejorar los proyectos viables en términos de calidad del servicio y de eficiencia.^b Los sistemas de APP se construyen a partir de la cuestión de cómo compartir riesgos y mejorar el desempeño. Las APP pueden resultar deseables cuando las ventajas de la transferencia del riesgo y del mejor desempeño pesan más que el aumento de los costos de contratación y financiamiento.

Las APP pueden mejorar los resultados por diversos mecanismos, incluyendo: i) ganancias puras de eficiencia, gracias a una mejor planificación, desarrollo y mantenimiento de los activos; ii) una mejor alineación de incentivos; iii) una mejor gestión del riesgo a lo largo del ciclo de vida del proyecto; y iv) la movilización de financiamiento adicional. En cuanto a la eficiencia pura, las APP pueden mejorar la selección de los proyectos, filtrando "elefantes blancos", y los equipos de gestión bien focalizados del sector privado pueden mejorar la planificación y ejecución de proyectos. El empleo de instrumentos como el análisis de costo-beneficio en el proceso de contratación puede optimizar la toma de decisiones. Los contratos basados en el desempeño pueden alinear los incentivos de los actores privados y públicos, lo que genera un mejor mantenimiento y una mejor calidad de la prestación de servicios.^c Los contratos que permiten al constructor de un proyecto encargarse de su operación (y mantenimiento) mejoran los incentivos para asegurar que la construcción respete los plazos y sea de buena calidad a la vez. Además, las APP pueden servir como instrumento para mejorar la gestión del riesgo (identificación, asignación y mitigación).^d

Para gobiernos que enfrentan restricciones fiscales, recurrir a las APP puede resultar atractivo, pero a menos que haya beneficios económicos subyacentes, el financiamiento privado no aporta ninguna ventaja desde una perspectiva de sostenibilidad fiscal.^e De hecho, la sostenibilidad fiscal puede empeorar si no hay ganancias de eficiencia y si las tasas de interés pagadas a los inversionistas privados son mayores que el costo del fondeo del gobierno.

Al mismo tiempo, los desafíos de la gestión de infraestructura de gran tamaño para los gobiernos son bien conocidos, y algunos se detallan en el capítulo 2. A fin de cuentas, las APP deberían considerarse como un instrumento para mejorar la provisión de infraestructura pública con el potencial para reducir retrasos y sobrecostos y mejorar el mantenimiento. Por lo tanto, la pregunta pertinente es si hay buenos motivos para pensar que los resultados serán mejores cuando los proyectos son gestionados por entidades privadas, y cómo mejorar los marcos de las APP y las estructuras de gobernanza con ese fin.^f

Pero también hay posibles dificultades. Las empresas privadas pueden mostrarse reacias a invertir en activos fijos temiendo que un gobierno adopte medidas que luego reduzcan el valor de las inversiones hundidas. Esto se denomina el problema *de cautividad*. Tiene que haber ex ante un acuerdo sobre las reglas del juego y una expectativa de que esas reglas no se cambiarán de manera oportunista. Sin embargo, la *cautividad* también se puede producir en la dirección inversa. Una empresa puede presentarse a una licitación con una oferta baja, ganar un

contrato y después solicitar una renegociación cuando para el gobierno sea demasiado costoso cambiar a otro proveedor. Estos problemas también se pueden producir en otras modalidades de contratación, como cuando los gobiernos gestionan proyectos y negocian directamente con el sector privado. En el sector de la infraestructura, las renegociaciones parecen ser demasiado frecuentes, incluso en la fase de construcción.^g Si el poder monopólico es demasiado grande, el gobierno puede no tener más opción que aceptar las demandas de la empresa.

El alto porcentaje de renegociaciones que se observan en la práctica sugiere que hay muchos contratos que se ejecutan bajo esta modalidad. Pero resulta difícil saber cuántos proyectos se estudiaron y luego no se concretaron. Los funcionarios públicos pueden tener un incentivo para enfocarse en licitaciones aparentemente competitivas para que parezca que durante su mandato los servicios públicos mejoran, promoviendo así un comportamiento demasiado optimista o miope. Peor aún, se ha sostenido que en algunos casos la renegociación está relacionada con la corrupción. Sin embargo, en un estudio sobre la renegociación y la corrupción en América Latina no se observó ninguna diferencia significativa entre la provisión pública y la privada.^h

Por otro lado, hay evidencia de que las APP han mejorado los resultados. Por ejemplo, hay estudios que sugieren que la participación privada ha elevado la eficiencia y la productividad de los puertos, reduciendo los costos de transporte y aumentando el comercio y la competitividad. Cerca del 90% de la carga de contenedores de la región se mueve a través de puertos de APP. De la misma manera, tres de cada cuatro pasajeros de avión pasan por aeropuertos operados por APP. Y los costos de rehabilitación y mantenimiento de carreteras son entre 25% y 30% más bajos cuando se comparan las APP con la contratación tradicional.ⁱ Estos ejemplos muestran que, cuando se despliegan de manera adecuada, las APP pueden disminuir los costos y aliviar las restricciones fiscales.^j

Desde 2010, muchos países de América Latina y el Caribe han fortalecido sus marcos para crear APP. En 2009, solo un país de la región tenía las instituciones requeridas según las normas internacionales. Diez años después, 16 países habían creado organismos específicos para implementar APP, proporcionar apoyo técnico y monitorear la participación privada en infraestructura.^k Recurrir al financiamiento privado para infraestructura no se traduce en beneficios automáticos y no significa que los gobiernos deberían tener menos capacidad. Se podría afirmar que identificar buenos proyectos para el financiamiento privado, llevar adelante un proceso de licitación, seleccionar y negociar los contratos y monitorear a los actores del sector privado son acciones que requieren un conjunto de habilidades más sofisticadas que la simple gestión de los proyectos. La región ha logrado grandes avances y hay considerablemente más potencial para aumentar el financiamiento privado de infraestructura desarrollando aún más las instituciones necesarias para las APP.

^g Los gobiernos apoyan grandes proyectos identificando y desarrollando oportunidades, utilizando concesiones u otros contratos con diversas entidades públicas y requiriendo permisos, autorizaciones y regulación.

^b Banco Mundial (2013).

^c En el caso específico del mantenimiento y la transparencia de los costos de todo el ciclo de vida del proyecto, la Guía de Referencia de las APP (2017) establece que estas requieren un compromiso inicial de parte del operador privado en relación con el costo de todo el ciclo de vida de proveer un mantenimiento adecuado de los activos a lo largo de su ciclo de vida. Este compromiso fortalece la predictibilidad presupuestaria a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura y reduce los riesgos de requerir fondos para el mantenimiento después de que el proyecto se construye.

^d Los riesgos transferidos a inversionistas extranjeros pueden reducir los riesgos totales, pero aquellos que asumen los gobiernos al tener la propiedad y operar la infraestructura pueden acarrear costos considerables; por lo tanto, transferir algunos riesgos a los inversionistas privados puede reducir los riesgos de los contribuyentes (véase la Guía de Referencia de las APP, 2017). Véase Ketterer y Powell (2018) para una tipología propuesta de riesgos asociados con los proyectos de infraestructura y cuál es la mejor manera de abordarlos.

^e Normalmente, el financiamiento no se cuenta como deuda pública, y menos como pasivo contingente. Con frecuencia, el apoyo para los proyectos requiere compromisos de varios años y, por lo tanto, tiene un impacto en el presupuesto y en la trayectoria futura de la deuda. Si todo lo anterior fuera estrictamente contabilizado en las cuentas públicas, los gobiernos podrían encontrar menos atractivos a esos proyectos. Algunos países llevan a cabo estimaciones de los impactos de la APP (tanto directos como contingentes) en las cuentas públicas. Véase Engel, Fischer y Galetovic (2013, 2014) para un debate general, y Reyes-Tagle (2018) para un análisis de las implicaciones fiscales de las APP en América Latina y el Caribe.

^f En un modelo teórico relacionado, Cordella (2018) describe cuándo la inversión privada puede ser superior a la pública en un modelo que incorpora la posibilidad de reformas.

^g Véanse Neto, Cruz y Sarmiento (2017); Guasch (2004); Guasch, Laffont y Straub (2008).

^h Campos et al. (2019) analizan todos los proyectos emprendidos por el grupo brasileño Odebrecht en ocho países a lo largo de 10 años y observan que el valor de la renegociación promedio era de un 71% de la inversión inicial cuando se pagaban sobornos, en comparación con el 6% cuando no había sobornos, sin diferencias sustanciales entre las APP y la provisión pública.

ⁱ Véanse Suárez-Alemán, Astesiano y Ponce de León (2020a) sobre los aeropuertos; Suárez-Alemán, Astesiano y Ponce de León (2020b) sobre los puertos, y Pérez, Pereyra y Sanroman (2020) sobre los caminos.

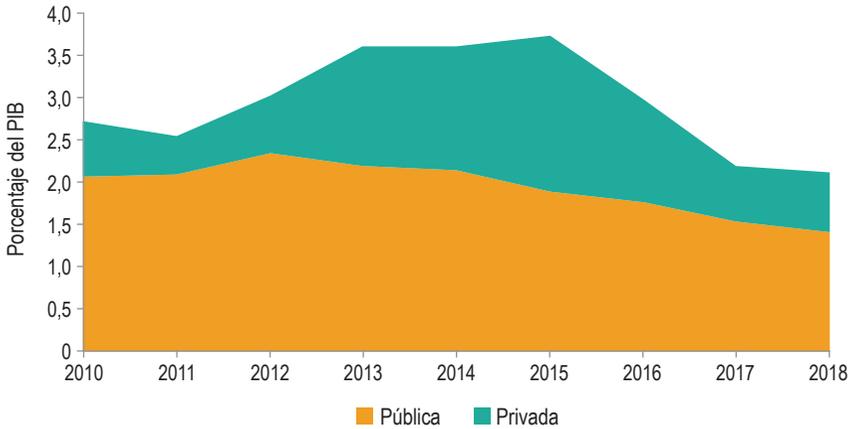
^j Véase EIU (2019), y Cavallo y Powell (2019), Apéndice F en línea, para un análisis de los marcos de las APP de los países, disponible en <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=EZSHARE-182252029-57>.

^k Véase Cavallo y Powell (2019), Apéndice F en línea, disponible en <https://flagships.iadb.org/es/MacroReport2019/Construir-oportunidades-para-crecer-en-un-mundo-desafiante>.

Al considerar aquellos países que han atraído financiamiento no público en la mayoría de los años desde 2010, es notable como, si bien el financiamiento público ha disminuido desde 2013, el no público ha aumentado, y en 2015 representaba cerca del 2% del PIB. Sin embargo, datos más recientes muestran que la inversión no pública se está reduciendo y que en 2018 representó un total inferior al 1% del PIB (gráfico 3.4).

Los datos que aparecen en el gráfico 3.4 incluyen la inversión pública (es decir, infraestructura financiada a través de las cuentas públicas según lo registrado en Infralatam) y el financiamiento no público, incluyendo el de entidades privadas (como bancos, empresas y fondos privados). También incluye el financiamiento de bancos multilaterales de desarrollo (BMD) (que no pasa por las cuentas fiscales), de entidades estatales externas a América Latina y el Caribe (como bancos públicos, agencias de crédito a las exportaciones y similares) y de algunas entidades estatales

Gráfico 3.4 Inversión pública y no pública en infraestructura



Fuente: Infratam, IJ Global y base de datos PPI del Banco Mundial.

Nota: Las cifras de inversión pública provienen de Infratam. Las de inversión no pública provienen principalmente de la base de datos IJ Global de Infrastructure Journal complementada con la base de datos sobre la PPI del Banco Mundial, lo que asegura que no hay doble recuento. La inversión es contabilizada en el cierre financiero. Se excluyen los refinanciamientos, pero se incluye infraestructura utilizada únicamente para fines comerciales. Se incluyen 11 países, concretamente aquellos que tienen inversión pública y no pública positiva para la mayoría de los años a lo largo del periodo de análisis.

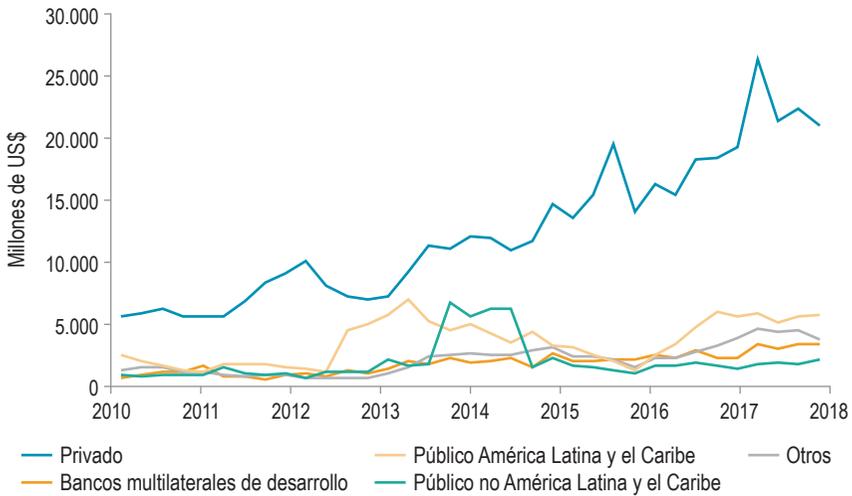
de la región (principalmente bancos públicos). En 2018, el total de este financiamiento no público alcanzó alrededor de US\$38.000 millones. Esta novedosa base de datos se construyó a partir de los datos detallados de proyectos de IJ Global del Infrastructure Journal, cuidando de evitar el doble conteo de proyectos.¹² Al desglosar el financiamiento de infraestructura según estas categorías no públicas se observa que el financiamiento verdaderamente privado ha aumentado en dólares y como porcentaje del total del financiamiento no público (gráfico 3.5).¹³

El financiamiento no público de infraestructura se concentra en ciertos países. Brasil captura cerca del 25% de este financiamiento, seguido de México, con aproximadamente el 21%. El financiamiento en solo seis países (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú) representa más del 85% del total (gráfico 3.6).

¹² Para algunos años, estas cifras son superiores a la base de datos PPI del Banco Mundial porque estos datos incluyen grandes proyectos de infraestructura comercial, como puertos comerciales y canales.

¹³ Nótese que las cifras para el financiamiento no público son diferentes de las utilizadas en el capítulo 2, que se basan en la base de datos PPI del Banco Mundial. La base de datos creada para este capítulo incluye la infraestructura comercial, excluida de la PPI.

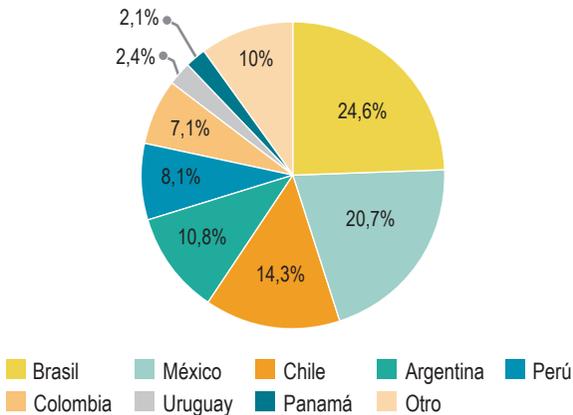
Gráfico 3.5 Financiamiento no público de infraestructura en América Latina y el Caribe



Fuente: IJ Global.

Nota: La categoría "Otros" se refiere a proyectos que no estaban categorizados y, por lo tanto, podrían encontrarse en los grupos anteriores.

Gráfico 3.6 Proporción del financiamiento no público de infraestructura entre países

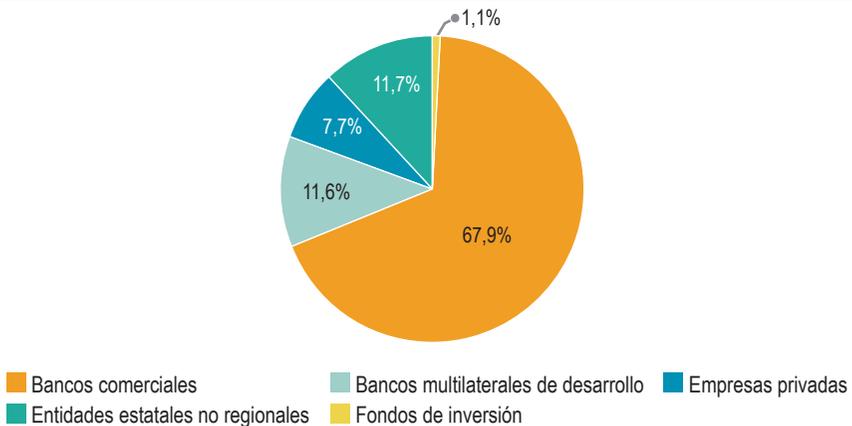


Fuente: IJ Global.

Nota: Las cifras se refieren a los totales de 2014-18. "Otros" se refiere a otros países donde hay datos para proyectos que no se financian a través del presupuesto fiscal o entidades estatales regionales.

La importancia de los bancos comerciales como financiadores es notable. Si se excluyen los proyectos financiados por entidades estatales regionales, se observa que los bancos comerciales aportaron cerca del 68% del resto del financiamiento no público a lo largo de los últimos cinco años (gráfico 3.7). En el gráfico 3.7, por empresa privada se entiende principalmente lo que suele llamarse “patrocinadores” del proyecto. Podría tratarse de una empresa constructora, una empresa proveedora de servicios públicos o una corporación industrial o minera. Es notablemente escasa en América Latina y el Caribe la infraestructura financiada por fondos de inversión (esto incluye fondos de pensiones, fondos mutuos y otros fondos).

Gráfico 3.7
Proporción del financiamiento total de infraestructura, por tipo de financiador



Fuente: IJ Global.

Nota: Las cifras se refieren a los totales de 2014-18. Esta cifra se centra en el financiamiento de la infraestructura en la región por fuentes distintas al presupuesto fiscal y las entidades estatales regionales.

Casi todo el financiamiento a través de bancos comerciales es proporcionado como deuda (cerca del 99,5%) y solo el 0,5% de su financiamiento es vía aporte de capital. Los bancos prestan utilizando diferentes instrumentos, pero los principales son los préstamos a plazo y los bonos. Los préstamos a plazo tienen vencimientos promedio largos. En 2013, el vencimiento promedio de estos préstamos era de 15 años y algunos superaban los 20 años. Sin embargo, los plazos han disminuido; en 2016 el vencimiento promedio era de 12 años y en 2018 descendió a cerca de 8,5 años. En los últimos años, los préstamos a más largo plazo han provenido particularmente de bancos españoles, japoneses y regionales (sobre todo

brasileños). Nótese que, además, los bancos públicos regionales de desarrollo y las entidades estatales no regionales (particularmente los bancos oficiales chinos), así como los BMD, también ofrecen préstamos a plazo. Estos préstamos con largos vencimientos pueden formar parte de una estructura de préstamos sindicados.

Efectivamente, los préstamos sindicados para infraestructura constituyen un elemento fundamental del mercado de préstamos sindicados. Cerca del 32% de todos los préstamos sindicados transfronterizos al sector privado en América Latina y el Caribe se destinaron a financiar proyectos de infraestructura. El recuadro 3.4 aborda el papel de los préstamos sindicados en el financiamiento de infraestructura. Los datos sobre este tema permiten abordar otros aspectos interesantes. Por ejemplo, como se analiza en el recuadro, los BMD pueden desempeñar un papel estimulante clave para atraer más financiamiento de bancos comerciales.

Recuadro 3.4

Préstamos sindicados, infraestructura y el impacto de la movilización de recursos de los bancos multilaterales de desarrollo

En 2015, 193 países adoptaron la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030, que establece ambiciosos objetivos de reducción de la pobreza y desarrollo inclusivo. Naciones Unidas estima que la inversión en infraestructura económica (energía, transporte, telecomunicaciones, agua y saneamiento) realizada en los países en desarrollo es inferior a US\$1 billón al año, pero que tendría que llegar a entre US\$1,6 billones y US\$2,5 billones al año a lo largo del período 2015–30. Esto abre la posibilidad de que el sector privado cumpla un papel clave (UNCTAD, 2014).

Una pregunta importante —tanto para las políticas como para la investigación— es cómo puede movilizar la comunidad internacional el financiamiento privado. En este sentido, los bancos multilaterales de desarrollo (BMD), en tanto instituciones internacionales que proporcionan asistencia financiera a países en desarrollo para que promuevan su desarrollo económico y social, pueden desempeñar un papel fundamental no solo brindando asistencia financiera directamente a los países sino también movilizando otros recursos del sector privado. El primer papel, el apoyo financiero directo a los países miembros, forma parte del mandato de los BMD, instituciones que se espera que intervengan ante la escasez de financiamiento privado (Humphrey y Michaelowa, 2013), posiblemente mitigando la prociclicidad de los flujos de capital privado (Galindo y Panizza, 2018). Sin embargo, el financiamiento directo es limitado, porque la demanda de los países supera la oferta potencial de los BMD (Naciones Unidas, 2015a; Perraudin, Powell y Yang, 2016; Settimo, 2017). Como respuesta, los BMD reafirmaron su compromiso para catalizar más inversión de los inversionistas privados (Banco Mundial, 2018).

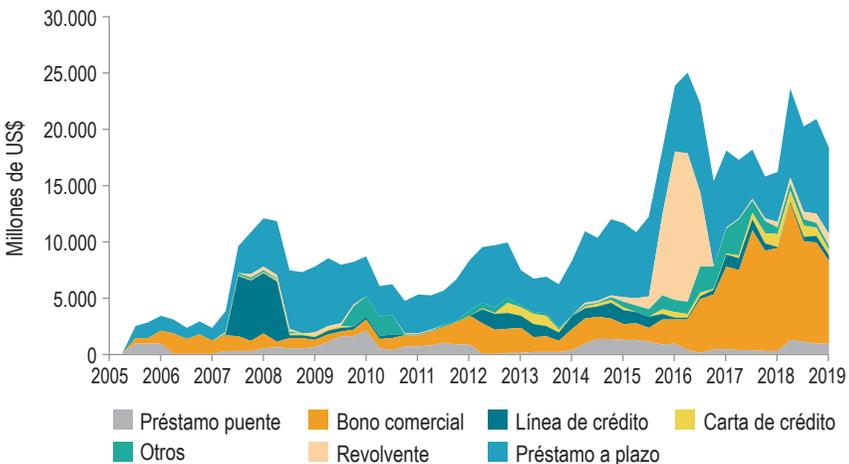
La infraestructura puede proporcionar una rentabilidad total relativamente alta con bajas correlaciones con las clases tradicionales de activos (por ejemplo, acciones, mercado inmobiliario), pero se deben tener en cuenta diferentes tipos de riesgos. Ketterer y Powell (2018) sostienen que los BMD pueden tener una ventaja comparativa al asumir riesgos relacionados con la ejecución de contratos del sector público, riesgos regulatorios o riesgos de expropiación.^a

Broccolini et al. (2020) observan que los BMD atraen a inversionistas privados. Concretamente, observa que el número de préstamos, el tamaño de los flujos de capital privado, la cantidad de acreedores por préstamo y el vencimiento promedio de los préstamos aumentan en los años posteriores a la presencia de préstamos sindicados con participación de BMD. Al centrarse específicamente en la infraestructura, observan que cuando los BMD participan en préstamos sindicados, el vencimiento promedio de los préstamos en el país-sector aumenta en 0,8 años en el corto plazo y, a lo largo de un período de 3 años, aumenta a 2,6 años.

^a Véase también JPMorgan (2017) y Blended Finance Taskforce (2018).

Los préstamos mediante la emisión de bonos han aumentado su participación en la cartera de instrumentos utilizados por los bancos comerciales. Aunque este cambio ha sido liderado particularmente por bancos de Estados Unidos y del Reino Unido, es evidente en las estadísticas de los préstamos agregados de bancos comerciales para proyectos de infraestructura (gráfico 3.8). En el caso del financiamiento mediante

Gráfico 3.8
Financiamiento de infraestructura de bancos comerciales, por instrumento



Fuente: IJ Global.

bonos, un VPE de un proyecto de infraestructura puede emitir bonos que luego son comprados por un banco. Una advertencia respecto de las bases de datos del financiamiento de proyectos de infraestructura es que el papel de diferentes financiadores no es objeto de un seguimiento a lo largo de la vida del proyecto. Los bancos pueden vender parte de su participación, pueden reducir su participación en una estructura sindicada o, quizá más fácilmente, pueden vender a terceras partes bonos respaldados por la rentabilidad del proyecto. En realidad, el cambio hacia un financiamiento mediante bonos sugiere un mayor grado de interés en esas ventas dado que es probable que los bonos sean transferibles a un costo menor.

Una serie de tendencias interesantes en los mercados financieros globales pueden ser importantes para el futuro del financiamiento de nueva infraestructura en mercados emergentes.

En primer lugar, como resultado de la crisis financiera internacional, un conjunto de grandes bancos globales redujo sus préstamos transfronterizos. Si bien los balances de los bancos se han recuperado notablemente desde entonces, los volúmenes de préstamos transfronterizos de los bancos globales no han recuperado los niveles anteriores a la crisis (véase Beck y Rojas-Suárez, 2019).

En segundo lugar, el Acuerdo de Basilea III revisado, que incluye recomendaciones sobre niveles mínimos de capital bancario y nuevos *ratios* de liquidez recomendados para los bancos, puede tener un efecto significativo en las políticas de préstamos bancarios. Dado que estas reformas todavía están siendo implementadas en todo el mundo, los impactos hasta la fecha pueden ser solo parciales.¹⁴

En tercer lugar, aunque, en términos relativos, la red de préstamos sindicados globales sigue estando en gran medida centralizada (comparativamente pocos bancos grandes están conectados a muchos bancos más pequeños a través de la sindicación), la red está menos centralizada ahora que antes de la crisis financiera global. Esto puede haber sido consecuencia de la retirada de bancos globales y la entrada y el crecimiento de nuevos actores transfronterizos, particularmente un conjunto de bancos chinos, pero también bancos de otras economías emergentes.¹⁵

En cuarto lugar, si bien se han observado tendencias mixtas en el financiamiento de los préstamos transfronterizos, el financiamiento

¹⁴ Véanse Financial Stability Board (2018); Beck y Rojas-Suárez (2019).

¹⁵ Véase Lotti, Powell y Conesa (2020).

mediante bonos internacionales ha crecido. Las emisiones casi alcanzaron los US\$7 billones en 2019, de los cuales US\$1,1 billones correspondía a financiamiento estructurado.¹⁶

Teniendo en cuenta todas estas tendencias, es probable que resulte más difícil para los bancos de economías avanzadas proporcionar préstamos a largo plazo para financiar infraestructura y mantener esos préstamos en sus balances. Hasta cierto punto, sus préstamos pueden ser reemplazados por los de los bancos de economías emergentes, incluyendo a entidades chinas u otros actores estatales, pero es probable que eventualmente las regulaciones de capital y liquidez recomendadas a nivel internacional también se apliquen a estos actores. Esto sugiere que podría acentuarse la tendencia de cambio hacia el financiamiento de la infraestructura mediante bonos.

Mejorar la calidad del servicio: la dimensión del financiamiento

Dado que los activos de infraestructura se financian de diferentes maneras y que los servicios son proporcionados por distintos actores, el análisis anterior sugiere una estrategia de múltiples frentes para mejorar la calidad de los servicios prestados por la infraestructura. Aquí se proponen cuatro vías que se apoyan mutuamente.

En primer lugar, dadas las restricciones fiscales actuales, el aumento del gasto público en infraestructura en la región requerirá reformas importantes para lograr una mayor eficiencia del gasto, y en algunos países también demandará reformas fiscales. En aquellos países donde el gasto público en infraestructura sigue siendo significativo, hay amplio espacio para mejorar la calidad de los servicios producidos por esa inversión.

En segundo lugar, la calidad de los servicios proporcionados por las empresas de propiedad estatal y las empresas privadas reguladas tiene que mejorar. Si bien algunas empresas de propiedad estatal funcionan bien y brindan excelentes servicios, otras están sujetas a interferencias políticas, deben atender numerosos objetivos que compiten entre sí, y no han abordado adecuadamente los problemas de rendición de cuentas. Por otro lado, muchas empresas de propiedad estatal están financiadas de

¹⁶ Véase Robert Triffin International (2019) para un análisis general de las tendencias en financiamiento internacional y "Credit Trends: Global Financing Conditions: Bond Issuance Is Expected To Grow 3.8% In 2020", de Standard and Poor's, 30 de enero, disponible en <https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/200130-credit-trends-global-financing-conditions-bond-issuance-is-expected-to-grow-3-8-in-2020-11327333>.

forma incorrecta y han acumulado altos niveles de deuda. Estos aspectos más amplios de gobernanza también influyen en la calidad de los servicios de infraestructura. Hay diversos abordajes de reforma posibles, suponiendo que existe la voluntad política para enfrentarse a los intereses creados. Algunos países han creado empresas *holding* de las empresas de propiedad estatal para monitorear diversos aspectos de su desempeño. Otros han establecido oficinas para que cumplan un fin similar, pero sin la estructura de empresa *holding*. Este tipo de reformas podría acompañarse de instrumentos para monitorear y transparentar la calidad de cualquier servicio de infraestructura que se ofrezca. En relación con las empresas privadas reguladas, tanto los costos como los márgenes son relativamente altos. Como se debate con mayor grado de detalle en el capítulo 13, hay amplio espacio para mejorar la regulación en la región.

Una manera de mejorar la gobernanza y otras responsabilidades de las empresas consiste en vincular el financiamiento a indicadores de desempeño. Entre los inversionistas aumenta el interés por saber más acerca de las políticas de responsabilidad corporativa de las empresas, incluyendo cómo pueden ayudar a las comunidades donde están localizadas (o al menos incluir salvaguardas para proteger a las comunidades de la contaminación o de otras externalidades negativas), su huella ambiental, su sostenibilidad y sus políticas, así como la calidad de su gobernanza. El recuadro 3.5 describe las formas en que los inversionistas pueden utilizar los indicadores ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) para proporcionar incentivos para mejorar la responsabilidad

Recuadro 3.5

El financiamiento y el futuro: el auge de las inversiones ASG

Los inversionistas buscan cada vez más inversiones que vinculen los retornos financieros con la promesa de un futuro mejor. El deseo de considerar los beneficios sociales en las estrategias de inversión ha impulsado un gran aumento de la demanda de inversiones que tienen en cuenta factores de sostenibilidad. Por ejemplo, hacia 2018 uno de cada cuatro dólares de todos los activos gestionados profesionalmente en Estados Unidos era invertido como parte de estrategias que tenían en cuenta factores ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) (Connaker y Madsbjerg, 2017).

En el caso de la inversión en infraestructura, la incorporación de consideraciones de sostenibilidad tiene una importancia particular debido al largo ciclo de vida de los activos de infraestructura, al papel de la infraestructura para lograr los objetivos de desarrollo, y a las numerosas maneras en que interactúan la

infraestructura y el medio ambiente. Por ejemplo, la infraestructura cumplirá un papel fundamental para lograr las metas de mitigación del cambio climático. En una encuesta de 2018 llevada a cabo por el Instituto Callan, el 72% de las carteras de infraestructura más grandes informaban haber incorporado factores ASG (Bennon y Sharma, 2018).

Dado que los inversionistas en infraestructura introducen cada vez más elementos de sostenibilidad en sus estrategias de inversión, los países deben integrar más adecuadamente estas consideraciones en la planificación, el diseño y la contratación de proyectos de infraestructura, y comunicar a los inversionistas los logros de sostenibilidad de una manera estandarizada y transparente. Los BMD están ayudando a los países a cumplir estos objetivos.

Con este fin, México ha adoptado el Marco de Infraestructura Sostenible del BID. El Grupo BID está trabajando con el gobierno de México para incorporar la taxonomía de infraestructura sostenible del BID en la planificación, el diseño, la contratación y el financiamiento de los proyectos de infraestructura. Como parte de la iniciativa de México para asociar los proyectos de infraestructura con inversionistas extranjeros, la plataforma “Proyectos México” ha desarrollado “fichas” de sostenibilidad para clasificar la cartera de proyectos del país en base a su desempeño en materia de sostenibilidad. Hasta la fecha, se han puesto en marcha 20 proyectos piloto. El objetivo consiste en comunicar información de sostenibilidad clave sobre cada proyecto a los potenciales inversionistas (Cárdenas y García Rojas, 2019). Además de utilizar el marco de infraestructura sostenible para atraer inversiones del sector privado, el BID está trabajando con la Unidad de Inversión del Ministerio de Finanzas para incorporar estos atributos de sostenibilidad en los cálculos de costo-beneficio utilizados para asignar fondos federales a proyectos de infraestructura. Es de esperar que estas prácticas lleguen a inversiones estatales y locales, aumentando el porcentaje de proyectos de infraestructura sostenible en todos los niveles de gobierno.

Más aún, la idea se está difundiendo. Se prevé que Brasil siga los pasos de México, utilizando el Marco de Infraestructura Sostenible para asegurar la inversión privada en proyectos de infraestructura mediante la creación de un Observatorio de Infraestructura Sostenible.

corporativa. Debido a los vínculos entre la buena gobernanza y la responsabilidad ambiental y comunitaria, es probable que estas medidas mejoren la calidad de los servicios de infraestructura proporcionados por las empresas.

Finalmente, una cuarta vía es aumentar el financiamiento privado de la infraestructura de maneras que mejoraren la calidad del servicio. Actualmente, los bancos son los principales financiadores privados, pero las presiones regulatorias podrían limitar el crecimiento de esa fuente de financiamiento en el futuro. Al mismo tiempo, el monto del financiamiento

de los fondos de pensiones, los fondos soberanos y otros tipos de inversionistas institucionales profesionales en la región es bajo. Pero aun así, hay billones de dólares disponibles en este tipo de fondos en todo el mundo, así como en los fondos de pensiones locales.¹⁷ Aumentar el pequeño porcentaje de ese dinero que es actualmente invertido en infraestructura parece una propuesta prometedora.

Sin embargo, esto no es tan fácil como parece. Los grandes proyectos de infraestructura son complejos y los riesgos durante la fase de construcción pueden ser enormes, a menudo bastante específicos del proyecto y difíciles de monitorear. La mayor parte de la infraestructura financiada a través de financiamiento de proyectos comprende los aportes de capital por parte del patrocinador (la empresa que en la práctica construye el activo) y deuda (y a veces capital propio) aportado por bancos comerciales. El patrocinador conoce los riesgos y el hecho de aportar financiamiento significa que arriesga capital, y que tiene los incentivos para construir el activo según la calidad requerida. Como los patrocinadores suelen proveer financiamiento a través de aportes de capital, sus incentivos se ven reforzados pues sus retornos se materializarán solo una vez que se pague a los tenedores de deuda. Muchos bancos comerciales han acumulado experiencia en financiamiento de proyectos, lo que significa que tienen habilidades para monitorear dichos proyectos y probablemente tengan vínculos con el patrocinador; pueden financiar varios proyectos con la misma empresa y, como resultado, aumentar el nivel de confianza y cooperación. Pero otros financiadores han cobrado importancia. Los bancos de propiedad estatal u otras corporaciones públicas y actores internacionales, como las agencias calificadoras del riesgo crediticio a la exportación y los bancos oficiales de otras regiones (incluida China) pueden también aportar financiamiento vía deuda y, a veces, vía aportes de capital. Estos actores suelen tener incentivos adicionales, no solo maximizar su rentabilidad, o minimizar el riesgo. Por ejemplo, pueden imponer la contratación de empresas o insumos del país donante. Estas condiciones pueden no siempre coincidir con la mejora de la gobernanza y la calidad de los servicios prestados por el proyecto de infraestructura.

¿Por qué es tan difícil que los grandes fondos de pensiones y los fondos soberanos de inversión financien proyectos de infraestructura? Normalmente, esas instituciones buscan activos que sean líquidos y que se comercialicen en los mercados financieros. La liquidez proporciona la seguridad de que los activos están valorados adecuadamente y permite

¹⁷ Arezki et al. (2016) estiman que los fondos institucionales ascienden a US\$100 billones.

una mayor diversificación de los riesgos. Desde la perspectiva del financiamiento de la inversión, sería particularmente valioso diversificar los riesgos de construcción de infraestructura entre muchos inversionistas a través de activos líquidos. Pero el problema es que, con escaso monitoreo, una empresa contratista de construcción que no haya puesto capital, en la práctica puede tener escasos incentivos para asegurar una alta calidad, o una construcción dentro de los plazos establecidos. En ese contexto, para que los grandes fondos institucionales puedan invertir más en infraestructura, se requeriría que creasen unidades especializadas, y que tuviesen capacidades de monitoreo importantes, que esencialmente duplicarían las habilidades de financiamiento de proyectos que en el presente tienen, por ejemplo, los bancos comerciales. A pesar de estas restricciones, ya se observan algunos progresos. En Europa están creciendo fondos más especializados que cotizan en bolsa y que luego invierten en proyectos de infraestructura (*traded funds*). Estos inversionistas tienden a buscar proyectos que estén totalmente financiados y tengan menos riesgos políticos o ambientales, y cuyos marcos regulatorios subyacentes inspiren confianza. Los proyectos de energía renovable han adquirido una especial popularidad.

Una vez que los riesgos de construcción se acaban, los flujos financieros de proyectos de infraestructura más complejos se pueden volver menos riesgosos y esos riesgos pueden ser de carácter más exógeno, en particular, relacionados con riesgos macroeconómicos y de la demanda. Si es así, esto puede abrir la posibilidad para que participen inversionistas institucionales y que los bancos comerciales reduzcan su exposición. Los “bonos de infraestructura” para refinanciar proyectos de infraestructura se están volviendo más populares por esta razón, y pueden estar detrás de la tendencia de algunos bancos a cambiar de los préstamos a los bonos como el instrumento preferido de financiamiento.¹⁸ Sin embargo, hay otros riesgos que pueden persistir a lo largo de la vida de los proyectos y aun así limitar la participación de grandes fondos institucionales. Los riesgos políticos y regulatorios y el riesgo de desempeño asociado a los contratos con otras entidades (como actores del sector público que pueden ser de nivel local o estatal, o una empresa de propiedad estatal) tienden a estar presentes a lo largo de la vida de los proyectos de infraestructura. Además, para los pasivos en dólares, los riesgos del tipo de cambio también pueden ser una preocupación importante.

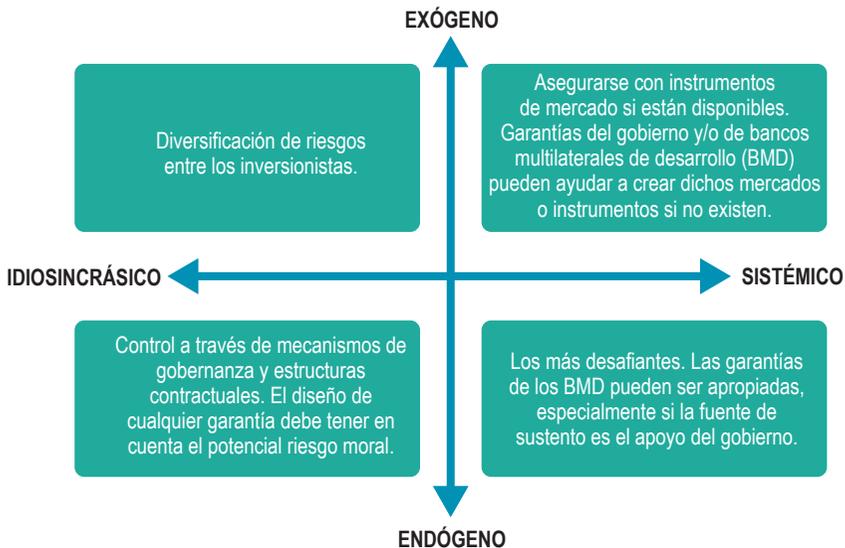
Esta discusión sugiere una tipología y un conjunto de principios para gestionar mejor estos diferentes tipos de riesgos. En el gráfico 3.9 se

¹⁸ Véase Ehlers, Packer y Remolona (2014) sobre la experiencia de los bonos de infraestructura en Asia.

ilustra una categorización posible y se distingue entre riesgos individuales versus riesgos sistémicos y riesgos endógenos versus riesgos exógenos.¹⁹ Un ejemplo de riesgos individuales endógenos es el de los riesgos asociados con la construcción de un proyecto. Si bien algunos riesgos de construcción pueden ser exógenos, el riesgo vinculado al desempeño de la empresa contratada para construir el activo suele ser crucial. La mejor manera de tratar con estos riesgos es mediante un contrato adecuado que asegure que la empresa tenga los incentivos correctos para utilizar los materiales apropiados, emplear a los trabajadores con las habilidades necesarias, y tiempo suficiente para trabajar en el proyecto. Esto normalmente significa asegurar que la empresa cuente con suficiente capital en juego, quizá teniendo una participación accionaria en el proyecto. Cabe señalar que ofrecer una garantía estatal contra dichos riesgos puede muy bien ser contraproducente, ya que puede crear incentivos precisamente para el tipo de comportamiento que el garante quiere evitar y que suele conocerse con el nombre de “riesgo moral”.²⁰

Un riesgo individual pero exógeno puede estar relacionado con factores climáticos, o la demanda de servicios de infraestructura específicos que

Gráfico 3.9 Tipología de riesgos en proyectos de infraestructura



Fuente: Ketterer y Powell (2018).

¹⁹ Este gráfico y el debate que sigue provienen de Ketterer y Powell (2018).

²⁰ Véase Ehlers (2014) sobre este aspecto.

deben proveerse. En principio, esos riesgos no tienen por qué ser manejados ni mitigados. Se pueden diversificar entre muchos inversionistas, suponiendo que existen los instrumentos financieros adecuados para ello.

Pensando en proyectos en un solo país, un riesgo exógeno sistémico puede tener relación con factores más generales a nivel de toda la economía, como el crecimiento, que afecta a la demanda de todos esos proyectos, o los riesgos de variaciones en el tipo de cambio. Estos riesgos se pueden diversificar si un inversionista tiene una cartera de inversiones en proyectos en diferentes países, si la correlación entre tasas de crecimiento o movimientos del tipo de cambio no es alta. Por otro lado, en algunos países los mercados financieros permiten a los inversionistas comprar seguros contra estos riesgos. Si realmente son exógenos, en teoría se puede desarrollar un mercado de este tipo. Si no, se pueden contemplar garantías. Sin embargo, si el gobierno ofrece una garantía contra ese tipo de riesgos, es probable que esta garantía se active en los malos tiempos, cuando el crecimiento es bajo o si el tipo de cambio se deprecia mucho. Este tipo de políticas puede tener características de riesgo compartido muy deficientes. Una solución mejor podría ser una política proactiva para crear instrumentos financieros que luego permitan a los inversionistas privados cubrir esos riesgos. También se han observado algunas iniciativas innovadoras interesantes que permiten a los inversionistas cubrir esos riesgos. El Current Exchange Fund (TCX) fue una creación del gobierno holandés y de un conjunto de actores multinacionales para permitir a los inversionistas cubrir riesgos de moneda en mercados de frontera.²¹ Sin embargo, dada su escala actual, está diseñado más para proyectos más pequeños que para grandes proyectos de infraestructura.

Por último, puede haber riesgos exógenos y sistémicos. Quizá los más conocidos sean los riesgos políticos o regulatorios que suelen describirse como un “cambio de las reglas del juego”. Dado que esto puede depender de decisiones del gobierno que abarcan a todos, el riesgo es sistémico a diferentes proyectos de un país. En este caso, una garantía de parte del gobierno es una modalidad de mitigación útil. Sin embargo, una limitación es que los inversionistas pueden no otorgar valor a una garantía ofrecida por el mismo gobierno que se ve tentado de cambiar las reglas. Se podría argumentar que los BMD pueden cumplir un papel particularmente destacado en este ámbito. Dada la estrecha relación entre los BMD y los gobiernos prestatarios, y el incentivo para mantener una buena relación con el fin de recibir nuevos préstamos en el futuro, los BMD tienen cierto poder de persuasión sobre los países para asegurar que se respeten las

²¹ Véase www.tcxfund.com para más información.

reglas del juego. También dan su sello de aprobación sobre esas reglas y reducen así la probabilidad de cambios por motivos puramente políticos.

La tipología detallada también puede utilizarse para considerar los riesgos de interrupciones tecnológicas y climáticos tratados más adelante en este libro. Esto está relacionado con el problema general de los activos en desuso, o el riesgo de que un proyecto de infraestructura grande pueda iniciarse pero, luego, debido a cambios en la tecnología, o a un cambio de políticas (por ejemplo, por cuestiones relacionadas con el medio ambiente), se vuelva obsoleto o al menos su valor presente se vea fuertemente afectado. Ambos riesgos son fundamentalmente exógenos. Algunos riesgos de interrupciones tecnológicas pueden ser idiosincrásicos en la medida en que sean específicos de un sector o incluso de un proyecto. Sin embargo, algunos riesgos ligados al clima y a la tecnología pueden tener un carácter más sistémico, por lo cual es difícil buscar la diversificación entre los inversionistas. Por ejemplo, puede volverse cada vez más difícil gestionar riesgos en proyectos de energía basados en combustibles fósiles, dado que los inversionistas prevén decisiones políticas futuras hacia un mundo de cero emisiones de carbono, aun cuando los responsables de las políticas actualmente no se estén moviendo decididamente en esa dirección. Realizar una buena selección de proyectos se volverá cada vez más crucial y puede implicar la elección de un escenario concreto sobre cómo se desarrollará un sector.

La tipología y el debate asociado sugieren que los proyectos de infraestructura presentan muchos tipos diferentes de riesgos, y que esos riesgos deberían gestionarse de distintas maneras. Esto implica desplegar una estructura de financiamiento en la que se puedan separar y gestionar los riesgos de diversas formas. A medida que estos cambian a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, la gestión adecuada de los riesgos también puede cambiar. Los proyectos de infraestructura suelen consistir en una fase de construcción (que puede durar varios años) y luego una fase de operación que puede continuar durante más de una década. Después de que los riesgos de construcción han acabado, los principales riesgos a los que se enfrentan los proyectos tienden a estar relacionados con la demanda o con el tipo de cambio, y con las relaciones con el gobierno en cuestión, como los riesgos contractuales con entidades gubernamentales y los riesgos regulatorios.

Destinar suficientes personas-horas para entender los riesgos específicos de un proyecto en economías emergentes puede ser un desafío para un inversionista institucional grande que está diversificado globalmente; por lo tanto, es probable que en el futuro cercano siga siendo esencial el papel de los bancos comerciales que ya cuentan con expertos

en financiamiento de proyectos, sobre todo durante la fase de construcción. Para ellos, un bono respaldado por los retornos de un proyecto después de la fase de construcción puede ser un instrumento atractivo, sobre todo si los riesgos regulatorios se contienen mediante, por ejemplo, una garantía de un BMD. Estos instrumentos otorgarían liquidez a las inversiones, lo cual también contribuye a la fijación del precio de los bonos y a cuán fácilmente se pueden tranzar. En este sentido, es revelador que algunos bancos ya utilicen bonos en lugar de préstamos a plazo como instrumento preferido de financiamiento. Los bancos comerciales también pueden considerar que el uso bonos de infraestructura les facilita el poder liberarse de ciertas inversiones cuando les resulte conveniente, sobre todo si las regulaciones bancarias penalizan las tenencias a largo plazo en los balances.

Esto no quiere decir que un intento de lograr que los proyectos sean más transparentes desde el comienzo para facilitar mayor participación de inversionistas institucionales esté mal orientado. Sería sumamente valioso contar con mejor información y una manera estandarizada de analizar los proyectos. Además, algunos fondos de inversión pensarán que es rentable establecer unidades de infraestructura específicas, y bien podrían comenzar a invertir en instrumentos de tipo accionario. Sin embargo, hasta la fecha esto requiere inversiones considerables y esas unidades luego se parecerían a las que ya existen en las unidades de inversión de los bancos. Además, dado el actual estado de la disponibilidad de información y los riesgos implicados, las tenencias accionarias en los proyectos individuales tienen menos probabilidades de volverse altamente líquidas, y por lo tanto de ser atractivas para los fondos. De todos modos, el mercado se está desarrollando, sobre todo en Europa, aunque hasta el momento, ese mercado se canaliza más a través de los fondos que cotizan en bolsa (*traded funds*) que a través de instrumentos vinculados a proyectos individuales. Desde luego, la información y los instrumentos estandarizados bien podrían facilitar el desarrollo de un mercado de instrumentos financieros accesibles y útiles para todo tipo de inversionistas, pero dada la urgente necesidad de aumentar la inversión privada en infraestructura, los bonos de infraestructura inicialmente colocados en los balances de los bancos comerciales, y que se puedan vender a otros inversionistas después de la fase de construcción, pueden constituir una estrategia más conveniente para las economías emergentes.

El potencial de estos instrumentos es considerable. Dada una magnitud estimada de US\$30 billones en fondos acumulados en las carteras de los fondos de inversión globales (solo una tercera parte de lo que sugieren Arezki et al., 2016), supóngase que se puede asignar un 5% de esos

activos a financiar infraestructura en economías emergentes. El porcentaje de América Latina y el Caribe en el PIB de todas las economías emergentes es cercano al 15%. Si la inversión sigue los porcentajes del PIB, esto equivaldría a unos US\$225.000 millones adicionales de recursos para infraestructura en la región.²² Si esta inversión adicional se distribuyera a lo largo de un período de 10 años, esto implica que se podría añadir US\$22.500 millones de inversión al año a lo largo del período, lo cual casi duplicaría el nivel actual de inversión privada en la región.

²² En este caso, se pone el foco en otras inversiones que pueden obtenerse de inversionistas institucionales externos. Esto no ahuyentaría el financiamiento de fuentes internas. Serebrisky et al. (2015) se centran en los inversionistas institucionales locales y estiman que se puede obtener hasta un 0,4% del PIB de esas fuentes.



Servicios: lo bueno, lo malo y lo feo

En América Latina y el Caribe, la historia de los servicios básicos suministrados por la infraestructura de un país —energía, agua y saneamiento y transporte— es cualquier cosa menos sencilla. Teniendo en cuenta los tres pilares para evaluar los servicios —acceso, calidad y asequibilidad—, la experiencia de la región abarca desde lo impactante hasta lo lamentable. Este capítulo estudia lo bueno, lo malo y lo feo de los servicios en América Latina y el Caribe y destaca en cada ámbito algunos casos de éxito que podrían ayudar a reescribir la historia.

La región ha dado grandes pasos en la ampliación del acceso a la infraestructura a poblaciones cada vez mayores. Los países tienden a tener buen desempeño según las medidas básicas de acceso. Sin embargo, más allá del acceso básico, el desempeño es deficiente y es decididamente pobre en algunas jurisdicciones, sobre todo en zonas rurales. Mientras tanto, las brechas de calidad pueden ser severas. La mayoría de las personas reciben servicios irregulares, particularmente en el suministro de agua. Los servicios de transporte cumplen pobremente la tarea de conectar a las personas con sus hogares, escuelas y lugares de trabajo. Además, el precio de los servicios de infraestructura puede representar una pesada carga financiera para los hogares de ingresos bajos y medios, acentuando así la desigualdad característica de la región.¹

Desafortunadamente, el futuro de los servicios aparece, en el mejor de los casos, incierto. El cambio climático, el crecimiento de la

¹ Analizar los servicios en América Latina y el Caribe es complicado debido a que los datos son limitados, lo cual es un obstáculo clave para establecer políticas consistentes, transparentes y eficientes. Los datos existentes están repartidos entre diferentes instituciones, sin una entidad central encargada de recopilarlos, albergarlos y analizarlos. Esta escasez de datos sólidos debilita la capacidad de los reguladores para establecer, monitorear y hacer cumplir los estándares de calidad.

población y la urbanización tenderán a aumentar la presión sobre los servicios y pondrán de relieve sus deficiencias. Del lado positivo, la dimensión social a menudo ignorada de la infraestructura —es decir, su importancia para el bienestar personal, así como para el desarrollo económico y la competitividad de las empresas— es abordada por el compromiso global de cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, cuyo eje central es la importancia social de los servicios.

Estar o no estar (conectado): el desafío del acceso

El acceso a los servicios de infraestructura se puede medir utilizando diversos criterios. Por ejemplo, tener acceso al transporte público en un radio de tres cuadras del hogar se puede considerar “bueno”, al igual que contar con acceso a una fuente mejorada de agua (por tuberías, pozos protegidos o manantiales) lo que implica contar con agua a una distancia de 30 minutos ida y vuelta caminando desde la casa. Pero medidas más exigentes de lo que se debe considerar un acceso adecuado incluyen por ejemplo el acceso a servicios de transporte público que permitan a los usuarios llegar a sus lugares de trabajo, escuelas y centros de salud en un período específico de tiempo; o tener agua por tubería dentro de la vivienda. La región tiene buenos resultados según las medidas básicas de acceso, pero el cuadro cambia rápidamente cuando las medidas se vuelven más exigentes. Más allá de la medida considerada, hay una clara tendencia general: las tasas de acceso son considerablemente mejores en las zonas urbanas y entre los hogares de ingreso más alto para todos los servicios de electricidad, agua y saneamiento y transporte urbano.

Que se haga la luz: mayor acceso a la electricidad

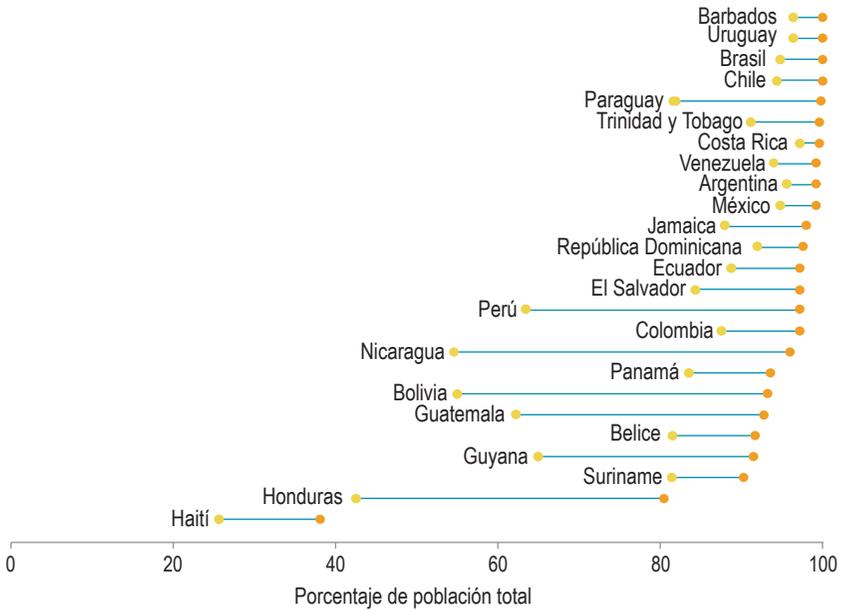
Muchos de los países de la región han llegado a tener un 97% o más de la población con servicios de electricidad.² El acceso a la energía eléctrica en América Latina y el Caribe supera al promedio mundial, siendo mayor que el de Oriente Medio y el Norte de África, aunque inferior al de América del Norte, Europa y Asia Central. Sin embargo, los promedios ocultan grandes disparidades entre los países y entre las zonas rurales

² Esta medida tiene en cuenta a los hogares que declaran tener al menos acceso básico a servicios de electricidad, independientemente de la calidad y continuidad de los servicios prestados.

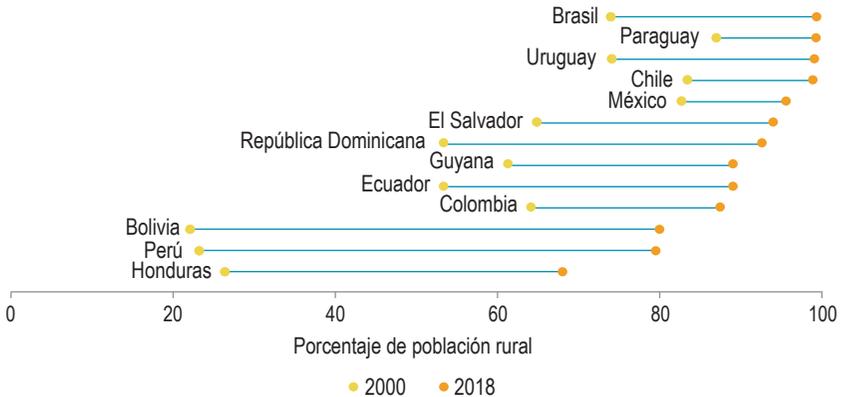
y urbanas (Castillo et al., 2019). Mientras que la mayoría de los países ha alcanzado tasas de acceso a la electricidad superiores al 90%, hay países como Haití y Honduras que aún tienen brechas significativas, con tasas de acceso del 39% y del 81%, respectivamente, en 2018 (gráfico 4.1, panel A).

Gráfico 4.1 Acceso a la electricidad, nacional vs. rural, 2000 y 2018

Panel A. Evolución del acceso nacional a electricidad



Panel B. Evolución del acceso rural a electricidad



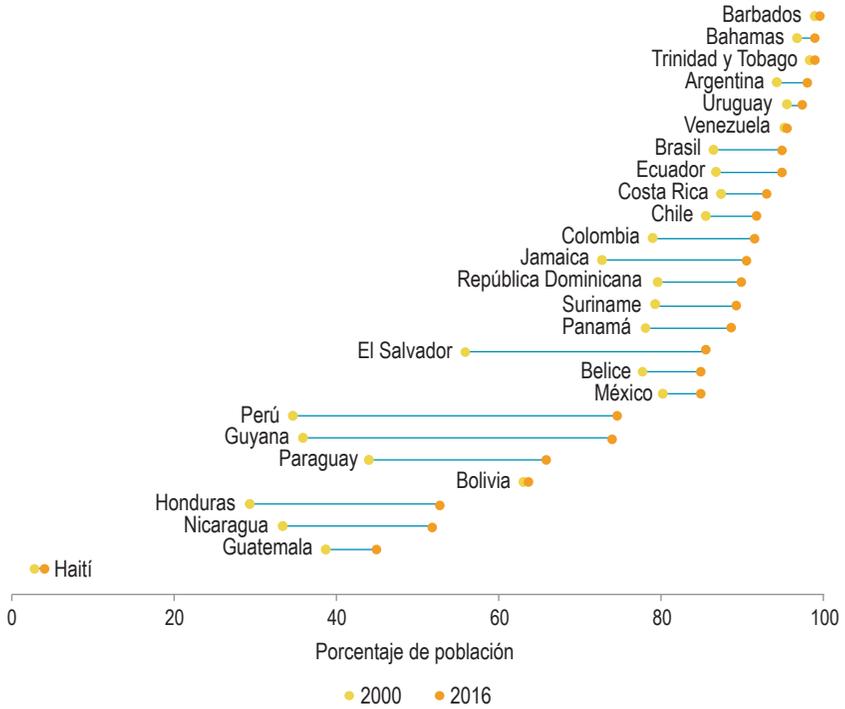
Los países de la región han logrado importantes avances en electrificación rural, aunque todavía persisten enormes disparidades: mientras que Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay han alcanzado un acceso casi universal en las zonas rurales, en Honduras solo el 68% de los hogares rurales tiene electricidad. Sin embargo, en las últimas dos décadas los países con las tasas de acceso rurales más bajas han hecho progresos destacables. La cobertura pasó del 26% al 68% en Honduras, del 22% al 80% en Bolivia y del 23% al 80% en Perú (Sanin, 2019; gráfico 4.1, panel B). A medida que las tasas se acercan a la cobertura universal, la “última milla” se vuelve cada vez más difícil de cubrir. Cerrar la brecha implica proporcionar servicios a zonas remotas y dispersas donde las soluciones convencionales son muchas veces inadecuadas. Se requiere una inversión considerable de tiempo y esfuerzos para adaptar los servicios a las condiciones locales.

Además de las diferencias entre zonas geográficas, hay importantes diferencias en el acceso según el ingreso de los hogares. La mayoría de las personas sin acceso son pobres. Por ejemplo, en Panamá el 47% de los hogares pertenecientes al quintil más pobre no tiene acceso a la electricidad. En Guatemala y Honduras, esta cifra supera el 30%, y en Bolivia y Perú es más del 20% (Iorio y Sanin, 2019).

Cocinas más limpias: otra cara de la energía

Los servicios de energía no se limitan a la electricidad. Un ODS importante es el aumento del uso de combustibles y tecnologías más limpias para cocinar, como el gas natural, el gas licuado y las cocinas eléctricas. Las alternativas más limpias pueden aliviar la importante carga sanitaria, ambiental y económica de los combustibles tradicionales contaminantes como el carbón, el kerosén y la madera. El acceso a combustibles más limpios para cocinar es mucho menor que el acceso a la electricidad y ha progresado más lentamente (gráfico 4.2). En 2016, más de 80 millones de personas en la región todavía dependían de combustibles tradicionales. A partir de cifras de 2019, la base de datos SE4ALL del Banco Mundial revela que, de esta población, el 23% vivía en México, el 13% en Haití, el 12% en Brasil y el 11% en Guatemala. La transición hacia el uso de tecnologías limpias para cocinar no es fácil. Allí donde no hay electricidad disponible, la falta de infraestructura adecuada plantea dificultades para suministrar y adoptar combustibles modernos. Y aun cuando hay energía eléctrica disponible, muchas veces es difícil cambiar las costumbres y los gustos de las personas y convencerlas de que abandonen las maneras tradicionales de preparar sus alimentos (Jeuland et al., 2020).

Gráfico 4.2 Acceso a cocina mejorada, 2000 y 2016



Fuente: Sanin (2019).

Cambiando las metas: el impacto en el acceso a agua y saneamiento

Como con la electricidad, el estado del acceso a los servicios de agua en la región puede medirse utilizando indicadores básicos o más exigentes. Para evaluar el progreso alcanzado en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de 2015 se consideraba que todos los hogares con agua por tubería o que utilizaban agua proveniente de una fuente protegida (por ejemplo, cisternas cubiertas, pozos protegidos o manantiales) tenían acceso a agua “mejorada”.

De acuerdo con datos de la Encuesta Barómetro de las Américas 2018-19 realizada por LAPOP, el porcentaje de hogares urbanos en la región en esta categoría llegó al 96,7%. Sin embargo, en 2015 los ODS subieron considerablemente el estándar. La nueva referencia es alcanzar el acceso a agua “gestionada de forma segura”, lo que significa agua mejorada suministrada en el propio sitio (generalmente el hogar), disponible cuando se necesita y libre de contaminación. Alcanzar el acceso universal a agua gestionada de

forma segura hacia 2030 es un objetivo ambicioso. Ello no solo requiere un esfuerzo sustancial y recursos financieros, sino también contar con los datos necesarios para evaluar las brechas de acceso existentes, idear soluciones y monitorear los avances, que en gran parte no existen (Bain et al., 2018).³

Los datos sobre acceso intermedio pueden dar una idea del trabajo por delante. Desplazar el umbral de, por ejemplo, agua por tubería en cualquier fuente disponible a agua por tubería dentro del hogar implica una caída considerable de las tasas de acceso (gráfico 4.3, panel A). La situación en las zonas rurales es mucho peor que en las urbanas, cualquiera sea la definición de acceso. También hay importantes diferencias entre los hogares más pobres y más ricos, sobre todo en Argentina, Bolivia, Brasil, Costa Rica, El Salvador y México (Gómez-Vidal, Machado y Datshkovsky, 2020).

Las soluciones de saneamiento varían según los lugares. En general, las zonas urbanas son más aptas para las redes de saneamiento conectadas a una planta de tratamiento. En cambio, en zonas más remotas se requieren soluciones de una escala más pequeña o individual, como las fosas sépticas o las letrinas de compostaje, porque las viviendas son pocas y están alejadas entre sí. Estas diferencias son muy marcadas cuando se compara el acceso entre zonas urbanas y rurales (gráfico 4.3, panel B).

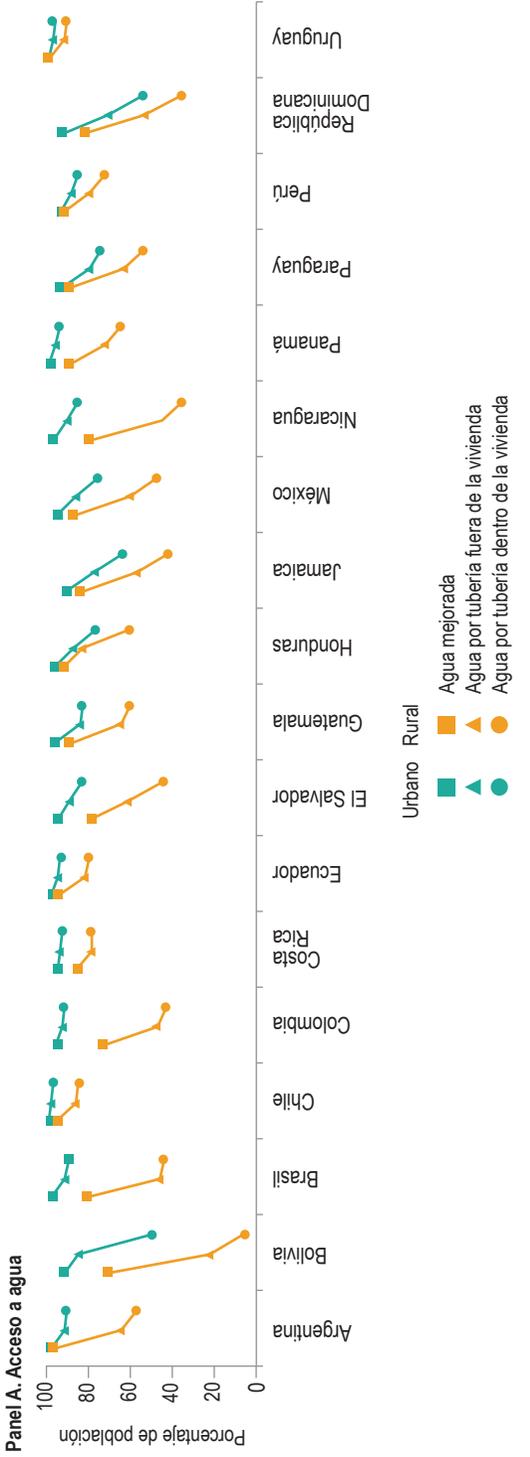
Igual que con el agua, el estándar sobre acceso a saneamiento subió entre los ODM y los ODS. Los ODM instituyeron el concepto de saneamiento mejorado, que incluye medidas para evitar el contacto humano con los excrementos e instalaciones que no sean compartidas entre hogares. Los ODS elevaron el estándar a lo que hoy se conoce como saneamiento gestionado de forma segura, que requiere que los excrementos humanos se eliminen o traten de forma segura.

La Encuesta Barómetro de las Américas 2018-19 realizada por LAPOP revela que el acceso a los servicios de saneamiento, independientemente de cómo se defina su calidad, es menor que el acceso al agua en toda la región. Un desafío importante es ampliar los servicios a los asentamientos informales en zonas urbanas y periurbanas. La expansión poblacional desordenada, la construcción rudimentaria de viviendas y la falta de vivienda propia dificultan la adopción de soluciones convencionales.

³ Aunque el número de países sin información sobre la calidad del agua no ha sido revelado por el Programa de Monitoreo Conjunto de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) (el programa que estima el progreso alcanzado hacia el cumplimiento de los ODS para agua y saneamiento), dicho programa reconoce que son menos los países que recopilan datos sobre la calidad que sobre el acceso básico. Además, en aquellos pocos países donde hay información, esta se refiere en su mayor parte al suministro de agua por tuberías, que es solo uno de varios tipos de servicios. Las zonas rurales, que son las que más necesitan mejoras, carecen de la mayoría de los datos.

Gráfico 4.3

Acceso a agua y saneamiento en América Latina y el Caribe



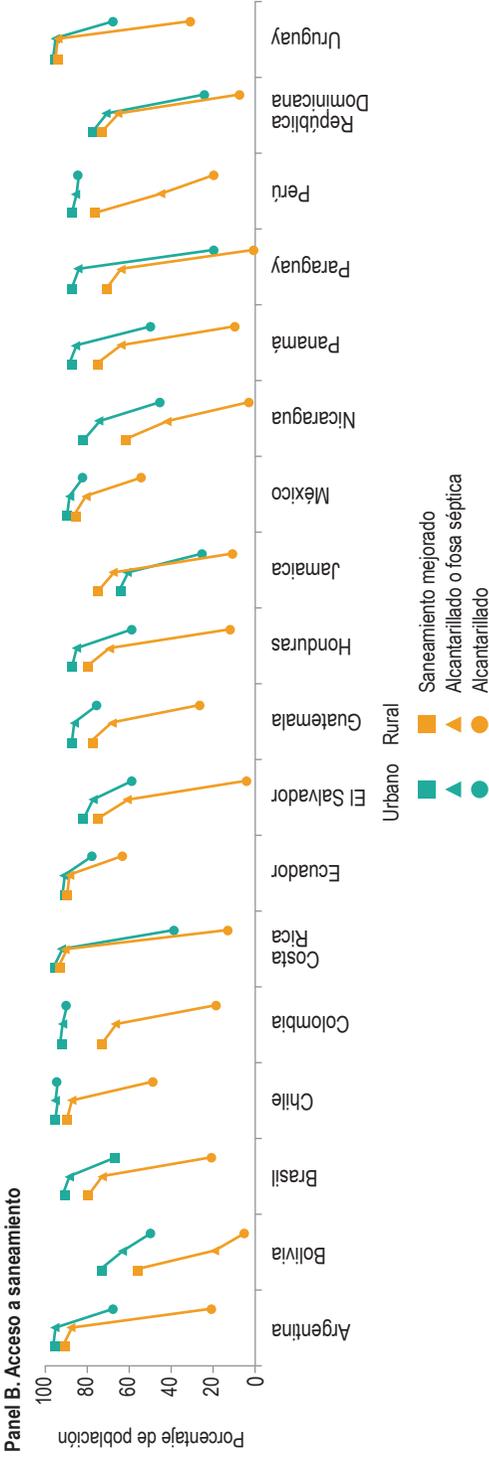
Fuente: Encuesta LAPOP, Barómetro de las Américas, 2018-19.

Nota: El "Agua mejorada" proviene de tuberías, pozos protegidos, agua de lluvia o manantiales protegidos. "Agua por tubería fuera de la vivienda" significa ya sea en el patio o dentro de la vivienda. "Agua por tubería dentro de la vivienda" significa dentro de la vivienda misma.

(continúa en la página siguiente)

INCREMENTAR LOS ESTÁNDARES EN LA DEFINICIÓN DE ACCESO A AGUA Y SANEAMIENTO GENERA UNA DRÁSTICA CAÍDA EN EL ACCESO.

Gráfico 4.3
Acceso a agua y saneamiento en América Latina y el Caribe (continuación)



Fuente: Encuesta LAPOP, Barómetro de las Américas, 2018-19.

Nota: "Saneamiento mejorado" implica ya sea inodoro o letrina que separa la excreta del contacto humano y es utilizado solo por un hogar. "Alcantarillado o fosa séptica" se refiere a un sistema de saneamiento en el que la excreta está ya sea conectada a tuberías de alcantarillado o a un sistema séptico. "Alcantarillado" se refiere a un sistema de saneamiento en el que el hogar está conectado a tuberías de alcantarillado.

Si las tasas de conexión son bajas, la cantidad de desechos recolectados y tratados es aún más reducida. En la región solo se trata aproximadamente entre el 30% y el 40% de las aguas residuales recolectadas (Banco Mundial, 2019). Las pocas excepciones son Chile, donde las tasas de acceso aumentaron del 21% en 2000 al 100% en 2012 (véase el recuadro 4.1), y México, donde crecieron del 23% en 2000 a cerca del 63% en 2017 (OCDE, 2017a).

Recuadro 4.1

Tratamiento de aguas residuales en Chile: salvando el planeta (y la economía)

Las tasas de tratamiento de aguas residuales en Chile en la década de 1990 eran, en el mejor de los casos, de nivel promedio, en fuerte contraste con los notables avances en materia de acceso a los servicios de agua y saneamiento que convirtieron a este país en un líder regional. El plan del gobierno para mejorar las tasas de tratamiento de aguas residuales incluyó reformas que permitieron que el sector privado contribuyera a financiar alrededor de US\$2.000 millones en inversiones retrasadas en plantas de tratamiento de aguas residuales (Peña, Luraschi y Valenzuela, 2004; Jouravlev, 2004; OCDE, 2017). El éxito del plan de tratamiento de aguas residuales se debe a varias medidas: nuevas normas de emisiones para regular los contaminantes asociados con la descarga de residuos industriales líquidos a los sistemas de alcantarillado (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 1998a) y los vertidos de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales (Oficina del Presidente de Chile, 2000); reforzamiento de las facultades de supervisión de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) en 1998 (Peña, Luraschi y Valenzuela, 2004); y un nuevo marco regulatorio que permite capital privado en las empresas del sector (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 1998b; SEP, 2006).

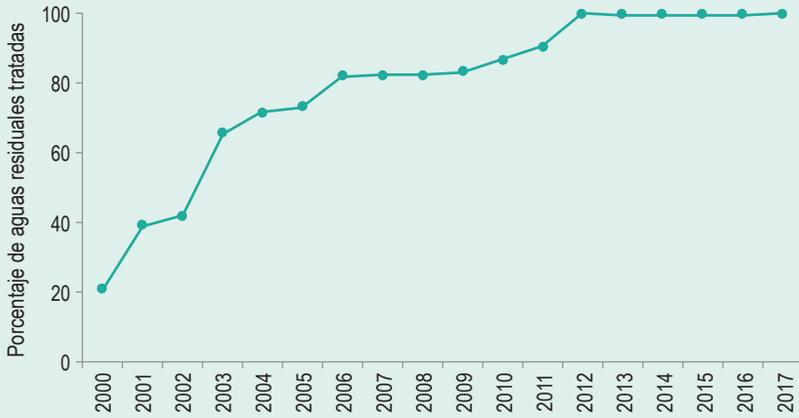
Los esfuerzos del gobierno han tenido como resultado beneficios no solo en la salud pública, la calidad de vida y la protección del ambiente sino también económicos. Concretamente, la disminución del riego con aguas residuales ha aumentado el potencial de la industria del turismo y el potencial exportador de los productos agrícolas (Jouravlev, 2004). Durante 2000-17, las empresas privadas invirtieron US\$2.300 millones en tratamiento de aguas residuales (Andess, 2018), permitiendo que Chile alcanzara niveles de tratamiento comparables a los de los países más avanzados del mundo (gráfico 4.1.1).

Sin embargo, y dado el cambio climático, tratar adecuadamente las aguas residuales es solo el primer paso para desarrollar un enfoque sostenible para transformar dichas aguas en un recurso económico. Aunque actualmente Chile trata casi el 100% de sus aguas residuales, no las utiliza productivamente. De hecho, la mayor parte de las aguas residuales tratadas acaban en el mar. El potencial



Gráfico 4.1.1

Evolución del tratamiento de aguas residuales en Chile, 2000-17



Fuente: Indicador del Tratamiento de Aguas Residuales de la OCDE (2019).

ambiental y económico de cambiar esto es enorme: el volumen total de aguas residuales no utilizadas podría cubrir casi el 10% del déficit hidrológico total del país, destrabando importantes oportunidades agrícolas. Un estudio reciente estima que el volumen total de aguas residuales tratadas que actualmente se descargan al mar solo en la región de Valparaíso (2,6 m³ por segundo) sería suficiente para irrigar 27.300 hectáreas de viñas o 10.250 hectáreas de aguacates, lo que representa exportaciones potenciales de US\$1.146 millones y US\$885 millones, respectivamente (Fundación Chile, 2016). Claramente, el potencial para la recuperación y la reutilización de recursos es enorme (véase el capítulo 11).

La milla más larga: lograr el acceso al transporte urbano

El transporte es el servicio en que menos ha progresado la región en los últimos años. Según una encuesta llevada a cabo por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) en 10 ciudades de la región, el acceso a una parada de transporte público en un radio de tres cuadras de la vivienda es casi universal (desde un 87% en Bogotá y un 90% en Ciudad de Panamá y Quito hasta el 98% en Buenos Aires y Montevideo). Sin embargo, estas medidas convencionales de acceso solo ofrecen un panorama parcial. La capacidad de una persona para llegar a su destino puntualmente depende de múltiples factores interdependientes. La planificación urbana determina las distancias entre las zonas residenciales y destinos comunes como oficinas, escuelas, centros de salud o centros comerciales. La densidad vial,

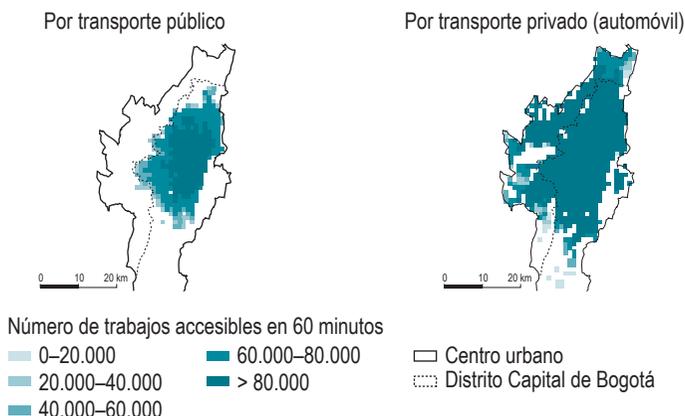
sumada a los niveles de actividad económica, las tasas de motorización, la densidad demográfica y la elección del modo de transporte, influye en los niveles de congestión y en la duración de los viajes. Por lo tanto, la cobertura geográfica y la densidad de los modos de transporte público son esenciales, aunque distan mucho de ser el único factor que determina el acceso y la calidad de la movilidad de las personas.

El crecimiento urbano desordenado ha contribuido al deterioro de las redes de transporte. A medida que las ciudades se expanden para acomodar a una población que sigue creciendo, la densidad vial de la mayoría de los centros urbanos se reduce. Dicha expansión restringe seriamente el acceso y la movilidad. Hay menos zonas que se encuentran a una distancia caminable de las grandes arterias, la conectividad entre las zonas periféricas y metropolitanas es limitada, y caminar en las zonas periurbanas es más difícil debido a las mayores distancias y a la falta de infraestructura peatonal (Rivas, Suárez-Alemán y Serebrisky, 2019a).⁴

A pesar de las tasas relativamente altas de acceso al transporte público cerca del hogar, las necesidades de movilidad de las personas se ven muy condicionadas por la calidad de los servicios, lo que incluye su frecuencia, seguridad y fiabilidad. Además, los problemas tienden a afectar de manera desproporcionada a los grupos de bajos ingresos, que tienden a vivir en zonas remotas, donde la vivienda es más asequible. Estas zonas periféricas a menudo tienen una infraestructura vial deficiente, y resulta difícil y caro cubrir las mediante sistemas de transporte público formales. Además, ofrecen escasas oportunidades laborales a nivel local. Según un estudio de tres grandes ciudades de la región (Ciudad de México, Bogotá y Santiago de Chile), la accesibilidad a los lugares de trabajo en un viaje de 60 minutos es mucho mayor cuando se utiliza el transporte privado en lugar del transporte público (véase el gráfico 4.4 para el caso de Bogotá) (ITF, 2020), aun considerando factores como la congestión en las horas pico y el tiempo dedicado a buscar estacionamiento. Las deficiencias en el transporte público suelen subsanarse mediante modos de transporte informales, como camionetas y minibuses. En Bogotá y Ciudad de México, estos vehículos de transporte alternativos aumentan el acceso a los empleos en un 40% en comparación con los niveles de accesibilidad sin red informal (ITF, 2020).

⁴ Aunque los países desarrollados buscan promover cada vez más medios de transporte menos contaminantes y más saludables, como la bicicleta y caminar, las ciudades de América Latina y el Caribe no se prestan a su adopción. El uso compartido de bicicletas todavía es bajo en la región, con un promedio del 2,2% (las excepciones son Bogotá con un 5% y Rosario con un 5,3%) (Rivas, Suárez-Alemán y Serebrisky, 2019b). En Europa, esta cifra es del 8% (TNS Opinion & Social, 2014).

Gráfico 4.4 Empleos accesibles en un radio de 60 minutos en Bogotá



Fuente: ITF (2020).

Nota: Las áreas en blanco corresponden a celdas sin registro de población o celdas sin carreteras adecuadas para la conducción. El centro urbano se refiere al conjunto urbano de alta densidad (1.500 habitantes por km²).

El acceso a grandes rasgos

El panorama descrito más arriba muestra una cantidad de brechas de acceso en la región que varían según los estándares que se adopten. Sin embargo, incluso recurriendo a medidas básicas, se observa que la región todavía tiene mucho por recorrer, en particular en materia de saneamiento, uso de combustibles limpios para cocinar y servicios de transporte público adecuados. Los gobiernos también deben hacer frente a las importantes diferencias en materia de cobertura por localidades (principalmente urbanas y rurales) y grupos de ingreso. En las zonas urbanas, el crecimiento desordenado plantea graves desafíos para la ampliación de los servicios, sobre todo allí donde la infraestructura requiere construcciones grandes y disruptivas, como en el caso de las redes de agua y saneamiento, los caminos y sistemas de transporte público. En las zonas rurales y periurbanas, es necesario invertir tiempo y recursos en generar soluciones a medida.

Para cerrar las brechas hace falta más que nueva infraestructura física. A menudo, las costumbres de comportamiento y culturales evitan que las personas usen la infraestructura física o adopten prácticas que hagan que tenga sentido proveer acceso. Por ejemplo, el acceso al agua solo aporta beneficios para la salud si va acompañado de buenas prácticas de higiene, como el lavado de manos. Los reparos para conectarse a las redes

existentes de alcantarillado son habituales en la región. Cuando las personas deciden no conectarse no solo los beneficios no llegan a la población, sino que además el proveedor de servicios no recibe un retorno sobre su inversión. Entender qué funciona para superar estos obstáculos requiere evidencia rigurosa y experimentación de políticas (véase el recuadro 4.2).

Recuadro 4.2

Soluciones innovadoras que promueven el acceso

América Latina y el Caribe ha logrado grandes avances en aumentar el acceso a los servicios, pero ampliar las redes de agua y saneamiento, energía y transporte en la “última milla” se vuelve más difícil y más caro. Además, los enfoques que funcionaban bien en el pasado pueden no ser adecuados para las zonas que todavía no están cubiertas. Aplicar nuevas tecnologías y soluciones creativas es la clave del éxito. Los teleféricos de La Paz-El Alto en Bolivia y los sistemas fotovoltaicos en Perú son ejemplos de cómo las soluciones innovadoras en la región pueden contribuir a mejorar el acceso, sobre todo para los grupos de bajos ingresos.

Diseñar y desarrollar una red de transporte moderna en La Paz-El Alto es un constante desafío de planificación urbana. A pesar de tratarse de ciudades contiguas con un alto nivel de integración económica, los viajes entre ellas siempre han sido complicados debido a las barreras geográficas. Muchos tramos de carretera no estaban pavimentados, lo cual, sumado a pendientes empinadas y un drenaje deficiente, creaba altas tasas de congestión. Las soluciones tradicionales, como los buses de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés) o el metro, eran técnicamente inviables o prohibitivamente caras. En 2011, inspirándose en un proyecto pionero realizado en Medellín, el gobierno boliviano decidió intentar un nuevo enfoque construyendo una amplia red de teleféricos urbanos llamada “Mi Teleférico” que actualmente se ha convertido en el más grande de su tipo en el mundo. La escala del proyecto es enorme: en los primeros cinco años posteriores a su inauguración en mayo de 2014, el sistema ha transportado a más de 200 millones de pasajeros, el 70% de los cuales eran personas de bajos ingresos (Mi Teleférico, 2019).

Mi Teleférico es una historia de éxito. Se estima que después de la implementación de las primeras tres líneas redujo la duración promedio de los traslados en un 22% en comparación con otros servicios de transporte (Suárez-Alemán y Serebrisky, 2017). El ahorro de tiempo se tradujo en un beneficio neto de US\$0,54 por viaje para los usuarios (gráfico 4.2.1). Además, Martínez, Sánchez y Yañez-Pagans (2018) observaron que el tiempo ahorrado se asigna sobre todo a actividades educativas y recreativas, lo cual mejora la calidad de vida y la formación de capital humano. Los usuarios también han aumentado las actividades de autoempleo y sus ingresos, posiblemente debido a un mejor acceso a los mercados laborales. Por último, los principales beneficiarios del sistema han sido los

Gráfico 4.2.1 Ahorros de Mi Teleférico en Bolivia



Fuente: Basado en Suárez-Alemán y Serebrisky (2017).

LOS USUARIOS DE MI TELEFÉRICO EN BOLIVIA AHORRAN UN 22% DE SU TIEMPO DE VIAJE, UN BENEFICIO NETO DE US\$0,54 POR VIAJE.

residentes de El Alto, que tiene una mayor proporción de hogares indígenas y de bajos ingresos.

Perú es el país que más ha progresado en la ampliación del acceso a los servicios de electricidad. Entre 2000 y 2018, las tasas de acceso aumentaron del 64% al 97% (Sanin, 2019). El éxito de Perú se puede explicar gracias a diversos factores clave, relacionados con el hecho de

que el Estado: i) asumió un papel de liderazgo en la inversión para ampliar el acceso a la energía para los pobres; ii) aplicó subsidios focalizados para promover el acceso entre las poblaciones más aisladas y de ingresos más bajos; e iii) involucró a los beneficiarios en la instalación y operación de soluciones energéticas no conectadas a la red. Estas soluciones incluyeron programas específicos para aumentar el uso de energía renovable descentralizada en las zonas rurales.

Cuadro 4.2.1 Políticas fotovoltaicas en Perú

Detalles del programa	Resultados en términos de electrificación
<p>Programa fotovoltaico para zonas no conectadas a la red, Fondo de Inclusión Social Energético (FISE), 2012-presente</p> <ul style="list-style-type: none"> Permitió un acceso asequible subsidiando la energía renovable. 	<ul style="list-style-type: none"> Hacia 2017, el programa había instalado paneles fotovoltaicos en 26.544 hogares en zonas rurales, brindando conexión a 106.000 habitantes.
<p>ACCIONA Microenergía Perú (AMP), 2009-presente</p> <ul style="list-style-type: none"> Creada por el grupo español ACCIONA y dirigida por la Energy and Water Foundation, es una ONG que alquila sistemas fotovoltaicos individuales por una tarifa mensual de US\$3 durante 20 años, lo que equivale a la vida útil del panel. 	<ul style="list-style-type: none"> Hacia 2018, el programa había llegado a 4.000 hogares, 17 centros comunitarios y 12 centros Luz en Casa (es decir, pequeñas empresas) en las zonas aisladas del departamento de Cajamarca. El programa involucra a las comunidades en la instalación y operación de los paneles.

Fuente: Basado en Sanin (2019).

Calidad del servicio: una brecha que se ensancha

Los beneficios que brinda el acceso a servicios de infraestructura dependen en gran medida de la calidad de los servicios suministrados. Un porcentaje considerable de la población de América Latina y el Caribe padece discontinuidades en el servicio regular e interrupciones no planificadas. Estas deficiencias generan costos importantes para la sociedad. A nivel de los hogares, los usuarios pierden tiempo esperando los servicios o procurándose fuentes alternativas. A un nivel más amplio, las interrupciones del servicio de electricidad y agua pueden perturbar el funcionamiento de instalaciones esenciales, como escuelas y hospitales. Los servicios inadecuados de transporte público aumentan la dependencia del uso de vehículos privados, lo que tiene un impacto negativo en el tráfico, la duración de los viajes y el ambiente.

Una población en aumento, mayores ingresos y el cambio climático ejercerán una gran presión sobre los servicios. La propiedad de vehículos está aumentando y las ciudades se están volviendo más congestionadas. Los eventos climáticos extremos pueden perturbar los servicios y deteriorar aún más la infraestructura existente. Cuanto más tarden los gobiernos en actuar, más costoso será encontrar soluciones.

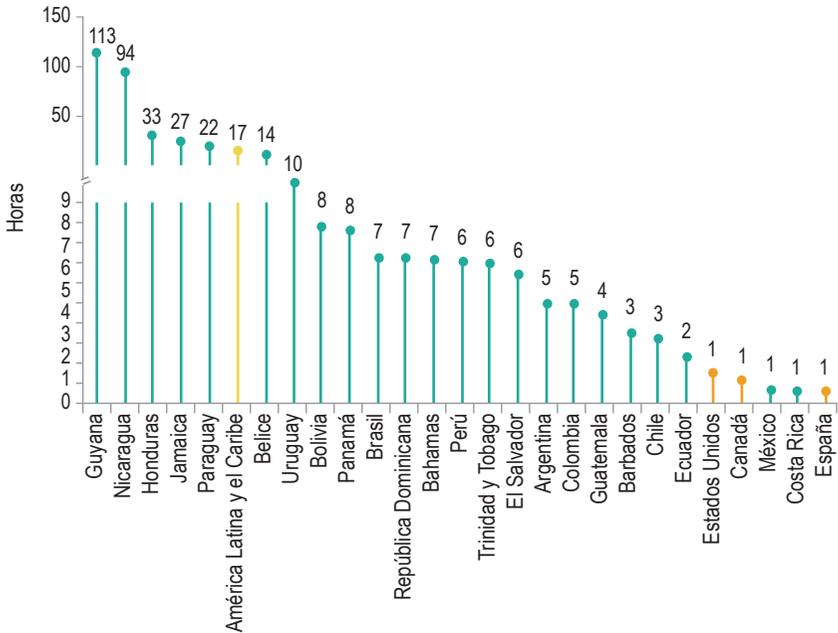
La calidad intermitente de los servicios de electricidad

Las interrupciones frecuentes y prolongadas en el suministro de energía eléctrica pueden resultar en pérdidas financieras y de bienestar. Las interrupciones frecuentes pueden dañar aparatos eléctricos, mientras que las interrupciones prolongadas pueden echar a perder los alimentos, provocar la exposición a temperaturas extremas o impedir que las personas lleven a cabo actividades necesarias, como la limpieza del hogar o los estudios. Las interrupciones prolongadas perjudican a las industrias, perturban el tráfico —sobre todo en intersecciones con semáforos y en aeropuertos— y perjudican servicios clave como los hospitales.

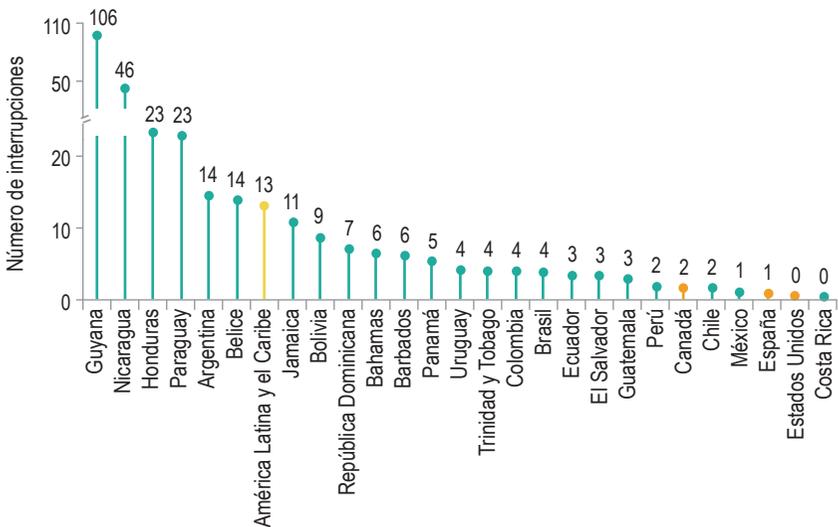
Para evaluar la calidad del suministro eléctrico suelen usarse el Índice de Frecuencia de Interrupción Promedio del Sistema (SAIFI, por sus siglas en inglés) y el Índice de Duración Promedio de Interrupción del Sistema (SAIDI, por sus siglas en inglés). El SAIFI mide la frecuencia de las interrupciones y el SAIDI la duración total promedio de las mismas a largo de un año para cada cliente atendido. En 2018 los países de la región experimentaron 16 interrupciones no programadas con una duración promedio de 33 minutos. La media es muy alta en comparación con los países desarrollados, pero varía ampliamente entre países (gráfico 4.5).

Gráfico 4.5 Duración y frecuencia promedio de las interrupciones eléctricas, 2019

Panel A. Duración promedio anual de las interrupciones eléctricas (SAIDI)



Panel B. Frecuencia promedio anual de las interrupciones eléctricas (SAIFI)



Fuente: Basado en datos de 2019 provenientes de la base de datos *Doing Business*.

Nota: SAIDI mide las horas por interrupción eléctrica. SAIFI mide el número de interrupciones eléctricas al año.

Calidad del agua: algo más que mal sabor

La falta de suministro de agua a diario dificulta alcanzar el mínimo requerido que se estima necesario para satisfacer las necesidades básicas. De acuerdo con datos de los Indicadores del Desarrollo Mundial de 2019, el agua no segura, el saneamiento no seguro y la falta de higiene son responsables de 1,67 muertes por cada 100.000 habitantes en la región.⁵ Hacia 2020, se podrían salvar más de 9.000 vidas al año si la región pudiera elevar la calidad de sus servicios de suministro de agua a los niveles europeos. La falta de acceso continuo al agua también significa que es probable que los usuarios la almacenen en tanques para que esté disponible cuando se necesite. Pero los tanques muchas veces no se lavan o no ofrecen protección suficiente para impedir la contaminación antes del consumo.

A partir de entrevistas realizadas con una muestra representativa, el Proyecto de Opinión Pública de América Latina (LAPOP) observa que las personas que tienen acceso a agua por tubería informan de altas tasas de suministro intermitente e interrupciones no programadas. En algunos países, como El Salvador, Guatemala, Honduras, México y República Dominicana, los datos del Barómetro de las Américas 2018-19 muestran que más del 20% de la población no recibe el suministro de agua dos o más días a la semana y, en promedio, el servicio puede durar solo medio día. El porcentaje de personas sin acceso a los servicios de suministro de agua 24 horas al día es bastante alto en muchos países, con República Dominicana (90,1%) a la cabeza de la lista (gráfico 4.6). Hay varios países en los que la mayoría de las personas sufre de suministro intermitente y de interrupciones no programadas, que tienden a afectar de manera desproporcionada a los hogares más pobres (Gómez-Vidal, Machado y Datschkovsky, 2020).

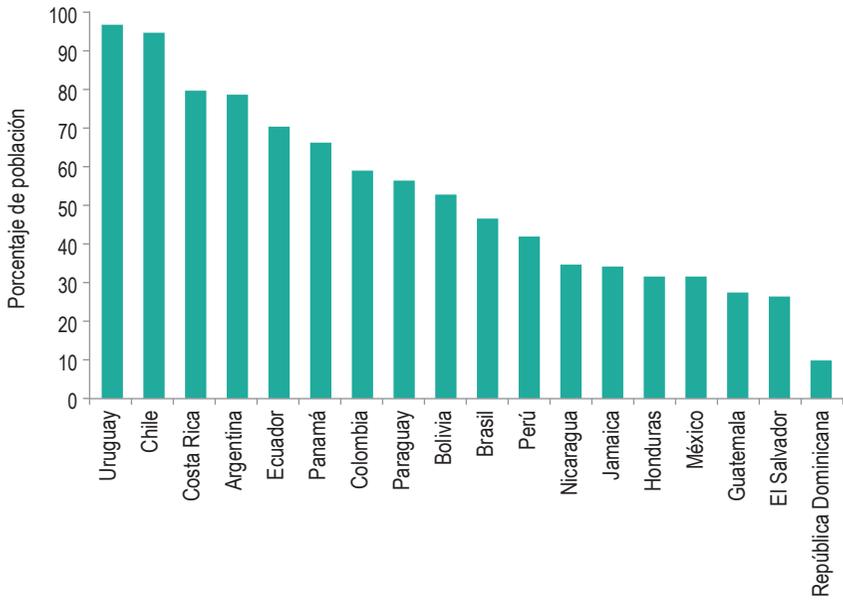
Un indicador clave de la calidad tiene que ver con las propiedades del agua suministrada. El aspecto más importante es la seguridad, es decir, que el agua esté limpia y libre de contaminantes. El consumo de agua embotellada, que en la región es alto, constituye un indicador de la mala calidad del agua. De acuerdo con datos del Barómetro de las Américas 2018-19, por ejemplo, en México el 81% de los encuestados informa tener acceso a agua por tubería, pero el 77% declara beber agua embotellada. Un largo proceso entre la extracción inicial y el consumo final expone al agua a diversos riesgos. Las bajas tasas de tratamiento de aguas residuales, el manejo inadecuado de residuos sólidos, metales pesados y

⁵ En la Unión Europea esta cifra es 0,26. La estimación solo tiene en cuenta “enfermedades diarreicas, infecciones por nematodos intestinales y desnutrición proteínica-energética”.



Gráfico 4.6

Personas con acceso al servicio de agua las 24 horas del día los siete días de la semana



Fuente: Encuesta LAPOP, Barómetro de las Américas 2018-19.

pesticidas que se filtran en los ríos desde la agricultura y la minería, así como eventos climáticos extremos, contribuyen al deterioro de las fuentes de agua y a la posterior falta de efectividad de su tratamiento. Aun cuando el tratamiento inicial sea adecuado para eliminar contaminantes y producir agua de alta calidad, sistemas de distribución obsoletos, con tuberías antiguas y dañadas y con una presión de agua irregular, exponen al agua a la contaminación y a las impurezas. A nivel de los hogares, se ha demostrado que el almacenamiento inadecuado y las malas prácticas de manipulación plantean considerables riesgos para los usuarios (Jeuland et al., 2020). Además, la contaminación puede provenir de fuentes inesperadas, como la ampliación de la infraestructura de alcantarillado; un estudio reciente que utiliza datos de panel a nivel de distrito en Perú reveló que los distritos en que se habían emprendido múltiples proyectos de ampliación del saneamiento sufrieron un aumento del 6% en las tasas de mortalidad de menores de 5 años en comparación con distritos con menos proyectos de ese tipo o sin proyectos, principalmente debido al mayor riesgo generado durante la etapa de construcción (Bancalari, 2019).

Recuadro 4.3

Contratos basados en el desempeño para aumentar la eficiencia del servicio

Los contratos y regulaciones basados en el desempeño se han utilizado exitosamente para aumentar la eficiencia del suministro de servicios y elevar los ingresos de los proveedores de servicios mejorando al mismo tiempo la calidad. Dos ejemplos destacables son las regulaciones establecidas en Ecuador para disminuir las pérdidas de electricidad y los contratos basados en el desempeño en las Bahamas para reducir el agua no facturada (NRW, por sus siglas en inglés).^a

En Ecuador se adoptaron diversas medidas para alcanzar los objetivos de política. En primer lugar, en 1999, una regulación sobre la “calidad del servicio técnico” estipuló que las empresas de distribución eran responsables de recopilar datos sobre la frecuencia y duración de las interrupciones. En caso de incumplimiento de los límites regulatorios, la empresa era multada por el organismo regulador. Más tarde, en 2006, se aprobó un Plan de Reducción de Pérdidas (PLANREP), con el objetivo específico de disminuir las pérdidas no técnicas, es decir, electricidad utilizada pero no pagada. Durante los primeros años de su implementación se cambiaron sistemáticamente los contadores para mejorar el control del robo y la medición remota. En 2011, se aprobaron sanciones por el robo de electricidad, se abolió la ocupación ilegal de terrenos y se colocaron contadores fuera de las viviendas para facilitar inspecciones más frecuentes y precisas. La regulación también hacía a las empresas responsables de encuestar a los clientes sobre la calidad del servicio. Este plan integral tuvo resultados en varias dimensiones: las pérdidas no técnicas disminuyeron de casi el 13% en 2006 a solo el 5% en seis años (gráfico 4.3.1); entre 2011 y 2015 la duración de las interrupciones

Gráfico 4.3.1
Pérdidas de electricidad en Ecuador después de la implementación de PLANREP



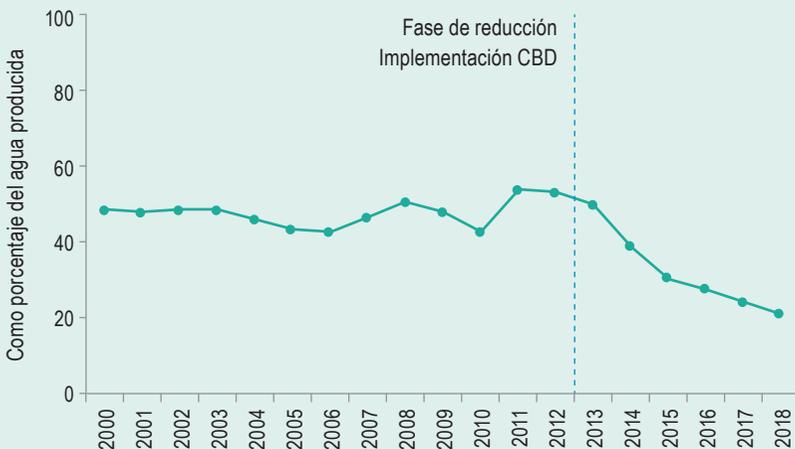
Fuente: Sanin (2019).

disminuyó en un 67,6% y la frecuencia de las mismas un 59%, de un promedio de 26 a 11 al año.

Otra historia exitosa es la del uso de contratos basados en el desempeño (CBD) en las Bahamas. La isla de New Providence tenía problemas endémicos con la calidad del agua, la baja presión y los racionamientos ocasionales, así como cantidades cada vez mayores de NRW. En 2008-09, la empresa de servicios públicos (Bahamas Water and Sewerage Corporation) desarrolló un plan integral para la reducción y el control del NRW, incluyendo intervenciones técnicas en el marco de un CBD. El CBD redujo el NRW mediante: i) un estudio de línea de base y un período de ajuste del objetivo/plan; ii) la definición de un alcance mínimo, combinado con flexibilidad para que el contratista ajuste los planes a la evolución de la situación, tanto para superar las metas como para recibir una remuneración adicional basada en el desempeño; iii) una rápida reducción de NRW, con sus beneficios técnicos, financieros y políticos; iv) disminución de los riesgos del proyecto para la empresa proveedora; v) una larga fase de mantenimiento para promover la sostenibilidad de las reducciones de NRW; y vi) la mejora general del desempeño técnico y financiero a un precio competitivo. Los resultados fueron sólidos: entre 2013 y 2019 la empresa de suministro redujo el NRW de un 54% a solo un 23%, cifra que coincide con el desempeño de las mejores empresas proveedoras de servicios en la región (gráfico 4.3.2).

Gráfico 4.3.2

Agua no facturada en las Bahamas antes y después de la implementación de un contrato basado en el desempeño



Fuente: Basado en datos de The Bahamas Water and Sewerage Corporation.

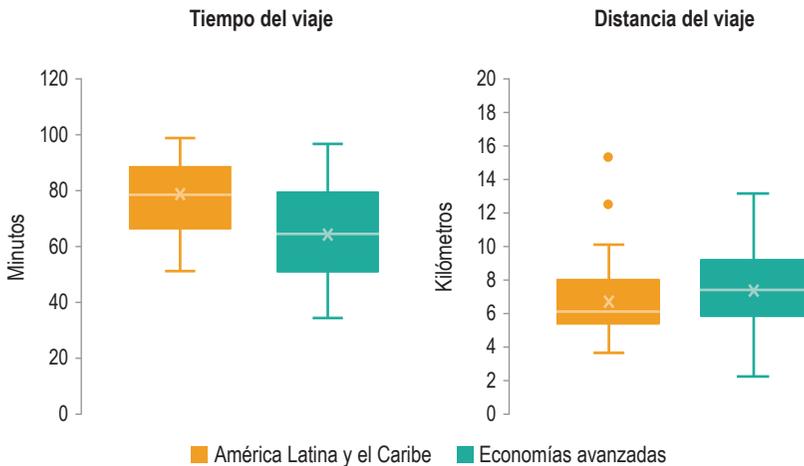
^a El agua no facturada (NRW) es agua producida pero que se pierde debido a pérdidas físicas por fugas y tuberías dañadas, o a pérdidas comerciales causadas por el subregistro de contadores de los usuarios, conexiones ilegales y robos.

Calidad del transporte urbano: un largo camino por recorrer

La calidad de los servicios de transporte urbano en la región es deficiente. Los latinoamericanos tardan más tiempo en viajes más cortos que las personas de las economías avanzadas (gráfico 4.7). El tiempo de viaje promedio al trabajo en las ciudades de la región es de 77 minutos. En muchas ciudades de la región, desde las más pobladas como Bogotá, Colombia, a algunas con menos población como Manaus, Brasil, y desde megaciudades establecidas como São Paulo, a zonas urbanas de rápida expansión como Lima, Perú,⁶ el viaje diario promedio puede tardar más de 90 minutos; según datos de 2019 del Índice de Transporte Público de Moovit, el 30% o más de los usuarios declaran duraciones de viajes que superan las dos horas.

Aunque la mayoría de las personas en las ciudades de la región utiliza el transporte público, el porcentaje del transporte público en relación con el transporte privado está disminuyendo. En los últimos 10 años, las tasas de motorización han aumentado en la mayoría de los países, llegando a un

Gráfico 4.7
Tiempo y distancia de los viajes utilizando transporte público:
América Latina y el Caribe vs. economías avanzadas



Fuente: Rivas, Suárez-Alemán y Serebrisky (2019a).

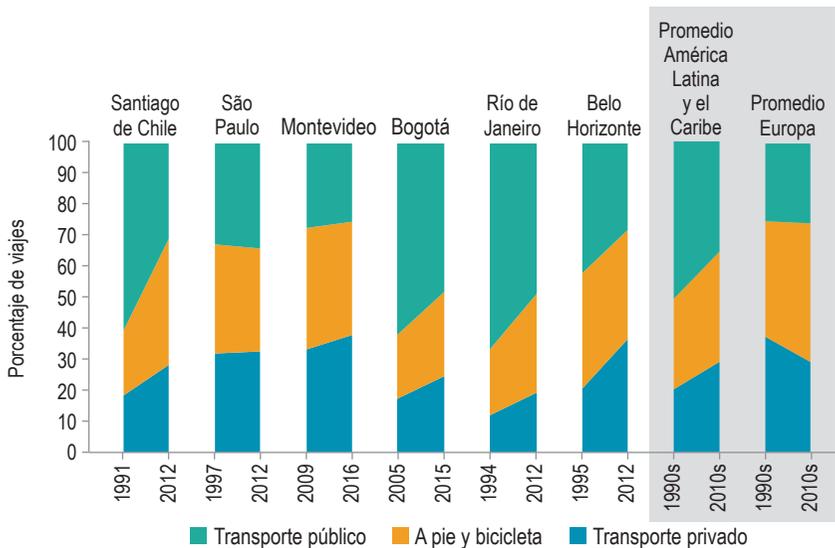
Nota: Los datos se basan en un día de semana. Promedio simple de 52 ciudades de América Latina y el Caribe y 67 ciudades de economías avanzadas reportadas por Moovit en 2019. Gráfico de caja y bigotes: el largo de la caja representa los rangos intercuartiles (la diferencia entre los cuartiles 3 y 1), la media se presenta como una cruz y la mediana se muestra como la línea media de la caja. Las líneas verticales representan los “bigotes” que señalan variabilidad fuera de los cuartiles superiores e inferiores. Cualquier punto fuera de los bigotes se considera un caso atípico y se representa mediante puntos.

⁶ Otras ciudades en la base de datos donde la duración de los viajes a menudo supera los 90 minutos son Brasilia, Goiânia, Recife, Rio de Janeiro, Salvador y São Luis (Brasil).

ritmo anual promedio del 4,7%. En 2015 la tasa de motorización promedio llegó a 201 vehículos por cada 1.000 habitantes. Aunque esta cifra se mantiene por debajo de los promedios para Europa (471 vehículos por cada 1.000 habitantes) o Estados Unidos y Canadá (805 vehículos por cada 1.000 habitantes), su tasa de crecimiento es una de las mayores del mundo (junto con los países de Asia y de Oriente Medio) (Rivas, Suárez-Alemán y Serebrisky, 2019a).

En las ciudades europeas, hay una tendencia hacia una menor cantidad de viajes en transporte privado y un mayor uso del transporte público y traslados a pie. En América Latina y el Caribe está ocurriendo lo contrario (gráfico 4.8). En algunas ciudades, el porcentaje de uso del transporte público ha disminuido a la mitad. El aumento de la motorización y un sistema de transporte de mala calidad (en términos de duración del viaje, comodidad y seguridad) generan un círculo vicioso por el cual los usuarios cambian del transporte público al privado en cuanto pueden comprar un vehículo. Para romper este círculo vicioso se requiere una combinación de un amplio conjunto de políticas e inversión en sistemas de transporte público masivo (véanse el capítulo 10 y el recuadro 4.4). Como respuesta a la disminución

Gráfico 4.8
Participación de los modos de transporte en ciudades seleccionadas



Fuente: Rivas, Serebrisky y Suárez-Alemán (2019a).

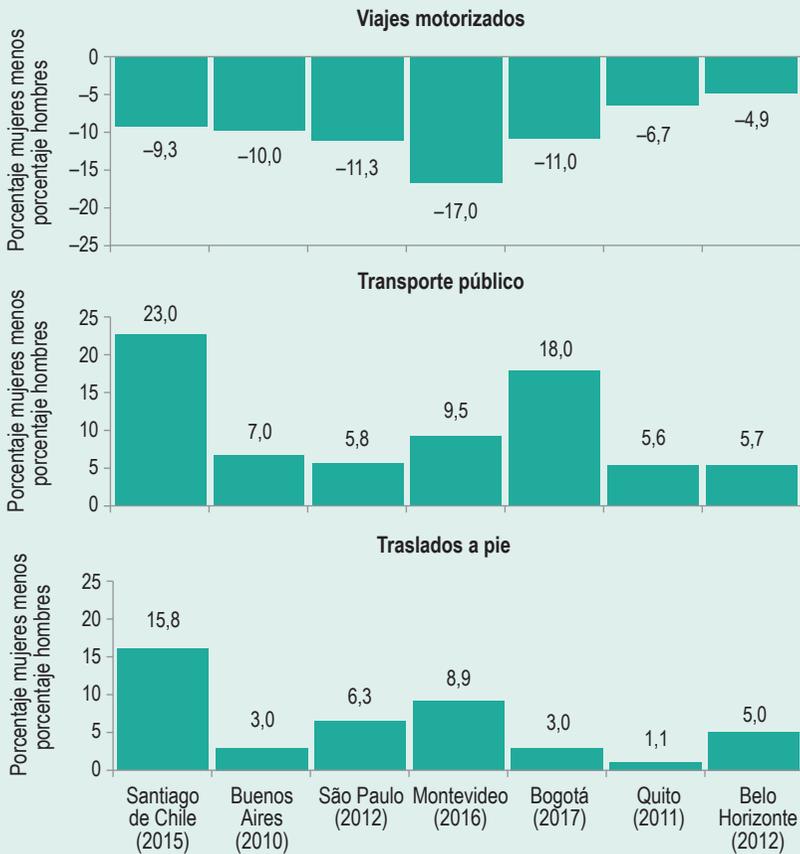
Nota: Las comparaciones entre ciudades están limitadas por diferencias en las metodologías y la programación de las encuestas. El transporte privado incluye automóviles y motos. Las ciudades incluidas en el promedio europeo son Ámsterdam, Berlín, Copenhague, Estocolmo, Hamburgo, Londres, Múnich, París, Viena y Zúrich.

Recuadro 4.4

Género y transporte: un tema descuidado

Los servicios de transporte no son neutros en términos de género. Las mujeres y los hombres tienen diferentes patrones de movilidad: ellas suelen hacer más viajes y en horas más dispersas a lo largo del día. Las mujeres utilizan significativamente más el transporte público y caminan más, mientras que los hombres son más propensos a conducir (gráfico 4.4.1). Este patrón refleja factores económicos y culturales, entre otros, y se puede observar, por ejemplo, en la distribución de las licencias de conducir por género: las licencias femeninas representan apenas un 30% del total de la región (Rivas, Suárez-Alemán y Serebrisky, 2019a).

Gráfico 4.4.1
Diferencias de género en los patrones de movilidad en ciudades seleccionadas



Fuente: Rivas, Suárez-Alemán y Serebrisky (2019a).

Aunque más del 50% de los usuarios de los sistemas de transporte público de la región son mujeres (52% en Buenos Aires, 51% en Ciudad de México, 53% en Quito y 52% en Santiago de Chile) (Granada et al., 2016), las características de su movilidad y de sus necesidades de traslado no se han considerado sistemáticamente. A menudo, los servicios de transporte público no cumplen con las normas de calidad, seguridad y comodidad requeridas por las mujeres. Como muchas veces las mujeres viajan con niños pequeños, con coches de bebé, bolsas de compras o familiares de edad avanzada, sufren particularmente las inconveniencias de transportes hacinados y poco accesibles. La realización de múltiples transbordos o la escasa o nula integración de los sistemas de transporte resultan en que las mujeres terminan pagando más y viajando distancias más largas, por lo que su movilidad física y ocupacional está más limitada que la de los hombres (Granada et al., 2016).

La seguridad es otra preocupación importante; el acoso sexual afecta de forma desproporcionada a las mujeres. En las ciudades de la región, seis de cada diez mujeres han sufrido alguna forma de violencia sexual, ya sea una agresión física o verbal, en los medios de transporte público. En Santiago de Chile, el 59% de las encuestadas indicó haber padecido violencia física o verbal en el transporte público. Las tasas de otras ciudades de la región son incluso más altas: Bogotá (64%); Ciudad de México (65%); Quito (67%) y Buenos Aires (80%) (BID, 2018).

del transporte público, los países de la región han adoptado un conjunto diverso de políticas para mejorar las redes de transporte público, de las cuales los sistemas BRT son el ejemplo más llamativo (véase el recuadro 4.5).

Recuadro 4.5

Viajes más cortos con sistemas BRT

América Latina y el Caribe ha sido pionera en la implementación de sistemas de BRT. El primer BRT se implementó en la región en la década de 1970 en Curitiba, Brasil. A partir de allí, el TransMilenio de Bogotá revolucionó la industria llegando a transportar a 45.000 pasajeros por hora y por dirección (Gómez-Lobo y Barrientos, 2019). De acuerdo con datos de 2019 de Global BRT, actualmente América Latina y el Caribe es líder en el mundo en este campo, con aproximadamente 1.900 km de redes de BRT en 55 ciudades y 10 países: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guatemala, México, Panamá, Perú y Venezuela. En general, los sistemas han tenido un impacto positivo en la duración de los viajes, los costos de transporte, el medio ambiente y los accidentes (Hidalgo y Carrigan, 2010).

Los sistemas de BRT han mejorado la calidad del servicio del transporte público en la región, sobre todo reduciendo la duración de los viajes. Una evaluación

del BID de los BRT de Cali y Lima revela ahorros importantes en la duración de los viajes (cuadro 4.5.1). El Metropolitano, el BRT de Lima, ha recortado el promedio de la duración de los viajes de entre 3 y 4 horas a 2 horas para algunas personas, mientras que el Masivo Integrado de Occidente (MIO), el BRT de Cali, ofrece ahorros de tiempo de hasta 35 minutos para individuos de las franjas de ingreso más bajas y más altas de la población y de hasta 25 minutos para los grupos de ingresos medios (Scholl et al., 2016). Aunque los dos sistemas registraron ahorros considerables en la duración de los viajes en general, el uso limitado por personas de hogares pobres en zonas en las que deben comenzar sus viajes con enlaces alimentadores sigue siendo un desafío.

Los primeros sistemas de BRT de la región fueron diseñados como sistemas cerrados que operaban exclusivamente sobre una infraestructura segregada (los buses nunca se mezclaban con otros vehículos). Sin embargo, en los últimos años se han introducido sistemas de BRT abiertos para ofrecer más flexibilidad al permitir que los buses de BRT lleguen a paradas situadas en infraestructura no segregada.

Debido a su flexibilidad, Gómez-Lobo y Barrientos (2019) abogan por sistemas de BRT abiertos en las reformas del transporte. Los sistemas abiertos no aumentan los transbordos, son fáciles de implementar, acortan la duración de los viajes de los pasajeros y reducen los costos operativos de los proveedores de servicios (gracias a mayores velocidades). Los autores sostienen que es especialmente importante considerar esta alternativa para ciudades pequeñas. Entre los ejemplos de BRT abiertos se encuentran el Metrobús de Buenos Aires y las vías BRT centrales segregadas y los corredores segregados de Gran Concepción (Chile), que fueron implementados sin cambiar la forma en que operaban los buses antes de que se instauraran los sistemas de BRT (Gómez-Lobo y Barrientos, 2019). En Buenos Aires, el Metrobús ha reducido la duración de los viajes en un 20%-50% (Rivas, Serebrisky y Suárez-Alemán, 2019b).



Cuadro 4.5.1

Impacto de los sistemas de BRT en la duración de los viajes en Cali y Lima

El Metropolitano, Lima	MIO, Cali
<p>Ahorro de tiempo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • General: ahorro de tiempo promedio de la red de alrededor de 7 minutos para todos los grupos de ingreso. • Grupo de ingresos extremadamente bajos (estrato E): hasta 28 minutos en algunas zonas. • Grupos de bajos ingresos (estrato D): hasta 32 minutos en algunas zonas. • Grupos de ingresos medio-bajos (estrato C): hasta 34 minutos en algunas zonas. 	<p>Ahorro de tiempo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • General: ahorro de tiempo de al menos 11 minutos para el 90% de la población más pobre. • Grupos de bajos ingresos (estrato 1): hasta 35 minutos en algunas zonas. • Grupo de ingresos medios (estratos 2 a 5): hasta 25 minutos en algunas zonas. • Grupo de más altos ingresos (estrato 6): hasta 35 minutos en algunas zonas.

Fuente: Scholl et al. (2016).

Nota: Lima se divide en cinco estratos socioeconómicos donde E=más bajo y A=más alto. Cali se divide en seis estratos socioeconómicos donde 1=más bajo y 6=más alto.

Asequibilidad: el punto ciego de los servicios

En una región donde un porcentaje considerable de la población es pobre, no poder pagar los servicios básicos es una lucha diaria para muchas personas. Más allá de la capacidad de pago, la falta de acceso y los servicios de mala calidad pueden suponer una carga considerable para las finanzas y el bienestar de los usuarios. Estos usuarios deben encontrar formas alternativas de adquirir y consumir los servicios, que pueden ser menos seguras y más caras. Los datos y las ideas presentadas en esta sección del capítulo se refieren a la asequibilidad (o capacidad de pago) del consumo de los servicios formales de agua, electricidad y transporte, y muchas veces dejan fuera del análisis gastos para consumir servicios brindados por proveedores distintos de las empresas que deberían proporcionar dichos servicios. El alcance y los factores determinantes del problema de asequibilidad varían de manera considerable por ciudad y sector, y exigen soluciones a medida. De los tres sectores analizados, el transporte representa la carga más pesada para los consumidores de la región.

Si bien la capacidad para pagar por las conexiones y los servicios constituye un aspecto clave de la asequibilidad, no es el único. Puede ser que los números indiquen que los pobres gastan el mismo porcentaje de su ingreso en servicios que los más ricos pero ello no implica que consuman la misma cantidad; por el contrario, puede mostrar que los pobres simplemente no pueden pagar el nivel de consumo que desearían tener si tuvieran más ingresos. Otra cuestión relevante es la cantidad de servicios que requieren los hogares pobres en relación con sus contrapartes más ricas. De hecho, la falta de recursos económicos y financieros puede implicar que los hogares pobres tengan que gastar más en servicios que los hogares más ricos. Vivir en una zona urbana periférica, donde la vivienda es más asequible, significa desplazamientos más largos y más caros. La imposibilidad de comprar electrodomésticos nuevos energéticamente eficientes significa que los hogares pobres necesitan más energía para hacer funcionar sus modelos más antiguos. De hecho, los hogares más pobres pueden requerir mayores cantidades de servicios para disfrutar de beneficios comparables a los de los hogares más ricos. Todos estos aspectos contribuyen al problema de asequibilidad en la región.

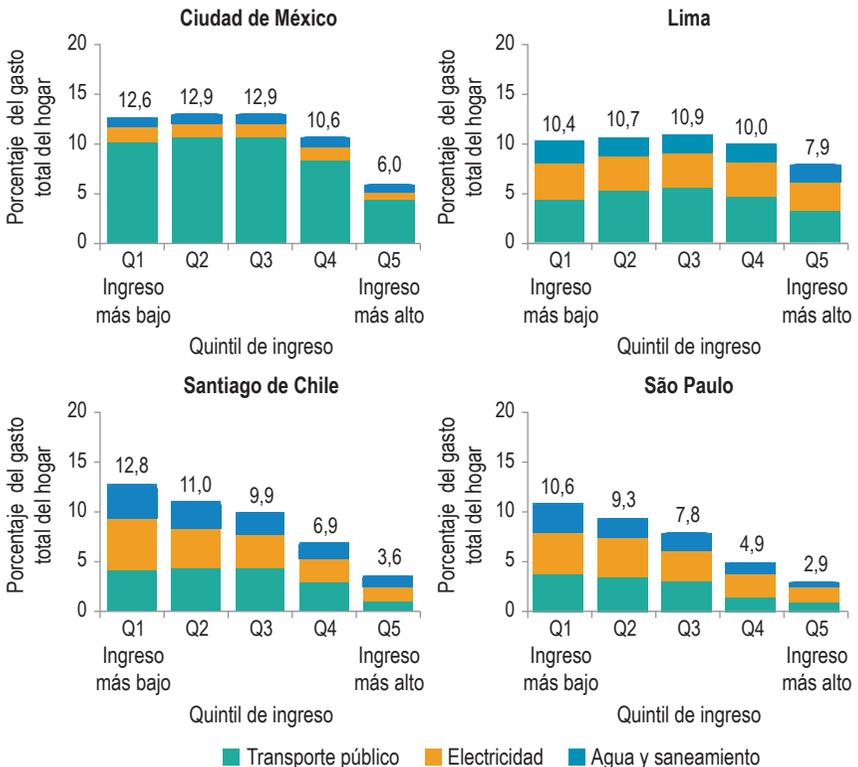
Midiendo la asequibilidad: métricas básicas y sus limitaciones

La medida más básica de asequibilidad es el porcentaje del ingreso de los hogares asignado a un servicio en particular. Como se muestra en el capítulo 1, esta medida revela que los hogares de América Latina y el Caribe

dedican una mayor fracción de su ingreso a servicios de infraestructura que sus pares de otras regiones del mundo desarrollado y en desarrollo, y que esta diferencia es más aguda cuanto más pobre es el hogar. Además, el promedio regional oculta variaciones entre los países, no solo en cuanto al monto total que los ciudadanos gastan en servicios, sino también en cuanto a la composición de ese gasto (gráfico 4.9).

No hay un consenso respecto de cuán alto debería ser el gasto en esos servicios para el hogar promedio, dado que en esa estimación influyen numerosos factores: la calidad del servicio, la eficiencia de los proveedores y las decisiones de políticas sobre qué parte de los costos de los servicios debería recuperarse a través de tarifas a los consumidores. A pesar de esta limitación, cada sector utiliza algunas referencias como orientación general para señalar problemas de asequibilidad. En el sector transporte,

Gráfico 4.9
Gasto en servicios de infraestructura en megaciudades de América Latina y el Caribe



Fuente: Elaboración de los autores en base a las Encuestas de Gastos de los Hogares (2017 para Santiago de Chile, 2018 para Lima y Ciudad de México, 2019 para São Paulo).

el umbral es normalmente de un 15%-20% del ingreso del hogar en las economías en desarrollo (Estache, Bagnoli y Bertomeu-Sánchez, 2018).⁷ En el sector de la energía, niveles de gasto superiores al 10% del ingreso del hogar son señal de un problema (Boardman, 1991). En agua y saneamiento, el umbral se sitúa entre el 3% y el 5% (OHCHR/UN-Habitat/OMS, 2010; Fankhauser y Tepic, 2007). Los umbrales de asequibilidad suelen fijarse independientemente unos de otros: aun cuando ninguno de los gastos de un sector supere las referencias establecidas, asignar casi una tercera parte del ingreso del hogar a solo tres servicios puede demostrar que eso es impracticable para muchas familias de ingresos bajos.

Las encuestas de gastos de los hogares⁸ de la región indican que, en promedio, el porcentaje del gasto del hogar en servicios de infraestructura se sitúa por debajo de los umbrales establecidos en cada sector. Sin embargo, es probable que, por varios motivos, esta estadística subestime el problema. En primer lugar, el gasto no incluye el consumo al que los hogares debieron renunciar para poder pagar la factura.⁹ En segundo lugar, ignora el gasto no contabilizado sea por falta de pago de las facturas o por el consumo ilegal de los servicios (por ejemplo, conexiones ilegales a la electricidad, evasión de pago en el transporte público). Además, los precios de los servicios pueden ser inferiores al nivel de recuperación de costos; a pesar de una falta alarmante de evidencia sobre el costo de la provisión de servicios, la escasa evidencia sobre los subsidios señala que los precios promedio de los servicios son inferiores a su costo (véase el capítulo 1). Estos no son problemas pequeños en la región.

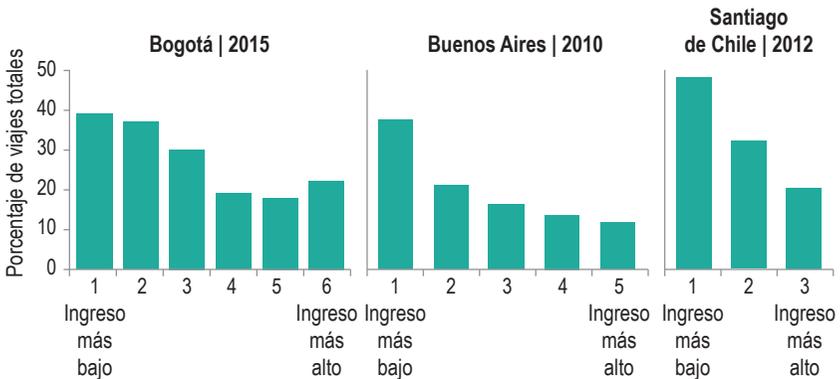
⁷ Hay algunas advertencias importantes respecto de la estimación de los umbrales de gastos en transporte. La mayoría de las metodologías incluyen el gasto en automóviles, por ejemplo, que refleja gustos más que necesidades. Además, dado que los costos del transporte aumentan con la distancia, puede ser engañoso analizar los umbrales del transporte sin tener en cuenta los gastos de vivienda, dado que el transporte asequible puede implicar una vivienda cara, y viceversa.

⁸ La variación en la parte de los gastos del hogar asignados a servicios entre los países se explica parcialmente por cuestiones metodológicas. Las estimaciones de los gastos reales en servicios suelen ser imprecisas dado que se basan en encuestas de hogares y, por lo tanto, dependen de que los encuestados tengan recuerdos precisos del monto de sus gastos.

⁹ Por ejemplo, en energía, según el Latinobarómetro, el 63% de la población de la región declara tener problemas para dormir por la noche debido a temperaturas extremas, que en numerosos casos se deben a la imposibilidad de pagar equipos de climatización y la electricidad necesaria para que funcionen (Corporación Latinobarómetro, 2018). Además, numerosos encuestados declaran tener dificultades para pagar su factura de electricidad.

El porcentaje de personas pobres que caminan en lugar de usar el transporte público es un ejemplo de consumo no realizado. Un análisis de los modos de transporte por quintiles de ingreso en una muestra de ciudades de la región revela que entre el 40% y el 45% de todos los viajes de las personas de bajos ingresos son a pie (gráfico 4.10). La cifra para grupos de ingresos más altos se sitúa entre un 10% y un 20%. Por lo tanto, puede ser que las personas sacrifiquen los desplazamientos motorizados debido a que no pueden pagarlos, convirtiéndose en peatones “cautivos” en distancias relativamente largas (Venter y Behrens, 2005; Falavigna y Hernández, 2016). Teniendo en cuenta que la mayoría de las actividades económicas y oportunidades laborales tienden a concentrarse en centros urbanos, los residentes de bajos ingresos pueden verse limitados, al no poder pagar el transporte, a empleos informales o peor remunerados más cerca de su lugar de residencia en los suburbios.

Gráfico 4.10
Participación de los viajes a pie en el transporte, por nivel de ingreso



Fuente: Rivas, Serebrisky y Suárez-Alemán (2018).

Nota: El gráfico muestra los viajes en los que caminar fue el principal modo de transporte, excepto en Buenos Aires, donde las cifras incluyen personas que caminaron solo una parte del viaje. El número de niveles de ingreso varía entre las ciudades presentadas en función de la estratificación socioeconómica de cada ciudad.

La evasión del pago de tarifas y facturas puede ser importante en los servicios. En 2016, la evasión del pago de pasajes de buses se estimaba en un 27,6% para Santiago de Chile, 15% para Bogotá, 12% para Buenos Aires y 10% para Lima (Troncoso y de Grange, 2017). Guarda et al. (2016) observan que la evasión del pago de pasajes en Santiago de Chile es mayor en las paradas de buses situadas en zonas de bajos ingresos, lo que sugiere un vínculo entre la evasión y la incapacidad de pagar los pasajes. Las

pérdidas de electricidad en la región duplican el promedio mundial y solo unos pocos países han mostrado mejoras entre 2004 y 2014. En general, una parte importante de esas pérdidas es no técnica, lo que significa electricidad utilizada pero no pagada. En 2016, en Ecuador, por ejemplo, más de la mitad de las pérdidas eran no técnicas (Sanin, 2019).

Las conexiones ilegales a los sistemas de agua, también habituales, plantean dos problemas agravantes. Como no están construidas profesionalmente, dichas conexiones tienden a tener más fugas que las regulares y exponen el agua a mayores riesgos de contaminación. Las fugas en los puntos de conexión contribuyen significativamente al problema del NRW, que es un tema grave en la región. Se calcula que el porcentaje de agua extraída y tratada por las empresas de suministro pero no pagada asciende en la región a un 40% (GRTB, 2017). La variación entre y dentro de los países es enorme. Incluso dentro de Brasil, en 2017, las estimaciones del NRW oscilaban entre un 26% y un 75% según los estados, mientras que los niveles aceptados a nivel internacional se sitúan en torno al 10%-15% (SNIS, 2019).

Los hogares que no pueden pagar las tasas de conexión a menudo buscan soluciones de baja calidad que, en algunos casos, pueden acabar costando más que las convencionales. No es poco habitual que las personas sin acceso a agua dependan de proveedores privados que cobran más que las empresas de suministro de agua y no ofrecen controles de calidad (Huberts, 2019). Además, normalmente los hogares pobres con acceso no pueden afrontar el gasto en sistemas que permiten ahorrar agua, como inodoros de doble descarga o lavadoras de ropa con estándares eficientes, y sufren una mayor incidencia de fugas. Todo esto genera un consumo más alto. Cada vez más se están implementando intervenciones que son de bajo costo y tienen el potencial de reducir el consumo o hacerlo más eficiente y así mejorar la asequibilidad (véase el recuadro 4.6).

Recuadro 4.6

Intervenciones en el comportamiento para reducir el consumo de agua

En Belén, Costa Rica, un estudio observó que a pesar del amplio consenso existente sobre la importancia general de conservar el agua, pocos habitantes consideraban que ellos mismos debían usar menos agua (Datta et al., 2015). Se buscó entonces reducir el consumo de agua de los hogares contactándolos aleatoriamente de una de tres maneras. Los hogares recibían un mensaje donde se les comunicaba que estaban conservando: i) más o menos agua

Gráfico 4.6.1

Notificación del consumo de agua de un hogar en relación con su barrio

¡También en Belén el agua se agota, cuidémosla!

**¡Tu hogar consumió menos agua que el promedio de casas en tu barrio!
¡Buen trabajo!**



Si tienes alguna duda, puedes contactarte con la Dirección de Servicios Públicos al teléfono 2587-0200 / 2587-0201 o al correo electrónico servicios@belen.go.cr

¡OJO! Tu hogar consumió más agua que el promedio de casas en tu barrio.

Algunos consejos para reducir su consumo:

- Dúchate con menos tiempo.
- Utiliza menos agua para regar el jardín; ¡el zacate no necesita agua!
- No laves el carro a menudo.

¡También en Belén el agua se agota, cuidémosla!



Si tienes alguna duda, puedes contactarte con la Dirección de Servicios Públicos al teléfono 2587-0200 / 2587-0201 o al correo electrónico servicios@belen.go.cr

Fuente: Datta et al. (2015).

que el promedio de los hogares de su barrio; o ii) más o menos agua que el resto de los hogares de la ciudad. El tercer método de comunicación era un ejercicio de planificación de consumo y consistió en enviar una postal que acompañaba la factura de julio de 2014. La postal incluía una ficha que instaba a los destinatarios a declarar su consumo de agua y a compararlo con el del promedio de los hogares de Belén ese mismo mes y a fijar un objetivo personal de reducción del uso de agua.

El estudio descubrió que los hogares que recibían los mensajes de comparación con el barrio reducían su consumo de agua en niveles estadísticamente significativos, mientras que la comparación con la ciudad no tenía un efecto significativo. La comparación con el barrio redujo el consumo mensual promedio de agua entre agosto y septiembre de 2014 entre 0,98 m³ y 1,47 m³ por hogar (entre un 3,7% y un 5,6% del consumo) en relación con el grupo de control. En cambio, la intervención de la planificación redujo el consumo en 0,90 m³ y 1,49 m³, o un 3,4% y un 5,6%, en relación con el grupo de control. Se observó que la intervención de planificación era más efectiva entre los hogares de bajo consumo y la comparación con el barrio era más efectiva entre los hogares de alto consumo. Si todos los hogares en Belén recibieran el tratamiento, se conservarían 6.720 m³ de agua en un solo mes. Esta cifra equivale a 94.080 cargas de lavadoras de ropa, 188.000 duchas o 222.000 cargas de lavaplatos.

Abordar la asequibilidad para satisfacer necesidades básicas: medición y opciones de políticas

Una manera alternativa de entender la magnitud del problema de asequibilidad es simular el gasto en servicios de infraestructura. Las simulaciones consisten en determinar cuánto le costaría a una familia de cuatro personas procurarse una “cesta” de servicios considerada suficiente para satisfacer necesidades básicas, un ejercicio similar al que hacen las oficinas nacionales de estadística para seguir la evolución de la inflación de una cesta de consumo. Las cantidades mensuales (la cesta) utilizada para este ejercicio son 18 m³ de agua, 150 kW-hora de electricidad y 180 viajes de transporte (45 traslados por persona por mes en un hogar de cuatro personas).¹⁰

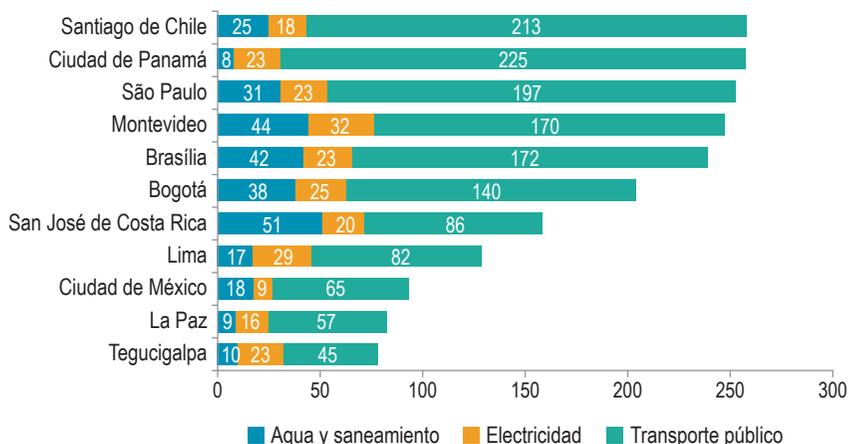
Una vez que se define la cesta básica de servicios, la segunda tarea consiste en recopilar los precios correspondientes. En el caso de la electricidad, los precios son relativamente uniformes a nivel nacional. Sin embargo, en el caso del transporte y el agua hay una notable variación entre ciudades y municipios. Por lo tanto, se recogen los precios para una muestra de ciudades de la región. Los resultados de este ejercicio se muestran en el gráfico 4.11. Tanto el gasto total como el sectorial simulado en este ejercicio difieren significativamente en toda la región. Los gastos totales oscilan entre US\$78 para Tegucigalpa y US\$256 para Santiago de Chile, y el transporte representa la categoría más importante en diferentes ciudades. Sin embargo, el gasto en un mismo sector también varía considerablemente entre ciudades: pagar 18 m³ de agua en San José de Costa Rica cuesta seis veces más que en Ciudad de Panamá, y hacer el mismo número de viajes en transporte público en Santiago de Chile cuesta cuatro veces más que en Tegucigalpa.

Este enfoque para cuantificar la asequibilidad evita algunos de los problemas de medición señalados anteriormente. En primer lugar, dado que se analiza una cesta fija de servicios básicos, evita los problemas relacionados con la evasión del pago y el consumo no realizado por falta de ingresos. En segundo lugar, dado que los precios de los servicios se recopilan a partir de los precios reales para cada servicio, se evitan los sesgos introducidos por el auto-reporte típico de las encuestas de hogares. En tercer lugar, dado que se supone la misma cesta de consumo para todos los países y ciudades, los resultados son más comparables.

¹⁰ Estas cestas corresponden al consumo de servicios que necesitaría gastar una familia de cuatro personas, compuesta de dos adultos y dos menores, para satisfacer sus necesidades básicas de infraestructura. Esta cesta solo es una de muchas posibles, pero los resultados generales presentados en esta sección son robustos utilizando otras definiciones razonables de servicios básicos de infraestructura.

Gráfico 4.11 Costo mensual simulado de los servicios de infraestructura, 2018 (US\$)

Costo mensual de una cesta de servicios



Fuente: Elaboración de los autores en base a información de las empresas de servicios públicos y los gobiernos municipales.

Nota: Se incluye el costo de 180 viajes en bus, 18 m³ de agua y 150 kWh de electricidad en un mes en dólares de Estados Unidos. Estos paquetes corresponden a lo que tendría que gastar una familia de cuatro personas para satisfacer sus necesidades básicas de infraestructura.

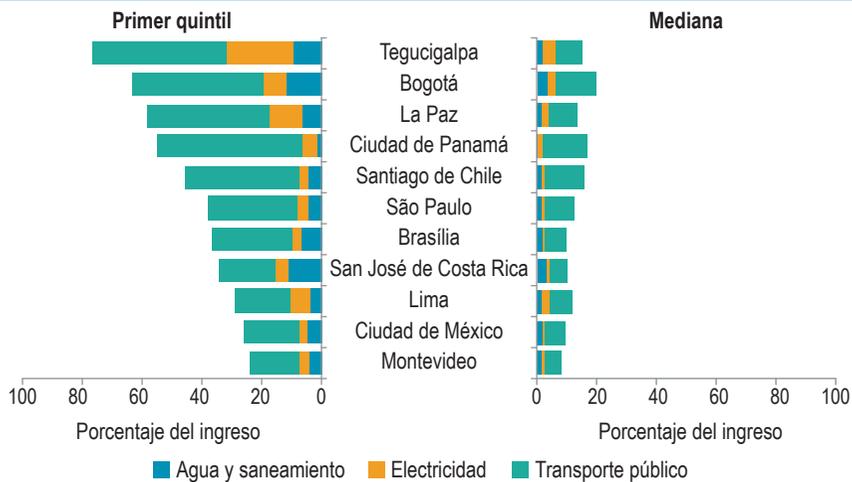
Desafortunadamente, este esfuerzo para mejorar la comparabilidad tiene dos limitaciones importantes: el papel de los subsidios a la oferta y las enormes disparidades en los estándares de los servicios. La mayoría de los subsidios a los servicios en América Latina y el Caribe se entregan directamente a los proveedores y, por lo tanto, es imposible separarlos de los cálculos. Brichetti y Rivas (2019a) destacan que los subsidios directos de los servicios equivalen, en promedio, al 0,6% del producto interno bruto (PIB) de la región. Es decir, los precios fijados para los servicios generalmente son inferiores al nivel requerido para la recuperación de costos. La comparación de precios puede estar distorsionada debido a la amplia variación por país y servicio en el nivel de los subsidios y los márgenes de beneficios que se permite a los proveedores.

Otro factor que influye en la comparabilidad es la variabilidad de los estándares de calidad de suministro de los servicios. Por ejemplo, pagar una factura de agua y saneamiento en México o Chile significa pagar por el costo de tratar adecuadamente una gran parte de las aguas residuales; en la mayoría de los otros países de la región, el servicio no cubre el servicio de tratamiento y, por lo tanto, el monto de las facturas puede ser más bajo. En este sentido, el nivel de calidad debería ser una variable importante a

considerar para concluir si se destina una fracción alta o baja del ingreso para pagar los servicios.

Por último, el alcance y la severidad de la pobreza en las ciudades de la región también presentan considerables diferencias. Junto con las variaciones en los precios, la magnitud del problema de asequibilidad y sus soluciones potenciales también difieren mucho según la ciudad. El gráfico 4.12 muestra qué parte del ingreso promedio del quintil más pobre y de la mediana de los hogares de cada ciudad se gasta en la cesta de consumo “mínimo” de servicios de infraestructura. Los servicios de agua y saneamiento, la electricidad y el transporte pueden consumir del 25% al 75% del ingreso de un hogar pobre de cuatro miembros si no recibe subsidios a la demanda.¹¹ Ciudades como Tegucigalpa, donde

Gráfico 4.12
Gasto mensual en una cesta simulada de servicios en ciudades seleccionadas, 2018



Fuente: Elaboración de los autores en base a la información de ingreso de las Encuestas Nacionales de Hogares y de las tarifas y tasas de las empresas de servicios públicos y los operadores de servicios de transporte.

Nota: Los niveles de las tarifas incluyen los subsidios del lado de la oferta pero no del lado de la demanda. Los cálculos se basan en una familia de cuatro personas que consumen 150 kWh de electricidad al mes y 18 m³ de agua (150 litros de agua por persona al día), y realizan 180 viajes en transporte público (45 viajes por persona al mes).

¹¹ Algunas ciudades de la región proporcionan subsidios a la demanda basándose en zonas geográficas, características personales (como edad y condición educativa), consumo o ingreso. Este tipo de subsidios puede mejorar la asequibilidad de los servicios de infraestructura de los usuarios que reciben los beneficios. Sin embargo, el impacto de los subsidios a la demanda en la región es limitado, teniendo en cuenta que representan una pequeña parte del total de los subsidios y no están bien focalizados para llegar a la población pobre.

la pobreza es alta, se enfrentan a graves problemas de asequibilidad a pesar de que los servicios tienen precios bajos. Es importante entender estos resultados correctamente: si las simulaciones indican que en Tegucigalpa un hogar del quintil más bajo necesita utilizar más del 75% de su ingreso para una cesta mínima de servicios, entonces están diciendo que ese hogar en la práctica no puede pagar esos servicios. Desde una perspectiva de desigualdad, para los pobres no poder pagar es lo mismo que carecer de acceso.

La conclusión de este análisis es clara: la región se enfrenta a graves desafíos de asequibilidad, aun cuando los gobiernos estén asignando recursos para subsidiar los servicios. El hecho de que numerosos países de la región todavía tengan mucho por hacer para mejorar la calidad de los servicios agrava la situación. Resolver el rompecabezas de cómo proporcionar mejores servicios (probablemente más caros) sin poner en riesgo la asequibilidad para los pobres requerirá no solo aumentar la eficiencia de la provisión de servicios sino también el uso de fondos públicos. Subsidios a la demanda mejor focalizados deben ser parte de la solución (véase el recuadro 4.7). Los problemas inherentes de comparabilidad y falta de voluntad política para informar sobre los precios y costos de los servicios pueden contribuir a explicar la impresionante falta de estudios sobre la asequibilidad en América Latina y el Caribe. Se necesita información de mejor calidad para que las políticas públicas puedan abordar adecuadamente los problemas de capacidad de pago de los servicios que alimentan la desigualdad y la exclusión en la región.

Recuadro 4.7

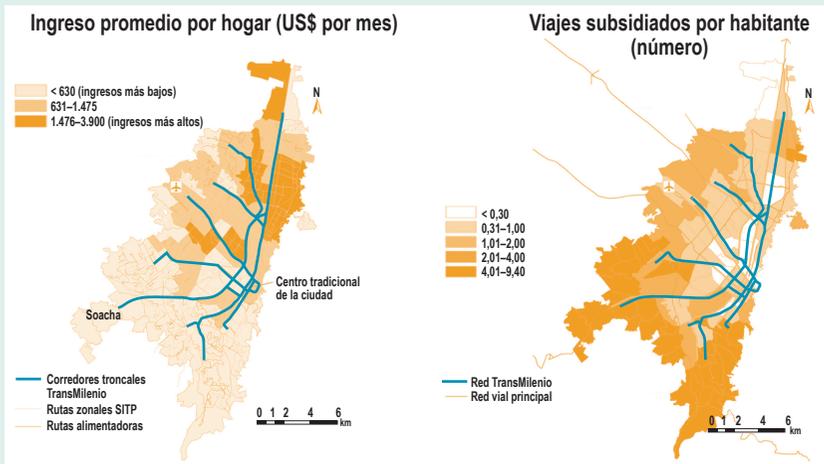
Ampliar la caja de herramientas de políticas públicas: subsidios a la demanda para abordar la asequibilidad

Lograr que los servicios sean asequibles es un problema multidimensional. Depende de características geográficas locales y de consideraciones generales, como el tipo de servicio que se proporciona. Requiere proveedores de servicios eficientes, pero también fondos públicos. Los subsidios pueden y deben desempeñar un papel para que los servicios sean más asequibles, sobre todo para los pobres. La pregunta clave es qué tipo de subsidios cumplirá más efectivamente su objetivo. En este sentido, los subsidios a la demanda están subexplotados como herramienta en América Latina y el Caribe.

Los subsidios a la demanda se recomiendan más que los subsidios a la oferta principalmente porque se focalizan en los beneficiarios (Serebrisky et al., 2009). En el pasado, los subsidios a la oferta se preferían y justificaban sobre la base de

Gráfico 4.7.1

Focalización de los subsidios en Bogotá: el ingreso promedio por hogar y los viajes subsidiados por habitante son imágenes que se reflejan mutuamente



Fuente: Guzmán y Oviedo (2018).

que implementar transferencias focalizadas a la demanda era difícil; la mayoría de los sistemas se centraba en criterios simples y observables. Pero las cosas han cambiado: el desarrollo de tecnologías inteligentes ha contribuido a mejorar la eficiencia operativa, la flexibilidad de precios y la focalización de los subsidios (Gwilliam, 2017).

Colombia es un buen ejemplo de cómo se pueden aplicar subsidios a la demanda (gráfico 4.7.1). En 2014 se implementó en Bogotá un subsidio de transporte público a favor de los pobres a través de un mecanismo nacional de focalización de las políticas sociales, el Sistema de Identificación y Clasificación de Potenciales Beneficiarios para Programas Sociales (SISBEN), que permite clasificar a los beneficiarios y asignar subsidios. El SISBEN considera diversas características socioeconómicas de los individuos y los hogares para elaborar un puntaje, que es un indicador aproximado de pobreza (Guzmán y Oviedo, 2018). Sobre la base de este mecanismo de focalización, se implementaron subsidios con un impacto positivo en la accesibilidad y la equidad (Guzmán y Oviedo, 2018). Estos subsidios aumentaron un 56% los desplazamientos mensuales de los beneficiarios del subsidio (Rodríguez Hernández y Peralta-Quirós, 2016).

Argentina ha hecho esfuerzos para focalizar sus subsidios a la energía estableciendo en 2016 una tarifa social federal para usuarios residenciales. En 2015, Argentina realizaba transferencias a las empresas de gas y electricidad de 2,9 puntos porcentuales del PIB, con escasas condicionalidades. Este esquema tuvo efectos perjudiciales para la sostenibilidad y eficiencia del sector. La gestión

discrecional de los precios de la energía envió señales distorsionadas que generaron sobreconsumo y subinversión (Barril y Navajas, 2015). El desafío consistía en reestablecer señales de precios de mercado y reducir la carga fiscal, dos metas que requerían rápidos aumentos de las tarifas, sin comprometer la asequibilidad para los hogares pobres y de ingresos medio-bajos. En este contexto, en 2016 el gobierno federal introdujo un subsidio a la demanda (“tarifa social”) que incluía algunos umbrales de ingreso (dos salarios mínimos), entre otras condiciones, como requisitos para beneficiarse de la política. Esta política le dio al sistema de subsidios un perfil a favor de los pobres (particularmente en el caso del gas, donde el 20% más pobre recibió el 36% del total de los subsidios) y redujo el monto total de los subsidios en un 1,6% del PIB hacia 2018 (Giuliano et al., 2018).

Irónico: servicios mediocres pero apatía política

Aunque las brechas de acceso persisten, los verdaderos desafíos para la región son la calidad y la asequibilidad. Solucionar parte de ellos puede implicar un complejo conjunto de incentivos, como sistemas de precios que promuevan opciones de transporte que contribuyen a disminuir el tránsito y las emisiones. Algunas opciones requieren inversiones sustanciales, como la rehabilitación de los sistemas de agua y saneamiento. La ubicación geográfica de los hogares más afectados por las brechas de calidad y asequibilidad es clave para diseñar soluciones efectivas.

Realizar los cambios y las inversiones necesarios requiere voluntad política. Las percepciones y las actitudes políticas de los consumidores son cruciales para que los políticos rindan cuentas. El problema de las preferencias multidimensionales es inherente a cualquier forma representativa de gobierno. Las personas tienen preferencias en un conjunto de políticas y ámbitos, pero suelen verse limitadas a unos cuantos votos cuando eligen a sus representantes políticos. Por lo tanto, tener una representación en todas estas dimensiones es imposible. Por esto, el peso de ciertos asuntos en las opciones de políticas dependerá de su importancia relativa, más que absoluta, para los votantes. Los temas que los electores coloquen en primer lugar son los que con mayor probabilidad orientarán sus decisiones y, por consiguiente, se convertirán en la medida de la rendición de cuentas.

En esta competencia por atraer atención, la infraestructura sufre. A lo largo de más de una década, cuando se les pregunta a las personas sobre los grandes problemas a los que se enfrenta su país de manera consistente, mencionan en primer lugar temas relacionados con la economía, la

violencia y la corrupción (encuestas LAPOP). En un experimento de votación utilizando una muestra representativa de las poblaciones de México y Brasil, los candidatos que se presentaron con una plataforma de infraestructura o ambiental, siendo todo lo demás igual, reunieron entre un 15% y un 20% menos de votos, respectivamente, en comparación con candidatos que enfatizaban el empleo o la educación (Machado, Huberts y Kearney, 2019). Estas clasificaciones ponen de relieve la dificultad de promover la acción política para mejorar los servicios.

La infraestructura no solo ocupa un lugar bajo entre las prioridades de las personas, sino que los niveles de satisfacción con el actual estado de prestación de los servicios son sorprendentemente altos, a pesar de la deficiente calidad. Esto significa que los retornos electorales por las mejoras son limitados, en particular los provenientes de las muchas inversiones de baja visibilidad que se requieren.

En 2016, entrevistas con mexicanos y brasileños revelaron altas tasas de satisfacción con los servicios de agua, con un 75% y un 70%, respectivamente (Huberts, Machado y Kearney, 2017). Un estudio de 2018-19 en Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Panamá y Uruguay arrojó niveles similares de satisfacción con atributos específicos del agua por tubería. Un promedio del 75% aprobaba su sabor, un 80% su limpieza y un 82% su presión. En cuanto a los servicios de electricidad, un asombroso 96% se declaró satisfecho con su fiabilidad y un 92% con la atención al cliente en caso de interrupción (Gómez-Vidal, Machado y Datshkovsky, 2020).

El servicio que las personas perciben más negativamente es el transporte. En general, solo el 37% de los encuestados en las ciudades declaraba una buena o muy buena satisfacción con el sistema de buses urbanos, con importantes diferencias según el tamaño de la ciudad (Juan et al., 2016). En las ciudades medianas, el 50,6% de los encuestados señaló sentirse satisfecho con el sistema de buses, mientras que en las megaciudades esa cifra descendió al 34,6%. La situación es peor para los usuarios de transporte que recorren largas distancias. En Ciudad de México, São Paulo, Buenos Aires, Bogotá y Lima, el transporte es la segunda prioridad urbana más importante para los usuarios que viajan más de una hora y media al día, después de la seguridad pública (Serebrisky, 2014). Parecería que el sector ha alcanzado un umbral relativamente bajo, que ha inclinado la balanza hacia mayores críticas e insatisfacción.

La escasa relevancia política de los servicios de infraestructura y la complacencia de los individuos en relación con su calidad no son exclusivos de la región. Históricamente, las intervenciones de mayor envergadura que crearon sistemas de saneamiento urbano fueron producto de graves crisis de salud pública, como los brotes de cólera en Nueva York y Londres

(Ashraf, Glaeser y Ponzetto, 2016). Una explicación es que la falta de experiencia con servicios de mayor calidad deja a las personas sin un punto de referencia. De la misma manera, muchas veces es una caída brusca del acceso o de la calidad del servicio lo que provoca evaluaciones más críticas y un cambio respecto de la importancia política de la infraestructura. A lo largo de 10 años de encuestas de opinión pública en la región, llevadas a cabo por LAPOP, la infraestructura se situó entre las principales prioridades solo en Haití después del devastador terremoto de 2010.

En este escenario, depender de mecanismos políticos de rendición de cuentas para promover las transformaciones necesarias puede ser insuficiente. Una pregunta que surge es si la probabilidad de que el aumento de la población y la urbanización, los mayores ingresos y el cambio climático contribuirán a disminuir los niveles de satisfacción y a acrecentar la relevancia política de estos problemas. El crecimiento de la población automáticamente somete a los sistemas actuales a presiones más fuertes debido al mero aumento del número de usuarios. De acuerdo con datos de 2018 de Naciones Unidas, es probable que en el futuro cercano estos desafíos se amplifiquen por las altas tasas de urbanización que se prevé que lleguen al 84% hacia 2030 y al 88% hacia 2050 en la región. Sin embargo, si se espera a que las cosas empeoren para tomar medidas puede que sea demasiado poco y demasiado tarde.

El cambio climático puede tener repercusiones mixtas en la relevancia política de los servicios de infraestructura. Por un lado, exponer los sistemas existentes a condiciones extremas puede provocar colapsos y deteriorar los activos. El impacto resultante en la calidad de los servicios puede ser importante y alimentar así las críticas y la presión de los usuarios para que se realicen mejoras. Por otro lado, los problemas que surgen del cambio climático tienden a complicar la rendición de cuentas y a hacerla borrosa. Las inundaciones y las sequías que provocan interrupciones del suministro de agua se deben a una mezcla de factores ambientales (cambio climático y degradación) y una mala gestión del servicio. Si la contribución relativa de cada factor es difícil de estimar para un investigador veterano, lo es mucho más para un usuario promedio. Según la opinión de los habitantes de la región, de acuerdo con datos de LAPOP, las inundaciones y las sequías que provocan interrupciones del servicio son resultado del cambio climático o de la acción humana, mientras que la culpa de los apagones se la llevan los proveedores.

Desde la perspectiva de los encargados de la toma de decisiones, obtener apoyo político en un contexto de este tipo puede requerir medidas que sean claramente visibles o cuyos beneficios sean percibidos directa y fácilmente por los ciudadanos. En esos casos, el incentivo consiste en

priorizar mejoras a corto plazo en lugar de inversiones de largo plazo que tardan tiempo en rendir beneficios. También pueden favorecer nuevas construcciones antes que el gasto en mantenimiento de tuberías ocultas y carreteras o en la protección del medio ambiente. Además, debido al predominio del voto orientado por intereses personales —es decir, votar por el candidato que proporciona el mayor beneficio financiero—, las decisiones de políticas relacionadas con los precios se arriesgan a ser sesgadas en favor de niveles bajos que pueden amenazar la recuperación de costos y el uso racional de los recursos. Las protestas sociales en contra de los aumentos de los precios del transporte público (por ejemplo, en Chile en 2019) o de la eliminación de los subsidios a los combustibles (por ejemplo, en Ecuador en 2019) son muestras del peso político que tienen los precios de los servicios. Resulta difícil lograr el equilibrio adecuado entre la sostenibilidad financiera y la calidad de los servicios prestados y el precio que los usuarios deben pagar por ellos.

En ausencia de incentivos de abajo hacia arriba, los cambios necesarios deben provenir de arriba. Los gobiernos deben asumir el liderazgo para asegurar la cobertura y calidad de los servicios. En algunos casos, por ejemplo, para ampliar el acceso a las poblaciones rurales, un enfoque centralizado puede ser viable. La diversidad de soluciones requeridas para abordar el problema de la última milla puede resultar una carga demasiado pesada para los gobiernos locales, y entonces la acción centralizada puede ofrecer ganancias de escala.



Pasado y futuro de la tecnología en los servicios de infraestructura

En 1873, Julio Verne ambientó su novela *La vuelta al mundo en 80 días* en un mundo lleno de maravillas.¹ Pero el mundo fantástico que describía Verne no era ficticio, sino el mundo en que vivía cuando escribió aquel clásico de la literatura. Diversas innovaciones que ocurrieron unos pocos años antes de que escribiera su novela inspiraron el relato: se logró la primera comunicación de alta velocidad entre América del Norte y Europa gracias al cable telegráfico transatlántico (1858); se terminó de construir el primer ferrocarril transcontinental de América (1869); el ferrocarril de India unió el subcontinente (1870); y el Canal de Suez proporcionó un atajo para llegar al Atlántico Norte empalmando el Mediterráneo con el Mar Rojo (1869). Dado que todos estos acontecimientos habían hecho al mundo más pequeño, el notable viaje de Phileas Fogg y Passepartout no era ciencia ficción en el momento en que Verne escribió su novela. De hecho, pocos años después la periodista Nellie Bly realizó el mismo viaje que Fogg en solo 72 días, e incluso tuvo tiempo de visitar a Verne durante el periplo (Bly, 1890). Desde luego, es posible que para la mayoría de las personas estos nuevos avances parecieran ciencia ficción. Los servicios de transporte y comunicaciones que permitieron que Fogg ganara su apuesta no existían una generación antes. Una combinación de tecnologías nuevas (como máquinas a vapor montadas sobre ruedas o barcos) y grandes inversiones en infraestructura (canales, vías férreas y puentes) habían cambiado radicalmente la forma en que se proveían los servicios de transporte y las comunicaciones.

Julio Verne sabía que la tecnología y la infraestructura están estrechamente relacionadas. Desde entonces, muchos otros han confirmado su observación. La infraestructura puede determinar la dirección y la intensidad del progreso tecnológico en diferentes sectores productivos. Por ejemplo, la disponibilidad

¹ Gran parte del texto de este capítulo proviene de Murphy (2020) y Puig Gabarró (2019), ambos trabajos elaborados para la preparación de esta edición del DIA.

de caminos y vías férreas estimuló la adopción de tecnologías que mejoraron la productividad en la agricultura, ya que brindó a los agricultores acceso a nuevos mercados. Y la infraestructura a menudo termina adaptándose a las necesidades de las innovaciones tecnológicas. Por ejemplo, el desarrollo de los aviones modernos generó una demanda de pistas de aterrizaje pavimentadas.

En los próximos años, los nexos entre la tecnología y la infraestructura serán cruciales porque el mundo está experimentando una transformación tan disruptiva como la de la época de Julio Verne, sobre todo en materia de transporte y energía. Muchos titulares de prensa se centran en innovaciones relacionadas con el transporte, como los vehículos autónomos, conectados, eléctricos y compartidos (capítulo 10). También se esperan grandes cambios en el sector de la energía, gracias al creciente rol de las fuentes de energía renovable (como la solar y la eólica) y al aumento de la capacidad y al abaratamiento de costos de las baterías para almacenamiento. Es probable que también evolucione la gobernanza de estos sectores. Las empresas eléctricas tradicionales, que han sido proveedores monopólicos y gestionado redes de distribución centralizadas, seguramente experimentarán cambios radicales en sus tamaños y modelos de negocios debido a la intensa competencia de los “prosumidores” (hogares y empresas que generan y venden electricidad) (capítulo 9). Y los subsectores de infraestructura estarán cada vez más interconectados. Las tecnologías de la comunicación serán un insumo clave y operarán como facilitadores de las innovaciones en los servicios de transporte, energía y agua. Sin una infraestructura de comunicaciones adecuada, los países no podrán aprovechar los efectos positivos que el cambio tecnológico puede tener en la accesibilidad, la calidad y el costo de los servicios de infraestructura. En cierto sentido, se prevé que las tecnologías digitales “ubericen” los servicios de infraestructura.

Como estos cambios son al menos tan radicales como los que inspiraron a Julio Verne, están destinados a generar ansiedad, sobre todo en América Latina y el Caribe, donde las modalidades de provisión de servicios casi no han cambiado en décadas. Si bien la mayoría de las transformaciones producirán efectos positivos, como nuevos empleos en la industria digital, redes de transporte más eficientes y sostenibles y servicios de energía más resilientes, algunas también podrán producir efectos negativos, como la disminución de la recaudación por impuestos a la gasolina, la pérdida de empleos en la cadena de suministro de la industria automotriz, y un aumento de la incidencia de los ciberdelitos y robos de datos personales. En muchos sentidos, estos efectos negativos deberían verse como costos de la transición, que necesitarán acción de los gobiernos para mitigarlos.

En los capítulos siguientes se sostiene que, tarde o temprano, los cambios positivos generados por la tecnología podrán más que compensar los

impactos negativos de la transición. Sin embargo, estos efectos dependen de un sólido compromiso para apoyar los cambios, algo prácticamente inexistente en la región. La mayoría de los países de América Latina y el Caribe están rezagados en la adopción de nuevas tecnologías (sobre todo en banda ancha) que pueden contribuir a desencadenar ganancias de productividad y posibilidades de un crecimiento mayor y más inclusivo (capítulo 12). En la mayoría de los países de la región la obsolescencia de la infraestructura de comunicaciones está retrasando las transformaciones tecnológicas necesarias para mejorar los servicios de infraestructura. La oportunidad para aumentar la competitividad de la región y el bienestar de su población depende de la voluntad de aprovechar al máximo el cambio tecnológico en la infraestructura de comunicaciones, tal como lo hicieron otras regiones.

Cada país debe elaborar su propio enfoque para adoptar tecnologías disruptivas. Este capítulo analiza los retos que la región debe abordar para impedir que el déficit en la infraestructura de comunicaciones frene los cambios tecnológicos necesarios para mejorar otros servicios de infraestructura. La historia demuestra que la rentabilidad de un cambio tecnológico masivo en infraestructura puede ser muy elevada si se gestiona adecuadamente. También subraya cuán fácil es desaprovechar las oportunidades por inercia y por seguir enfoques tradicionales. Por último, la historia enseña que cambios relativamente pequeños en la forma de pensar pueden llevar a los gobiernos a aprovechar al máximo estas oportunidades. Los cambios no son fáciles, pero son posibles. Y, lo que es aún más importante, son sorprendentemente sensibles a la voluntad política para emprenderlos o, sencillamente, para permitir que ocurran. La economía política del cambio, junto con detalles sobre la gestión del cambio en el sector de la infraestructura, es una de las grandes lecciones históricas presentadas en este capítulo.

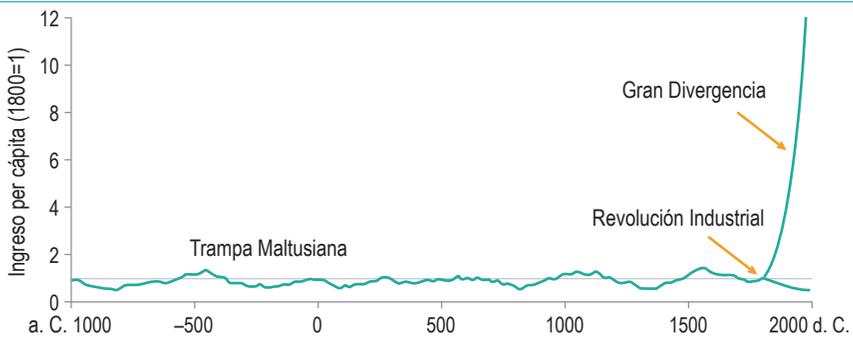
Infraestructura, tecnología y crecimiento

Durante gran parte de la historia de la humanidad, la manera en que vivían las personas cambió muy poco. Hasta hace unos 200 años, los niveles de vida variaban algo de una sociedad o período a otro, pero no había una tendencia general de largo plazo. Algunos individuos vivían mejor a finales de la Edad Media que sus pares de la Roma antigua, pero el habitante promedio no estaba en mejores condiciones y seguía en un nivel de subsistencia. Esto, sin embargo, cambió alrededor de 1800, cuando comenzó una era de crecimiento y prosperidad sin precedentes.

El patrón de “palo de hockey” del estancamiento a largo plazo (el mango del palo), con un crecimiento explosivo reciente y repentino (la pala) habitualmente se asocia con el gráfico del ingreso por habitante de

Clark (2007) reproducido aquí en el gráfico 5.1, pero se puede replicar utilizando otras aproximaciones para el nivel de vida, como los salarios reales, el crecimiento de la población, la urbanización y las medidas antropométricas (por ejemplo, la altura de las personas o la esperanza de vida). El mensaje principal es que el ingreso per cápita se mantuvo mayormente en un nivel de subsistencia durante mucho tiempo, con solo mejoras marginales o pasajeras en el nivel de vida, durante el período conocido como la Trampa Maltusiana. Después —hace apenas dos siglos— esto dejó de ser así. En algunas regiones del mundo, a partir de la Revolución Industrial, comenzó una época de crecimiento sostenido que generó una gran divergencia en los ingresos globales. Se suele coincidir en que el crecimiento económico durante la llamada Gran Divergencia fue en gran medida producto del cambio tecnológico constante y de la rápida innovación característicos de la Revolución Industrial.

Gráfico 5.1
Ingreso per cápita, 1000 a. C.-2000 d. C.



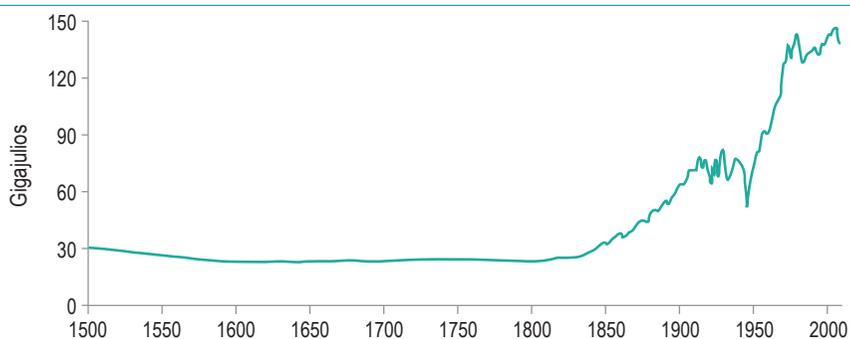
Fuente: Clark (2007).

Aunque ningún otro acontecimiento individual ha sido más estudiado en la historia económica, la Revolución Industrial aún genera debates encendidos. ¿Hubo realmente una “revolución”? ¿Cuán generalizada fue? ¿Por qué ocurrió en ese momento? ¿Por qué ocurrió en Inglaterra? Ninguna de estas preguntas tiene una respuesta única en la literatura, pero el debate ha generado innumerables perspectivas. Por un lado, si alguna vez hubo “disrupción”, este fue el caso. Y la mayoría de las disrupciones e innovaciones tecnológicas se relacionaron con el suministro de servicios de infraestructura.

El cambio tecnológico tuvo un impacto disruptivo en cómo se utilizó la energía. El increíble progreso económico de los últimos 200 años no podría haberse alcanzado sin un mayor acceso a la energía, que en la época preindustrial imponía un importante límite al crecimiento. Las nuevas tecnologías inauguraron el uso de vectores energéticos (por ejemplo, el carbón, el

petróleo o el gas natural) que antes habían sido utilizados solo de forma marginal, así como de fuentes completamente nuevas, sobre todo la electricidad (Kander, Malanima y Warde, 2013). Como puede apreciarse en el gráfico 5.2, el consumo de energía se disparó a medida que se volvió cada vez más barato.

Gráfico 5.2 Consumo de energía per cápita en Europa, 1500-2000



Fuente: Kander, Malanima y Warde (2013).

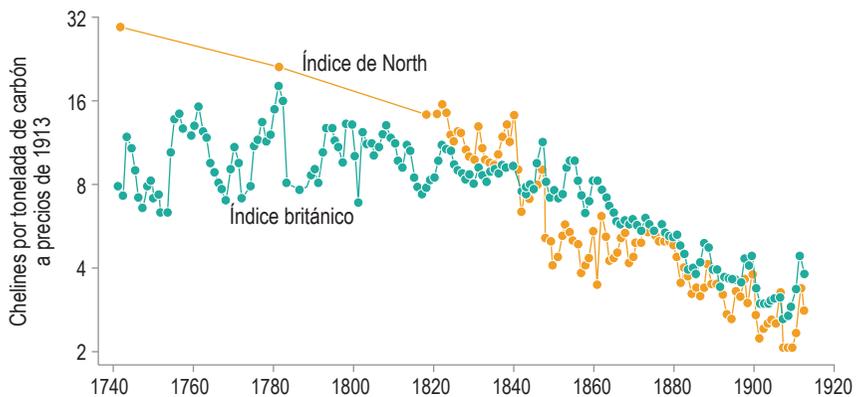
El método de aprovechamiento energético que dio el puntapié inicial a la Revolución Industrial fue la máquina de vapor. El vapor transformó de raíz numerosas industrias, pero puede argumentarse que su efecto en el transporte fue el que tuvo mayores consecuencias para la economía en su conjunto. En tiempos preindustriales, la inversión en infraestructura en canales fluviales y caminos contribuyó a expandir los mercados, pero las máquinas de vapor incorporadas a barcos y locomotoras llevaron la expansión a otro nivel. Los primeros fueron los barcos de vapor. Los primeros navíos comerciales aparecieron en los ríos a comienzos del siglo XIX, y el primer barco de vapor en cruzar el Atlántico lo hizo 1838. América Latina y el Caribe no fue inmune a este cambio tecnológico, aunque llegó tarde a la fiesta. La navegación a vapor del río Magdalena (1824) convirtió a Barranquilla en un importante centro de exportaciones de tabaco y café de Colombia durante el siglo XIX, permitiendo que los productores del interior tuvieran acceso a los mercados internacionales (Posada-Carbó, 1996).

Los ferrocarriles tardaron más en arrancar porque requerían más infraestructura. El primer servicio de ferrocarril entre ciudades, entre Manchester y Liverpool, se estableció recién en 1830. Pero desde entonces los kilómetros de vías férreas se ampliaron rápidamente en Gran Bretaña, a 10.500 km en 1850, 25.000 km en 1870 y 32.000 km en 1890. La expansión fue aún más veloz en Estados Unidos (14.000 km, 85.000 km y 187.000 km, respectivamente) (O'Rourke y Williamson, 1999). Una vez más, con un retraso y a una

escala mucho menor, América Latina y el Caribe construyó la infraestructura para aprovechar la locomoción a vapor. Argentina fue uno de los primeros países de la región en incorporar ferrocarriles: inauguró su primera vía férrea en 1857 y expandió su red a 16.000 km hacia finales del siglo XIX (Lobato y Suriano, 2000).

Innovaciones posteriores, como la introducción de sistemas de refrigeración, ampliaron la diversidad de productos que podían ser transportados en trenes y barcos de vapor. Estas mejoras fueron acompañadas por grandes proyectos de infraestructura, como la apertura en noviembre de 1869 del Canal de Suez, que acortó el viaje de Londres a Bombay de 19.600 km a 11.500 km. Como muestra el gráfico 5.3, el impacto en los costos de transporte fue considerable. Los precios de los fletes se desplomaron a partir de comienzos del siglo XIX, promoviendo una era de costos de transporte cada vez más baratos, que aún continúa.

Gráfico 5.3
Evolución de los costos de transporte, 1741-1913



Fuente: Harley (1988).

Nota: El Índice de North se elaboró para calcular las contribuciones del transporte marítimo a la balanza de pagos de Estados Unidos, de modo que los costos supuestos se ponderan en proporción con las exportaciones de Estados Unidos. El índice británico utiliza datos de las rutas navieras británicas más importantes a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX. La ponderación en el índice refleja aproximadamente el empleo del transporte naviero británico a comienzos del siglo XIX. Los índices fueron deflactados por el deflactor del producto nacional bruto de Reino Unido, y se muestran como un *ratio*.

El impacto del cambio tecnológico: bueno en general, pero no para todos

Sin duda, el cambio tecnológico en infraestructura ha traído beneficios enormes para la sociedad. William D. Nordhaus, Premio Nobel de Economía, documentó el notable aumento de productividad asociado con

las mejoras tecnológicas. En su famosa investigación sobre la iluminación (Nordhaus, 1996), compara las cantidades de luz en lúmenes (una medida de la cantidad de luz total visible emitida por una fuente) con las cantidades correspondientes de calor necesarias para generarlas, medidas en unidades térmicas británicas.² Durante la mayor parte de la historia del hombre, la luz artificial provino de quemar leña, que es una fuente de iluminación sumamente ineficiente: una hoguera produce solo 0,69 lúmenes por hora por cada 1.000 BTU, mientras que una lámpara de queroseno de mediados del siglo XIX generaba 46,6 lúmenes por hora. Las primeras lámparas producidas por Edison en 1883 generaban 762 lúmenes por hora por cada 1.000 BTU. En 1992, una bombilla fluorescente compacta producía 20.011 lúmenes por hora (Nordhaus, 1996). Es decir, utilizando la misma cantidad de energía, una bombilla fluorescente genera casi 30.000 veces más luz que quemar leña.

Pero si la tecnología es tan buena, ¿por qué generaría ansiedad en la sociedad? Hay dos grandes motivos (Mokyr, Vickers y Ziebarth, 2015). En primer lugar, las innovaciones que ahora son omnipresentes encontraban en sus comienzos oposición por razones morales o por miedo al cambio. Los automóviles causaban bastante terror cuando recién aparecieron. Una generación antes, en 1881, un redactor del *New York Times* se quejaba de que “la bicicleta es la amenaza más peligrosa jamás inventada para la vida y la propiedad. Hasta los caballos más mansos le tienen miedo”.³ Asimismo, hay una tendencia a identificar a las nuevas tecnologías como un privilegio para los ricos. Cuando aparecieron las noticias sobre la primera conversación telefónica entre Europa y América en 1914, el *Gettysburg Times* informó el 10 de julio que el “teléfono inalámbrico será demasiado caro para convertirse en un servicio público, pero será una ventaja para las personas privilegiadas”.⁴

El segundo tipo de ansiedades se relaciona con la idea de que la tecnología sustituirá el trabajo humano por máquinas. ¿Lo hace? Como describió vívidamente Schumpeter (1942), la tecnología es la fuerza motriz detrás del proceso de “destrucción creativa”. Lo antiguo es reemplazado por lo nuevo. Uno de los ejemplos más famosos de Schumpeter es el del Illinois Central Railroad que reemplazó al correo distribuido por carruajes a caballo (Andersen, 2002). A medida que se expandieron las vías férreas también lo hicieron las actividades relacionadas con ellas, empezando por la misma producción

² Una BTU es la cantidad de calor requerida para aumentar la temperatura de una libra de agua en 1 °F.

³ “A Test Bicycle Case. Shall the Machine Be Allowed in Central Park?” *New York Times*, 15 de julio de 1881.

⁴ “Wireless Telephone for Wealthy Only,” *Gettysburg Times*, 10 de julio de 1914.

de trenes y de los rieles sobre los cuales se desplazaban. Luego estaban los productos que serían transportados y las redes que conectaban a los productores y clientes con el ferrocarril. Todas estas actividades apuntalaron el desarrollo regional. Al mismo tiempo, sin embargo, muchos sistemas agrícolas y de cultivo que se utilizaban en el Medio Oeste fueron destruidos. A medida que se creaban medios de transporte más nuevos y eficientes desapareció todo un modo de vida. El correo mediante carruajes sería solo una de las víctimas directas. Los campesinos pasaron de la agricultura de subsistencia, cultivando aquello que necesitaban, a una agricultura más comercial, basada en cultivos que podían transportarse por ferrocarril para el mercado.

No siempre queda claro cuáles son los tipos de empleos que se destruyen. Acemoglu (2002) sostiene que la naturaleza de este proceso cambió radicalmente del siglo XIX al siglo XX. Entre la primera Revolución Industrial y la segunda (1870-1914), lo que ocurrió fue un proceso en el que, fundamentalmente, las máquinas reemplazaron la mano de obra calificada. Actualmente, la mayor preocupación respecto de los efectos en el empleo se centra en la automatización, sobre todo en el caso de trabajadores poco o medianamente calificados, cuyas tareas son susceptibles de ser sustituidas por sensores, robots y algoritmos. Se esperan efectos generalizados de la automatización en los servicios de infraestructura, desde sensores automatizados del agua que reemplazarán las mediciones que antes realizaban personas, hasta la inteligencia artificial, que puede responder a los reclamos de usuarios descontentos con los servicios de distribución de energía. Se anticipa que los efectos de la automatización serán más marcados en los servicios de transporte. La automatización reducirá los costos de la movilidad y de la logística y, por consiguiente, aumentará el ingreso disponible y la competitividad, pero sin duda también reducirá el empleo (por ejemplo, a medida que los conductores se vuelvan obsoletos). El capítulo 10 explora el alcance potencial de las pérdidas de empleos en la industria automotriz y en el transporte urbano de personas y mercancías. Sin duda se crearán nuevos empleos en servicios asociados con la nueva tecnología, pero muchos trabajadores perderán sus empleos actuales. Será necesario introducir programas de capacitación y redes de protección para mitigar y compensar esta pérdida.

El vínculo infraestructura-tecnología

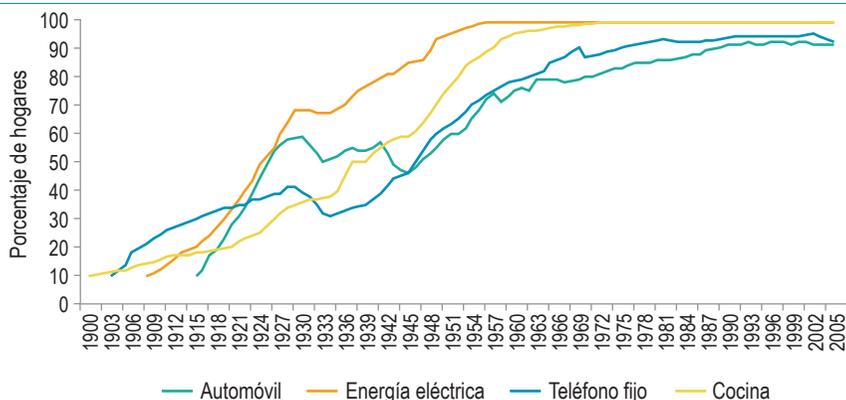
El debate anterior se centró en la relación simbiótica entre la tecnología y la infraestructura como fuentes de crecimiento. En efecto, la tecnología, la infraestructura y los servicios basados en la infraestructura están ligados íntimamente en muchos sentidos. Para empezar, la mejora tecnológica, junto con la infraestructura, conduce invariablemente a la creación de nuevos servicios:

La Europa del siglo XIX vivió una expansión masiva de vías férreas, líneas telegráficas, centrales eléctricas y cableado eléctrico, plantas y redes de gas y agua, seguidos en el cambio de siglo por tranvías y líneas telefónicas. Más allá del suministro de agua, estas industrias de infraestructura ofrecían nuevos servicios basados en innovaciones tecnológicas (Millward, 2005).

Aunque el supuesto más habitual sobre la relación entre infraestructura y servicios es que la infraestructura genera nuevos servicios, la relación entre ellos es más bien fluida: los servicios promueven la infraestructura y viceversa. El telégrafo (tecnología) no requería que se inventara la red de comunicaciones (infraestructura), pero la red fue necesaria para proporcionar comunicación a gran escala (servicios). De la misma manera, los caminos o los aeropuertos no eran necesarios para la invención de los automóviles o de los aviones, pero fueron absolutamente indispensables para que los consumidores adoptaran los nuevos inventos como medios de transporte.

Tanto la cantidad como la calidad de la infraestructura influyen en el ritmo de adopción de la tecnología. Para que la sociedad se beneficie todo lo posible de una nueva tecnología, la infraestructura debe ser la adecuada, como lo ilustran la rápida adquisición de aparatos eléctricos cuando la red eléctrica se desplegó y la proliferación de automóviles una vez que se construyeron las redes viales. El gráfico 5.4 presenta la evolución de la adopción de tecnología para diversos aparatos en los hogares de Estados Unidos a lo largo del siglo XX. Los patrones son bastante similares, pero

Gráfico 5.4
Adopción de tecnología en los hogares de Estados Unidos, 1900–2005



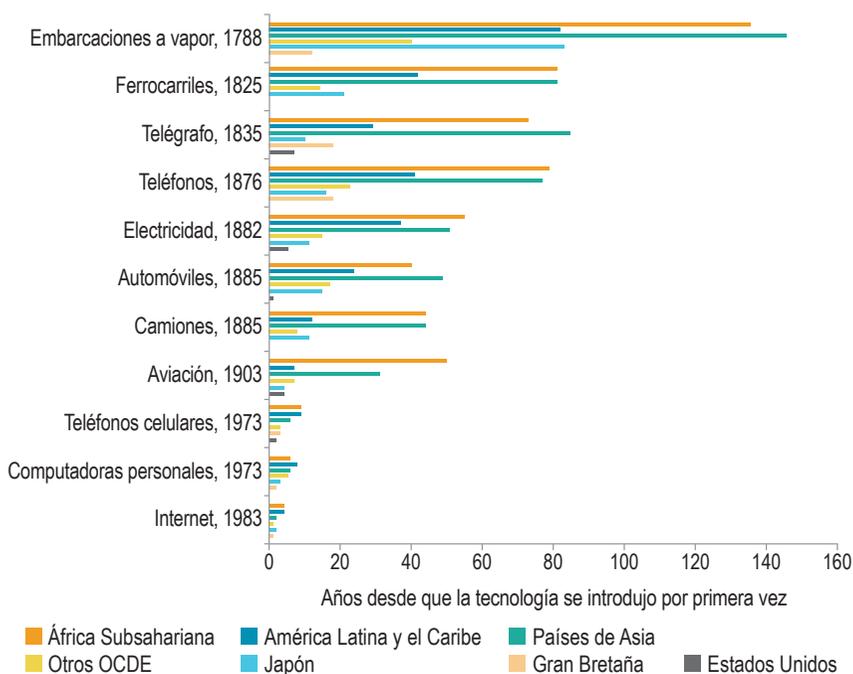
Fuente: Elaboración de los autores basada en información consultada en <https://www.visualcapitalist.com/rising-speed-technological-adoption/>.

algunos dispositivos requirieron más infraestructura que otros. Por ejemplo, las estufas no necesitan infraestructura y su ritmo de adquisición se vio en gran parte determinado por las fuentes alternativas de calefacción disponibles. En el otro extremo del espectro, la electricidad y los teléfonos requieren una red, y en estos casos el ritmo de adopción dependió de la velocidad con la que se construyó cada red. En el caso del teléfono, el proceso fue particularmente lento. Si bien se inventó en 1876, 75 años más tarde más de la mitad de los hogares todavía carecía de él. Los teléfonos necesitan una infraestructura masiva, dado que su utilidad depende de los efectos de red: las personas con las que queremos comunicarnos necesitan contar con un aparato telefónico para que podamos llamarlas. La electricidad también requiere una infraestructura masiva para la transmisión y distribución, pero la adopción en el caso de los consumidores no dependía de que otros consumidores estuvieran conectados, lo que probablemente explica por qué su adopción fue más rápida. Los automóviles son un caso interesante, porque cuando surgieron parte de la infraestructura ya existía —aunque para caballos y carruajes—, de modo que el comienzo de la adopción resultó relativamente sencillo. Después del puntapié inicial, las mejoras de los caminos y la tecnología de los automóviles tuvieron que evolucionar juntas para que una mayor adopción fuera posible.

El proceso de co-evolución de la tecnología, la infraestructura y los servicios dista de ser uniforme y, en muchos casos, las tecnologías nunca son adoptadas debido a retrasos en el desarrollo de la infraestructura. En otros, la infraestructura se vuelve redundante porque la tecnología no se desarrolló como se preveía inicialmente. El *idroscale* de Milán, Italia, es un ejemplo de cómo la tecnología no siempre avanza según los planes. Situado cerca de uno de los actuales aeropuertos de Milán (Linate), el *idroscale* es un lago artificial inaugurado en 1930, en el punto más alto de la fiebre del hidroavión, para ser utilizado como aeropuerto. Pero los hidroaviones de pasajeros nunca despegaron realmente, y el lago se convirtió en una instalación recreativa y deportiva. Más recientemente, durante la década de 1990, muchos países de América Latina y el Caribe adoptaron políticas públicas para proporcionar telefonía fija rural pública (subsidiada). Aunque al comienzo la iniciativa fue exitosa al proveer acceso a servicios de telecomunicaciones a poblaciones rurales aisladas, la tecnología de telefonía fija fue muy pronto superada por las telecomunicaciones móviles personales, lo cual convirtió en obsoletas a las inversiones anteriores. Ambos ejemplos ponen de relieve la importancia de considerar cuidadosamente los riesgos de comprometer recursos públicos para una determinada infraestructura en contextos tecnológicos en evolución y rápidamente cambiantes.

En este sentido hay dos aspectos relevantes de la adopción de la tecnología. El primero tiene que ver con el momento en que la tecnología se vuelve disponible y se utiliza por primera vez; y el segundo con la velocidad con que se difunde entre sus usuarios potenciales. Para evaluar el impacto de futuras innovaciones en la productividad y la calidad de vida, es fundamental entender cómo se desempeñó históricamente América Latina y el Caribe en cuanto a la difusión de tecnologías de invención reciente. El registro histórico es importante, dado que los retrasos del pasado son buenos predictores de las brechas futuras en la adopción de avances tecnológicos.⁵ El gráfico 5.5 muestra los intervalos de tiempo entre el descubrimiento y la primera introducción de varias tecnologías relacionadas con la infraestructura en diversas regiones del mundo.

Gráfico 5.5
Retrasos en la difusión de tecnología relacionada con infraestructura, por región



Fuente: CEPE/AC&A (2019), basado en información de Comin y Hobijn (2010).

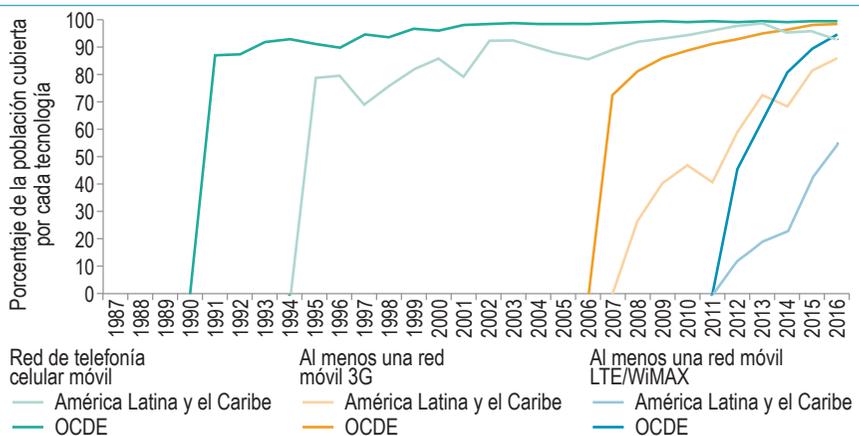
⁵ Comin, Easterly y Gong (2008) presentan evidencia sobre la importancia de la adopción de tecnologías en el pasado para determinar los usos de la tecnología actualmente.

El rezago promedio en la difusión de la tecnología ha disminuido a lo largo del tiempo en todo el mundo, pero la reducción en América Latina y el Caribe ha sido menor que en otras regiones, como Asia. La adopción de la tecnología de las comunicaciones es un buen ejemplo. América Latina y el Caribe se demoró un promedio de 41 años en adoptar los teléfonos después de su primer uso comercial en Estados Unidos en 1878, mientras que algunas de las economías asiáticas más dinámicas (Hong Kong, República de Corea y Singapur) tardaron 74 años en alcanzar ese mismo hito. Un siglo más tarde, la brecha en el tiempo de adopción de la telefonía celular fue de 6 años en aquellas economías asiáticas pero de 10 años en América Latina y el Caribe.

La infraestructura de la conectividad digital desempeñará el papel que la red eléctrica tuvo hace un siglo, y actuará como una limitación material para la adopción de nuevos dispositivos y tecnologías que transformarán la productividad y la calidad de vida. Sin acceso a la conectividad y a los servicios de banda ancha que esta permite, América Latina y el Caribe se encontrará en una situación de desventaja, dado que los servicios de infraestructura serán de menor calidad y más caros. El rezago temporal en la adopción de los estándares más recientes para las telecomunicaciones móviles en la región casi ha desaparecido; sin embargo, la velocidad de la difusión y la intensidad del uso siguen siendo un problema, ya que muchas personas de la región tardan en adoptar esta tecnología o quedan completamente marginadas (gráfico 5.6).

En los próximos años, los vínculos entre tecnología e infraestructura serán muy evidentes a medida que el mundo experimente transformaciones

Gráfico 5.6
Retrasos en el despliegue de las tecnologías de telecomunicaciones móviles, América Latina y el Caribe vs. OCDE, 1987-2016



Fuente: Indicadores ICT (WTI, por sus siglas en inglés); Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/wtid.aspx>.

disruptivas en la energía y el transporte. En este contexto, la conectividad digital es esencial para sacar el mayor provecho posible a las disrupciones. Sin una infraestructura de comunicaciones adecuada, los países no pueden aprovechar los efectos positivos que puede traer el cambio tecnológico en la accesibilidad, la calidad y el costo de los servicios de infraestructura.

Conectividad digital y banda ancha: conectarse para el futuro

Intentar predecir las disrupciones e innovaciones tecnológicas que darán forma al suministro de servicios de infraestructura es un ejercicio de ciencia ficción. Sin embargo, no cabe duda de que el acceso a la conectividad digital será indispensable en todos los escenarios imaginables. Tecnologías emergentes como los vehículos autónomos, herramientas virtuales que permiten a las empresas proveedoras de servicios monitorear su desempeño (por ejemplo, los “gemelos digitales”) y la comercialización de la electricidad generada por los hogares y las empresas, entre otras, requerirán una conectividad digital avanzada, extensiva y fiable.

La información se transmite de manera más eficiente en la forma de datos digitales enviados como señales eléctricas, ópticas o radioeléctricas a través de un medio de transmisión (por ejemplo, cables de cobre, cables de fibra óptica o espectro radioeléctrico). La infraestructura que sustenta los medios a través de los cuales fluyen los datos digitales, junto con sus transmisores y receptores, constituye la infraestructura de la conectividad digital; dicha infraestructura es necesaria para proporcionar los servicios de conectividad digital.

La infraestructura de conectividad digital abarca una amplia gama de tecnologías que posibilitan la transmisión de datos a prácticamente cualquier lugar. Desde los inicios de la conectividad analógica, el despliegue de la infraestructura se enfrentó a numerosas dificultades, la mayoría de ellas geográficas; sin embargo, hacia mediados del siglo XIX ya se habían desplegado cables de telégrafo cruzando los océanos.⁶ Hoy, el mundo está interconectado mediante cientos de cables submarinos de fibra óptica,⁷ miles de satélites⁸

⁶ En 1850, se tendió un cable telegráfico submarino entre Gran Bretaña y Francia; hacia finales del siglo XIX, se habían tendido 15 cables telegráficos transatlánticos. Véase <https://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=en&year=2007&issue=02&ipage=pioneers&ext=html>.

⁷ Actualmente hay más de 400 cables submarinos activos. Véase <https://www.submarine-cable-map.com/>.

⁸ Cada año se lanzan más de 100 nuevos satélites. Véase <http://www.eenewseurope.com/design-center/emerging-trends-satellite-communications-high-throughput-satellites-leo-meo-and-geo>.

e incontables enlaces de microondas (en los cerros), cables de fibra óptica (en torres de transmisión eléctrica y postes de distribución), cables de cobre (en conductos) y antenas móviles (en azoteas). Así, la disponibilidad de tecnologías complementarias ha hecho que la conectividad digital sea técnicamente viable en casi todo el mundo.

Los servicios de telecomunicaciones tradicionales —incluidos la telefonía fija y móvil, los mensajes de texto, el fax y las emisiones de radio y televisión— han confluído en servicios de banda ancha, que se están convirtiendo en la nueva plataforma común para brindar estos servicios tradicionales. Al mismo tiempo, los servicios digitales basados en el Protocolo de Internet (IP, por sus siglas en inglés) se están transformando en servicios (cuasi) sustituibles en relación con las alternativas tradicionales: voz por IP, aplicaciones de mensajería, correo electrónico, transmisión en línea de radio y televisión y contenidos audiovisuales a la carta son algunos de los ejemplos de esta transformación digital. Así, la mayoría de las nuevas tecnologías y aplicaciones digitales que requieren conectividad digital (como el Internet de las cosas, IoT por sus siglas en inglés) se están desarrollando en base al IP y utilizan servicios de banda ancha.

En diferentes sectores, la innovación está impulsada cada vez más por tecnologías digitales que requieren infraestructura de conectividad. La creciente capacidad, velocidad y asequibilidad del procesamiento y de la transmisión de datos digitales ha permitido el desarrollo de múltiples aplicaciones tecnológicas, incluyendo realidad aumentada, realidad virtual, traducción en tiempo real, *chatbots*, inteligencia artificial, aprendizaje automático, computación en la nube y vehículos autónomos. Dos de las innovaciones que serán particularmente importantes para los servicios de infraestructura son el IoT y los vehículos autónomos.

La aplicación del IoT consiste en numerosos dispositivos electrónicos (a menudo sensores) que intercambian información entre ellos y con nodos informáticos. Los dispositivos del IoT se pueden instalar en contextos muy diferentes, como en grandes zonas exteriores (sensores para medir el nivel del agua a lo largo de un río), interiores (sensores para medir el consumo de electricidad de los electrodomésticos), en entornos subterráneos (canalizaciones de agua) y en medios de transporte (barcos y aviones). Los vehículos autónomos (sin conductor) deben su autonomía a un conjunto incorporado de sistemas de sensores, comunicaciones y computación complejos y en constante interacción que permiten la toma de decisiones automática y precisa en tiempo real. A medida que haya más vehículos y caminos preparados para el funcionamiento autónomo, estos elementos interactuarán para aumentar la eficiencia y la seguridad del tráfico. Los vehículos intercambiarán datos continuamente entre sí para coordinar sus movimientos y evitar colisiones, y leerán

automáticamente señales y direcciones de tránsito y actuarán a partir de ellas. Para un despliegue masivo, tanto el IoT como los vehículos autónomos requerirán un alto nivel de infraestructura de conectividad digital y servicios relacionados, como satélites que cubran grandes zonas exteriores, Wi-Fi para edificios y 5G para comunicarse con dispositivos subterráneos y activos móviles.

Las innovaciones en las tecnologías de conectividad digital incorporadas en la infraestructura del futuro permitirán una amplia variedad de usos nuevos. Por ejemplo, la banda ancha móvil 5G es la tecnología de conectividad digital de última generación más prometedora porque ha mejorado significativamente (en órdenes de magnitud) la tecnología anterior (4G) en varias dimensiones clave del desempeño, como la velocidad de descarga, la fiabilidad del servicio y la capacidad de gestionar más cantidad de dispositivos conectados. Estos avances tecnológicos convierten al 5G en una tecnología adecuada para que los vehículos autónomos interactúen en tiempo real con otros vehículos y con los elementos del tráfico gracias a las comunicaciones ultra confiables del 5G. El 5G también es necesario para que los incontables sensores y nodos informáticos del IoT puedan intercambiar datos constantemente, lo que es necesario para el desarrollo de mercados de energía con *trading* activo por parte de hogares, empresas y los prestadores tradicionales de servicios públicos. Por lo tanto, incluso aquello que habitualmente se concibe como una tecnología única en realidad ofrece un conjunto de características que facilitan una amplia gama de usos (gráfico 5.7).

Gráfico 5.7
Tecnologías digitales viabilizadas por la adopción del 5G



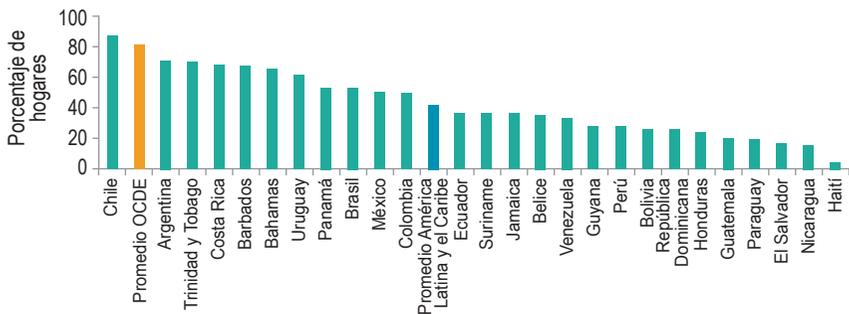
Fuente: Elaboración de los autores basada en UIT (2015).

Para aprovechar los futuros avances tecnológicos en los servicios de infraestructura, América Latina y el Caribe tendrá que desarrollar la estructura de conectividad digital necesaria. Sin embargo, la disponibilidad de infraestructura no será suficiente. Los usuarios necesitan poder acceder a la infraestructura y recibir servicios fiables y asequibles de conectividad. No obstante, un análisis de indicadores de acceso muestra que América Latina y el Caribe está por detrás de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en esa materia. El gráfico 5.8 ilustra la brecha de acceso: en América Latina y el Caribe, solo dos quintas partes de los hogares tienen acceso a Internet y solo dos terceras partes de la población tienen acceso a la banda ancha móvil.

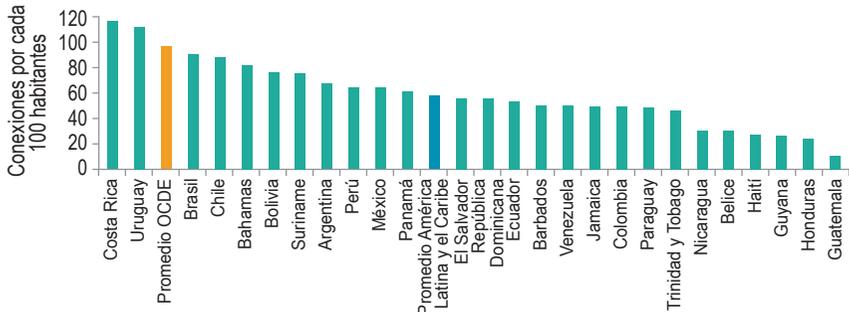
En América Latina y el Caribe el acceso a la infraestructura digital varía notablemente entre países y se observa la misma brecha de acceso urbano-rural que en otros servicios de infraestructura (véanse los capítulos 1 y 4). Como las inversiones en infraestructura de conectividad digital

Gráfico 5.8
Acceso a tecnologías de comunicación fija y móvil, América Latina y el Caribe vs. OCDE, 2018

Panel A. Hogares con acceso a Internet



Panel B. Penetración de la banda ancha móvil



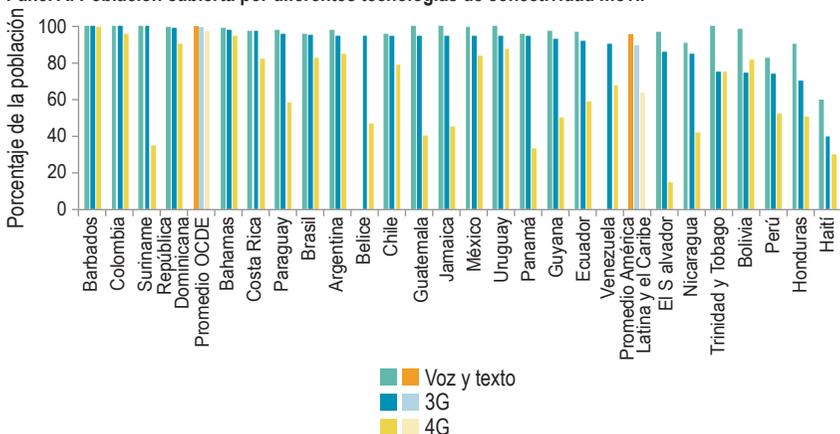
Fuente: Base de datos UIT World Telecommunication/Indicadores ICT (WTI) 2018.

tienden a recuperarse mediante pagos por suscripción, los inversionistas priorizan proyectos que atienden a las comunidades densamente pobladas: el despliegue tiende a comenzar en zonas urbanas (donde el acceso se acerca al 100% en la mayoría de la región) y de ahí se expande a zonas suburbanas antes de eventualmente llegar a zonas rurales. El resultado de esta dinámica de inversión es que, si bien la brecha de acceso en tecnologías maduras como la de la telefonía móvil casi se ha cerrado (hacia 2017, cerca del 89% de la población rural tenía cobertura de redes móviles-celulares, en comparación con el 93% de la OCDE), la brecha sigue bien abierta en las últimas tecnologías (en la región, solo el 76% de la población rural estaba cubierta por una red 3G en 2017, en comparación con el 87% de la OCDE).⁹

Para obtener todo el provecho posible de las tecnologías digitales se requiere no solo tener acceso a los servicios de conectividad sino también estándares de calidad adecuados. La información disponible revela que América Latina y el Caribe también tiene una brecha de calidad a cerrar en relación con la OCDE: en 2018, la cobertura de 4G en la población ascendía a un 97% en los países de la OCDE, mientras que América Latina y el Caribe solo alcanzaba al 62% de la población (gráfico 5.9,

Gráfico 5.9 Brechas de calidad en la conectividad digital, 2018

Panel A. Población cubierta por diferentes tecnologías de conectividad móvil



Fuente: Base de datos UIT World Telecommunication/Indicadores ICT (WTI) 2018.

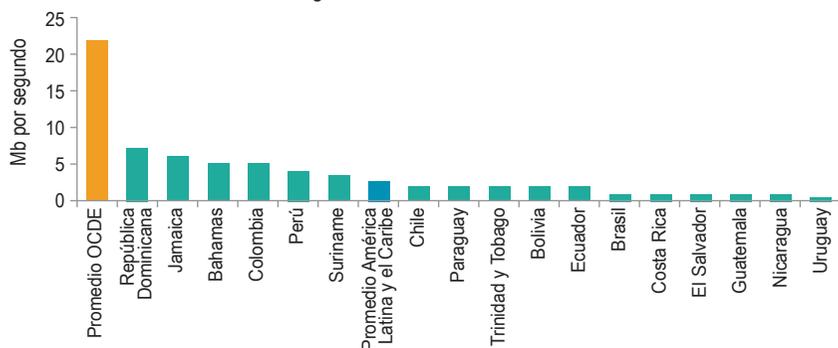
(continúa en la página siguiente)

⁹ Estimaciones de los autores basadas en información de la base de datos UIT World Telecommunication/Indicadores ICT (WTI) 2018.

Gráfico 5.9

Brechas de calidad en la conectividad digital, 2018 *(continuación)*

Panel B. Velocidad mínima de descarga de banda ancha móvil anunciada



Fuente: Base de datos de 2018 de DigiLAC del BID.

panel A). Pero incluso para aquellos con acceso al 4G, las velocidades de descarga disponibles en América Latina y el Caribe eran 10 veces más lentas que en los países de la OCDE (gráfico 5.9, panel B), limitando así los servicios y las soluciones digitales que pueden prestarse y, por lo tanto, su impacto en la productividad y en la calidad de vida.

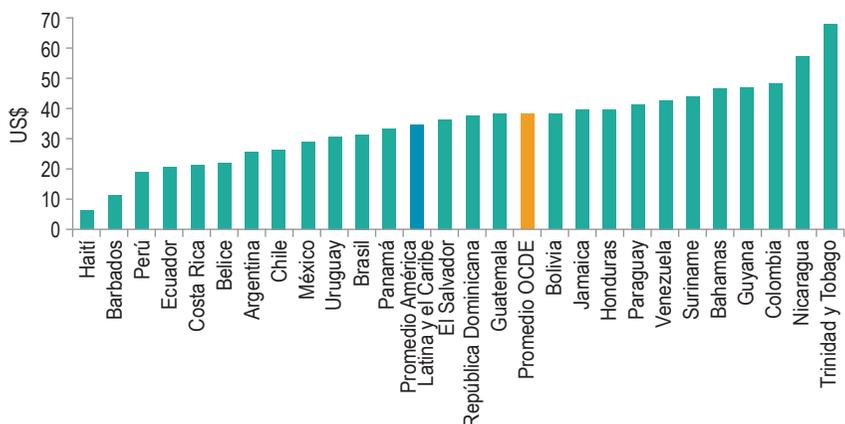
Más allá de las brechas en cobertura y calidad, no tiene sentido ofrecer acceso a servicios de conectividad digital si los usuarios no pueden pagarlos. En el caso del servicio de conectividad digital más popular del mundo en 2018, la banda ancha móvil 4G, el precio de suscripción mensual en América Latina y el Caribe era de US\$32,62 (medido en PPA), cifra apenas inferior a la tarifa de la OCDE (US\$39,13) (gráfico 5.10). En términos relativos, esto significa que el 40% más pobre de la población de los países de la OCDE gasta el 3% de su ingreso mensual para obtener un plan de banda ancha móvil básico de 1Gb (en línea con la meta de un costo mensual del 2% del ingreso nacional bruto per cápita establecido por la Comisión sobre la Banda Ancha de Naciones Unidas para el año 2025),¹⁰ pero en América Latina y el Caribe el mismo grupo de ingreso debe gastar un 10% de su ingreso mensual por el mismo servicio.¹¹ En la práctica, estos costos ponen al servicio fuera del alcance para una gran parte de la población, lo que exacerba la desigualdad tanto de acceso como de calidad.

¹⁰ Comisión sobre la Banda Ancha de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (2018).

¹¹ Véanse los datos de 2018 de la base de datos de DigiLAC del BID.

Gráfico 5.10

Precio minorista de una suscripción de banda ancha móvil



Fuente: Base de datos 2018 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)/Indicadores ITC (WTI).

Nota: Una suscripción incluye llamadas locales más 1 GB de datos.

EL PRECIO DE UNA SUSCRIPCIÓN DE BANDA ANCHA MÓVIL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE ES ELEVADO EN RELACIÓN CON LOS NIVELES DE INGRESO, LO CUAL DEJA AL SERVICIO FUERA DEL ALCANCE DE LOS MÁS POBRES DE LA REGIÓN.

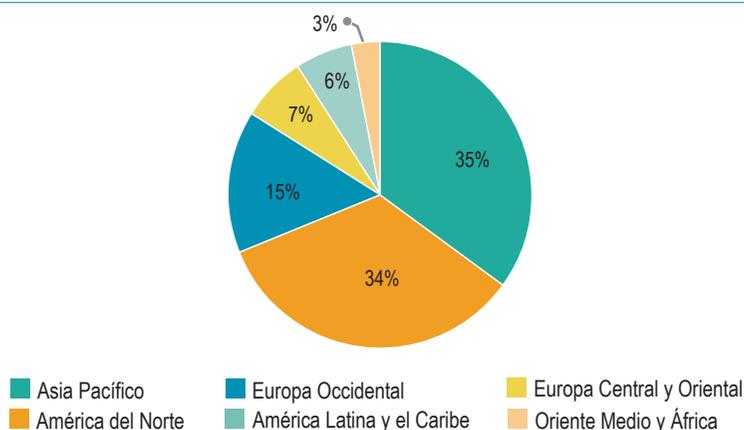
No es de extrañar que la falta de acceso a los servicios de conectividad digital, la baja calidad de los mismos y el relativamente elevado *ratio* precio/ingreso se traduzca en una baja adopción y uso de las tecnologías digitales. Numerosos indicadores sugieren que hay margen para aumentar el uso de la conectividad digital: América Latina y el Caribe cuenta con 2,1 dispositivos digitales¹² per cápita, cifra muy inferior a la de América del Norte (8,0) y Europa Occidental (5,4) y ligeramente más baja que el promedio global (2,4) (Cisco, 2020). En 2017, América Latina y el Caribe representaba el 5,7% del total de tráfico digital de datos en todo el mundo, porcentaje menor a su participación en la economía (6,5%) y en la población mundial (8%) (gráfico 5.11)¹³.

No hay estudios que expliquen integralmente la brecha en el acceso y el uso de la conectividad digital entre América Latina y el Caribe y la

¹² Incluye *smartphones*, televisores, computadoras personales, máquinas conectadas, tabletas y teléfonos no inteligentes.

¹³ El peso estimado de la región sobre el total de la economía y población mundial se basa en información de los Indicadores del Desarrollo Mundial del Banco Mundial para el año 2018.

Gráfico 5.11 Participación del tráfico total de datos digitales a nivel mundial por región (porcentaje)



Fuente: Cisco (2020).

OCDE. Lo más probable es que ese pobre desempeño de la región se deba a la combinación de sistemas regulatorios inadecuados y características limitantes tanto en la oferta como en la demanda de los servicios de conectividad digital. Parte de la respuesta al pobre desempeño puede estar en la antigüedad de los marcos normativos vigentes en América Latina (Prats Cabrera y Puig Gabarró, 2017). Solo un tercio de los países de la región adoptó o actualizó leyes que regulan el sector de las comunicaciones después de 2010, mientras que la mitad de los países cuenta con leyes que fueron aprobadas en el siglo XX y que han sido renovadas solo parcialmente desde entonces.¹⁴

Mejorar la competencia *en y por* el mercado es una importante vía para reducir los costos de los servicios. El estado actual de la competencia en el suministro de servicios de conectividad también muestra diferencias en relación con la OCDE. El índice Herfindahl Hirschman, que mide la concentración y proporciona información sobre la intensidad de la competencia en el mercado, revela que en 2018 el mercado de banda ancha móvil estaba un 30% menos concentrado en la OCDE que en América Latina y el Caribe.¹⁵

¹⁴ Véase Prats Cabrera y Puig Gabarró (2017).

¹⁵ Véanse los datos de 2018 de DigiLAC del BID. El índice Herfindahl Hirschman mide la concentración del mercado teniendo en cuenta el tamaño de un mercado y el tamaño y número de sus partes interesadas.

Perú provee un ejemplo de una iniciativa de política para aumentar la competencia en el mercado. En 2014, el precio para una conexión de banda ancha mayorista superaba los US\$200 por Mbps.¹⁶ El precio era alto en parte porque los operadores nacionales de telecomunicaciones más importantes estaban verticalmente integrados, lo que implicaba que el servicio mayorista no era su principal línea de negocios. Además, el operador principal tenía el 83% del mercado de banda ancha fija, el 59% del mercado de TV de pago y el 54% de la telefonía y banda ancha móvil.¹⁷ En este contexto, Perú decidió priorizar la asequibilidad de los servicios de banda ancha en el diseño de la licitación pública para desarrollar la Red Dorsal Nacional de Operadores Mayoristas. La licitación se adjudicaría a la oferta que requiriera el menor subsidio para desplegar una red de fibra óptica de 13.500 km en todo el país y brindar los servicios por un precio fijo de US\$27 por Mbps. El ganador tendría el derecho exclusivo para construir y operar la red de fibra óptica nacional de propiedad estatal durante 20 años.¹⁸ Solo tres años después del ingreso del nuevo competidor, el precio mayorista de servicios de banda ancha cayó a US\$30, cerca del precio estipulado en la licitación (OSIPTEL, 2017).

Chile provee otro ejemplo de cómo la intervención pública puede contribuir a aumentar la competencia. Actualmente, la región de Magallanes, en el extremo sur del país, tiene servicios de banda ancha limitados, provistos utilizando cables de fibra óptica privados que pasan por la vecina Argentina. Esta limitación reduce la accesibilidad y la asequibilidad de los servicios. Para abordar el problema de la conectividad limitada, y en el contexto de un plan nacional que busca llegar con cable de fibra óptica a todas las zonas urbanas con más de 5.000 habitantes, el gobierno desplegó 2.800 km de cable de fibra óptica submarino (Fibra Óptica Austral), gestionado por concesionarios privados. Las licitaciones para asignar esas concesiones incluían un subsidio de US\$100 millones para garantizar el acceso abierto a la infraestructura, lo que se prevé que permitirá el ingreso de nuevos proveedores al mercado y hará que bajen los precios del servicio.

La tecnología podría ser la herramienta más efectiva para aumentar la competencia en el mercado de la infraestructura de conectividad. Si los prometedores avances tecnológicos de los últimos años (por ejemplo,

¹⁶ Véase Mellado (2014).

¹⁷ Telesemana, disponible en <https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado/peru/>.

¹⁸ Véase <https://andina.pe/agencia/noticia-consorcio-tv-azteca-tendai-mexico-ejecutara-proyecto-red-dorsal-fibra-optica-487834.aspx>.

globos, drones, constelaciones de satélites pequeños, acceso compartido al espectro dinámico automatizado) alcanzan suficiente madurez técnica y viabilidad comercial para ser adoptados, podrían ser disruptivos respecto del despliegue de la infraestructura de conectividad digital tradicional y permitir servicios de conectividad de mejor calidad y más asequibles. Estos avances podrían facilitar una llegada más rápida a comunidades sin servicio o escasamente atendidas, así como desarrollar nuevos usos gracias a la presencia de nuevos servicios de mejor calidad (principalmente 5G). Como en el caso de los globos de Google, el cambio a veces proviene de empresas de otros sectores que ven al mercado de infraestructura de conectividad digital como una limitación a sus negocios y están dispuestas a intervenir, aumentar la competencia e introducir nuevos modelos de negocios. Ya hay importantes actores en el mercado del contenido digital y la publicidad en línea (como Facebook o Google) que han ingresado en los mercados globales de la conectividad digital (por ejemplo, Facebook Messenger, Google Voice) y en la infraestructura que la sostiene. Algunas de estas empresas incluso ya han desplegado tanto cables de fibra óptica terrestres (Facebook ha invertido en Uganda¹⁹ y Google en Ghana, Liberia y Uganda)²⁰ como cables de fibra óptica submarinos internacionales (Facebook ha invertido en un cable submarino que conecta Argentina y Brasil²¹ y Google ha instalado un cable submarino que conecta Brasil y Uruguay).²²

Además de los avances tecnológicos y los modelos de negocios disruptivos, hay otras medidas de políticas que pueden promover la competencia *por* y *en* el mercado. Una política concreta es mejorar la asignación y la gestión del espectro radioeléctrico. El espectro radioeléctrico es un recurso escaso en cualquier tiempo y lugar, lo cual significa que se puede utilizar solo una cantidad finita del espectro y no se puede

¹⁹ Facebook, en conjunto con Airtel Uganda y Bandwidth and Cloud Services Group, ha invertido en Uganda en una red de cable de fibra óptica terrestre compartida de 770 km que llega a más de 3 millones de personas y que en el futuro permitirá la conectividad transfronteriza (véase <https://code.fb.com/connectivity/airtel-and-bcs-with-support-from-facebook-to-build-shared-fiber-backhaul-connectivity-in-uganda/>).

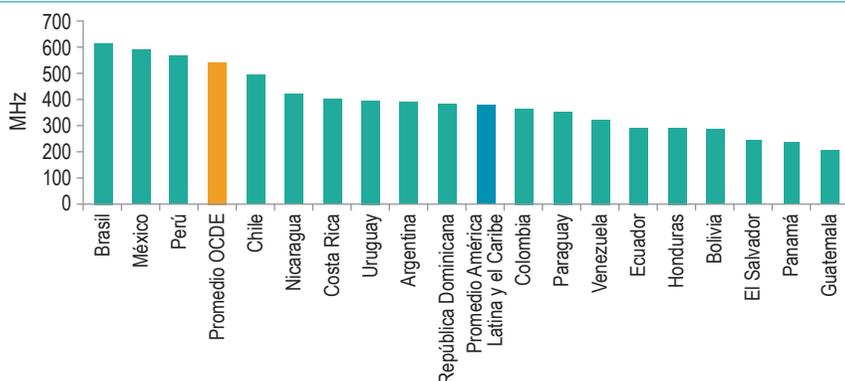
²⁰ Google se ha asociado con otros inversionistas para crear CSquared para desplegar un cable de fibra óptica terrestre en Ghana (1.000 km en Accra, Tema y Kumasi), Liberia (200 km) y Uganda (Kampala). Véase <http://www.csquared.com/>.

²¹ El cable submarino Malbec, propiedad de Facebook y GlobeNet, conectará a Argentina (Las Toninas) con Brasil (Praia Grande, Rio de Janeiro). Véase <https://www.submarinecablemap.com/#/submarine-cable/malbec>.

²² El cable submarino Tannat, propiedad de Google y Antel Uruguay, conecta a Brasil (Santos) con Uruguay (Maldonado). Véase <https://www.submarinecablemap.com/#/submarine-cable/tannat>.

almacenar. Si se administra de manera ineficiente, esto puede ocasionar inversión insuficiente en telecomunicaciones inalámbricas, una cobertura inadecuada de dichos servicios, baja calidad y altos precios.²³ Los países interesados en promover la competencia deben diseñar licitaciones para asignar el espacio libre del espectro radioeléctrico a nuevos competidores en el mercado de las telecomunicaciones y permitirles alquilar, transferir y donar el espectro no utilizado o subutilizado en un mercado secundario para dar lugar a un uso más eficiente.²⁴ El gráfico 5.12 muestra que los países de América Latina y el Caribe solo destinan, en promedio, 380 MHz del espectro radioeléctrico a las comunicaciones móviles, un 30% menos que el promedio de la OCDE. La región presenta una enorme heterogeneidad: el porcentaje del espectro radioeléctrico reservado a las telecomunicaciones móviles en países como Brasil, México y Perú es similar al de la OCDE, pero en El Salvador, Guatemala y Panamá se podría asignar mucho más.

Gráfico 5.12
Espacio del espectro radioeléctrico asignado a las comunicaciones móviles, América Latina y el Caribe vs. OCDE



Fuente: 5G Americas (2019).

Otra medida de política que podría favorecer la competencia en la provisión de servicios de conectividad es incentivar la participación de operadores virtuales de redes móviles (MVNO, por sus siglas en inglés).

²³ Véase OCDE/BID (2016).

²⁴ Costa Rica (2008), Colombia (2009), Argentina (2014), México (2014) y Brasil (2016) han aprobado recientemente leyes que permiten alquilar, transferir o donar un espectro asignado con la autorización de la autoridad competente.

Los MVNO son operadores minoristas que ofrecen servicios de conectividad basados en infraestructura de comunicaciones de la que no son propietarios. Para que los MVNO sean exitosos, los marcos regulatorios deben establecer reglas efectivas de acceso abierto a la infraestructura de conectividad disponible. Los MVNO todavía son actores emergentes en América Latina y el Caribe, pero en otros países han conseguido una parte relevante del mercado. Así ocurrió en el Reino Unido, donde los MVNO tienen un porcentaje del 16% del total de las suscripciones móviles, España (11%) e Italia (7%); en la región se destaca Colombia, con una participación del 8%.²⁵ Más allá de las políticas específicas para gestionar el espectro radioeléctrico y fomentar la introducción de los MVNO, la competencia en el sector aumentaría si las autoridades de la competencia fueran más proactivas para garantizar un campo de juego nivelado para los agentes ya establecidos y los nuevos jugadores, y para asegurar una competencia fuerte en y por el mercado en la industria de las telecomunicaciones.

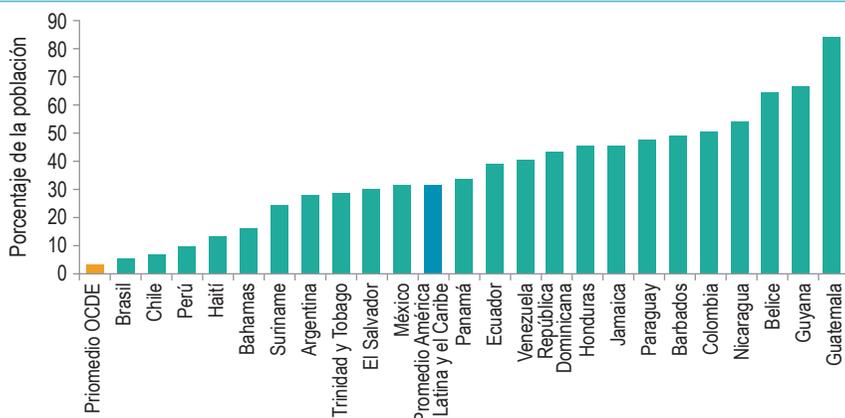
La falta de competencia, el despliegue lento de las innovaciones tecnológicas y un mercado que ofrece un menú restringido de opciones de relación precio-calidad de servicios constituyen factores limitantes del lado de la oferta en el desarrollo del mercado de servicios de conectividad. Pero enfocarse únicamente en las limitaciones del lado de la oferta implica ignorar el papel de la demanda como un factor clave del desempeño del mercado. Hay dos características de la demanda en la región que también son clave para explicar el estado actual de los servicios de conectividad: el bajo ingreso disponible para pagar los servicios y la falta de habilidades (alfabetización digital) para entender y aprovechar estos servicios al máximo.

La combinación de precios relativamente altos y una baja capacidad para pagar y utilizar los servicios de comunicación digital son factores que obstaculizan su adopción, sobre todo entre los pobres. En muchos países, el mercado no ha alcanzado su pleno potencial de demanda (gráfico 5.13). En 2018, un tercio de la población que vivía en zonas cubiertas por redes 3G en América Latina y el Caribe no estaba suscrita a servicios móviles, en comparación con solo el 3% en los países de la OCDE.

Varios países desarrollados incluyen en sus estrategias nacionales de banda ancha la necesidad de proporcionar un subsidio directo para garantizar el acceso. En Estados Unidos, la Comisión Federal de Comunicaciones implementó a partir de 2016 un programa, llamado Lifeline Support for Affordable Communications, focalizado en los suscriptores de bajos ingresos. El programa consiste en una subvención mensual de

²⁵ IFT (2019).

Gráfico 5.13 Personas no suscritas a los servicios 3G



Fuente: Base de datos de 2018 de DigiLAC del BID; base de datos UIT World Telecommunication/ Indicadores ICT (WTI) 2018.

Nota: Este gráfico representa el porcentaje de la población no suscrita a los servicios de comunicación 3G a pesar de encontrarse en una zona geográfica donde los servicios 3G están disponibles. Puede que el porcentaje real esté subestimado, dado que la información disponible solo se refiere a las suscripciones y no a los suscriptores individuales; por lo tanto, puede haber personas con más de una suscripción a los servicios 3G que estarán contadas dos veces.

LA COBERTURA NO ALCANZA: EN MUCHOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE UN ALTO PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN NO ESTÁ SUSCRITA A SERVICIOS DE COMUNICACIONES.

US\$9,25 para los pagos de servicios de banda ancha por cable o inalámbricos.²⁶ En Noruega, el gobierno fue incluso más allá al proponer incluir la banda ancha con velocidades de descarga de 10 Mbps o 20 Mbps y velocidades de carga de 2 Mbps en la obligación de cobertura universal del país.²⁷

Desafortunadamente, los subsidios directos focalizados en servicios de telecomunicaciones para usuarios finales no son una política habitual en la región. Sin embargo, algunos países han adoptado un enfoque indirecto de subsidios agrupando en licitaciones el derecho a prestar servicio en zonas rentables junto con la obligación de proporcionar acceso a zonas remotas y de altos costos; esto equivale a establecer subsidios cruzados de facto a la prestación del servicio en los lugares más distantes. Un ejemplo de este

²⁶ Véase la página <https://www.fcc.gov/consumers/guides/lifeline-support-affordable-communications>.

²⁷ Consúltense el enlace <https://ovum.informa.com/resources/product-content/norwegian-government-consults-on-extending-usage-to-include-basic-broadband-glb005-000186>.

tipo de política es lo que hizo el gobierno federal de México con el proyecto Red Compartida. La licitación pública para otorgar un bloque de espectro radioeléctrico de alto valor y el derecho a desplegar y gestionar la Red Compartida mayorista nacional se adjudicó mediante un mecanismo que designaba al ganador en función del porcentaje más alto de la población a cubrir con la infraestructura de banda ancha móvil de 4G. El ganador se comprometió a proporcionar una señal de banda ancha móvil 4G al 92% de la población hacia 2024, a cambio de una concesión exclusiva de 20 años para brindar dichos servicios. Esta política es un ejemplo de un subsidio cruzado implementado por una política pública para promover el despliegue de infraestructura de conectividad digital en zonas geográficas que no son atractivas desde el punto de vista financiero para un inversionista privado, pero que entrañan retornos sociales que superan al rendimiento financiero directo.

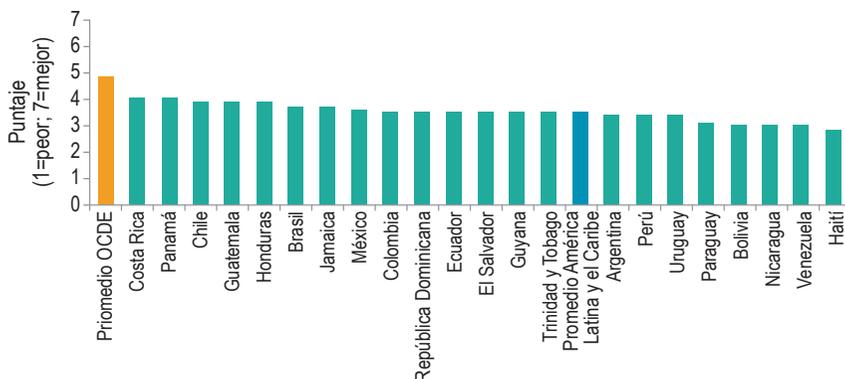
La decisión de suscribirse a los servicios depende no solo de la capacidad de los consumidores de pagar por los servicios, sino también de su percepción del beneficio que puede obtener utilizándolos. A su vez, la utilidad y la capacidad de usarlos dependen sustancialmente de la información disponible y las habilidades digitales del usuario. Evaluar cuáles son las habilidades necesarias es una tarea difícil dada la amplia gama de usos posibles de las tecnologías. DigiLAC, una iniciativa del BID para mejorar la disponibilidad de datos sobre servicios de banda ancha y su impacto en el desarrollo, produce dos índices sintéticos que permiten evaluar el uso y el impacto de los servicios digitales en los negocios y para fines educativos en las escuelas. La información se basa en encuestas y en la recopilación de datos sobre acceso y uso de las tecnologías digitales.²⁸ La información disponible indica que los países de América Latina y el Caribe tienen un desempeño muy inferior al de los países integrantes de la OCDE en ambas métricas (con la notable excepción de Uruguay en el uso de Internet en la escuela, después de varios años de constantes iniciativas digitales en el ámbito de la educación). Estos resultados muestran que el uso de los servicios de conectividad se encuentra muy lejos de su pleno potencial (gráfico 5.14).

Varios países de la región han tomado medidas para cerrar la brecha de habilidades. Perú (Perú Educa) y México (@prende 2.0) han implementado programas nacionales enfocados en mejorar las habilidades digitales en las escuelas, tanto de alumnos como de maestros. La capacitación comprende la reparación de *hardware*, la utilización y la solución de problemas de diferentes tipos de *software* e incluso el aprendizaje de principios

²⁸ Véase <https://digilac.iadb.org/en>.

Gráfico 5.14 Uso de Internet en el trabajo y la escuela

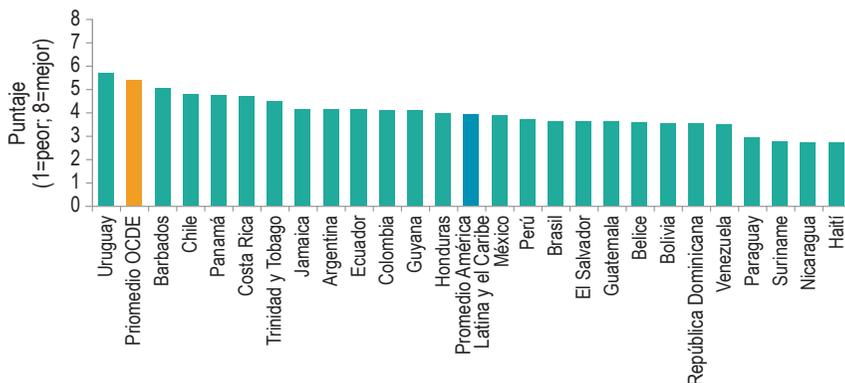
Panel A. Índice del uso de Internet en las empresas



Fuente: Base de datos de 2018 de DigiLAC del BID e Índice Networked Readiness de 2018 del FEM.

Nota: El índice del uso comercial de Internet mide el alcance del uso de Internet comercial, así como los esfuerzos de las empresas en una economía para integrar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en un contexto interno de conocimientos tecnológicos y favorecedor de la innovación que genere aumentos de la productividad. Por consiguiente, mide la capacidad de absorción de tecnología de la empresa, así como su capacidad general para innovar, la reducción de innovaciones tecnológicas medidas por el número de aplicaciones de patentes en el marco del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes, o la medida del personal capacitado, de modo que la administración y los empleados están mejor capacitados para identificar y desarrollar innovaciones comerciales. El índice va de 1 (peor) a 7 (mejor).

Panel B. Índice del uso de Internet en la escuela



Fuente: Base de datos de 2018 de DigiLAC del BID e Índice Networked Readiness de 2018 del FEM.

Nota: El índice del uso de Internet en la escuela es una evaluación basada en encuestas sobre la preparación y la efectividad en el uso de los recursos de Internet en la escuela. El índice va de 1 (peor) a 8 (mejor).

básicos de seguridad en línea para garantizar la privacidad de los datos. Las iniciativas han tenido un amplio alcance: por ejemplo, el programa peruano formó a 25.000 profesores a nivel nacional y les ofreció 107 cursos en línea diferentes. El programa @prende 2.0 estableció el objetivo de modernizar 3.000 escuelas en el país con aulas digitales completamente

equipadas. Otros países se han centrado más en mejorar las habilidades de poblaciones vulnerables. Por ejemplo, Costa Rica desarrolló el Programa Institucional para la Persona Adulta y Adulta Mayor para reducir la brecha digital intergeneracional de habilidades enseñando tecnologías digitales a los adultos mayores de 60 años. Con un enfoque diferente, Trinidad y Tobago institucionalizó una Agencia Nacional de Capacitación para contribuir a recapacitar a personas desempleadas enfocándose en las habilidades digitales como herramienta para encontrar nuevas oportunidades de empleo. A pesar de estos valiosos esfuerzos, todavía hay espacio para la mejora en la región. La reducción de la brecha de habilidades es crucial para que las oportunidades que ofrece la tecnología digital estén disponibles para todos, especialmente las poblaciones vulnerables, como las personas pobres, los jóvenes y los adultos mayores.

Por último, otro factor de la demanda que puede aumentar el valor para los usuarios de servicios de banda ancha es la implementación de prácticas de gobierno electrónico. El gobierno electrónico permite que ciudadanos y empresas tengan acceso remoto a información, obtengan certificados y paguen impuestos, entre otras interacciones. La creación de una estrategia de gobierno electrónico exitosa tiene el potencial no solo de aumentar la demanda de servicios de banda ancha sino también de hacerlo de manera inclusiva, mejorando la igualdad geográfica, la transparencia y la participación ciudadana en el proceso gubernamental.

Hacia adelante: políticas para mejorar la conectividad digital

El progreso tecnológico ha moldeado la demanda de infraestructura y ha creado nuevos servicios. En el futuro, la demanda y oferta de los servicios de transporte, energía y agua y saneamiento dependerá de la disponibilidad y la calidad de la infraestructura de comunicaciones y de los servicios digitales que se brindan utilizándola. Por lo tanto, es imperativo que los países de América Latina y el Caribe adopten hoy políticas que contribuyan a desarrollar la infraestructura de comunicaciones para alcanzar la cobertura universal y que promuevan al mismo tiempo un mercado dinámico de servicios digitales.

Los países de la región deberán crear e implementar una agenda digital y un plan nacional de banda ancha. Como las tecnologías digitales afectarán a todos los sectores económicos, se requiere una coordinación eficiente. Con ese fin, es necesario contar con instituciones y un modelo de gobernanza robusto para avanzar en la agenda digital. La agenda debe identificar indicadores de desempeño clave para mejorar la transparencia, y su implementación debe quedar en manos de sólidas instituciones

públicas en consulta permanente con el sector privado para realizar un seguimiento de un sector dinámico, susceptible de sufrir constantes shocks tecnológicos. Los cambios más importantes a realizar en el marco regulatorio se presentan en el recuadro 5.1.

Recuadro 5.1

Guías regulatorias para catalizar los beneficios de la conectividad digital

El mercado de las telecomunicaciones está en permanente cambio gracias a la continua evolución tecnológica. El incremento en el volumen de tráfico de datos, la caída del ingreso promedio por usuario y la permanente necesidad de continuar invirtiendo para satisfacer la creciente demanda de mejores servicios por parte de los consumidores, factores que se explican por la evolución tecnológica, son tendencias que desafían los modelos de negocios y provocan una rápida obsolescencia de los marcos regulatorios. Sin embargo, la innovación tecnológica también brinda nuevas oportunidades para incrementar el acceso a los servicios y brindarlos con una mejor calidad y a menores precios. Para que los posibles beneficios de la digitalización sean una realidad y se puedan manejar adecuadamente los desafíos más acuciantes, es esencial establecer un marco regulatorio apropiado. A pesar de que no hay una receta única, a continuación se proponen algunos instrumentos y políticas a considerar para abordar dicha tarea.

Acceso abierto a la infraestructura digital. Muchos mercados de América Latina y el Caribe no tienen la escala mínima para permitir la competencia entre redes de infraestructura digital. Ello implica que construir más de una red no genera suficientes retornos financieros para cubrir los costos de la inversión. En estos casos, un régimen de regulación de acceso abierto, que establezca los precios y derechos de uso será instrumental para evitar realizar inversiones innecesarias y para aprovechar la capacidad instalada. Además, un régimen regulatorio de acceso abierto bien diseñado puede fomentar la competencia en el mercado de servicios de conectividad digital que se prestan utilizando la infraestructura compartida (por ejemplo, a través de MVNO).

Promover la competencia siempre que sea posible. El sector privado ha liderado la oferta de conectividad y de servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe y en todo el mundo. La competencia y la innovación han generado nuevos modelos de negocios y han ampliado la cobertura geográfica. La disminución de las barreras de entrada debe ser una prioridad de política. Un ejemplo concreto es la asignación del espectro radioeléctrico. La adopción de marcos de gestión ágiles y flexibles del espectro de radiofrecuencia y la asignación de bloques del espectro que todavía no fueron asignados son medidas clave que pueden contribuir

a reducir las barreras de entrada, favorecer modelos de negocios innovadores, maximizar el uso de este recurso escaso y valioso y —como resultado— aumentar la competencia en la provisión de servicios. El objetivo último de fomentar la competencia debe ser mejorar la asequibilidad y calidad de los servicios, volviéndolos más atractivos y susceptibles de ser adoptados por los usuarios.

Implementar una política de subsidios adecuadamente focalizados para lograr el acceso universal y promover el uso de servicios de comunicación entre aquellos que no pueden pagarlos.

Los subsidios públicos a los servicios de conectividad digital en América Latina y el Caribe han estado destinados a disminuir las necesidades de capital en el despliegue de infraestructura para ampliar la cobertura geográfica y contribuir al acceso universal. En la búsqueda de este objetivo, los gobiernos a menudo incluyen incentivos en las licitaciones públicas, como aportes de fondos públicos, o acceso al financiamiento en condiciones favorables. Los subsidios a la demanda focalizados por ingresos no han sido habituales en el menú de opciones de políticas de la región. Por lo tanto, en América Latina y el Caribe los subsidios públicos están diseñados más a menudo para conseguir que los servicios de conectividad digital sean más accesibles en zonas focalizadas (por ejemplo, rurales) que en poblaciones focalizadas (por ejemplo, hogares de bajos ingresos). Estas políticas pueden lograr el objetivo de cobertura universal pero pueden cometer importantes errores de inclusión (pueden beneficiar a aquellos que tienen los medios para pagar el costo de la conexión). Los países de América Latina y el Caribe deberían explorar la introducción de subsidios focalizados por ingresos que incluyan ítems como compra de *smartphones*, subsidios del costo de instalación de banda ancha fija en el hogar y subsidios al uso de banda ancha móvil.

La mejora permanente de los marcos regulatorios para la conectividad digital debe complementarse con políticas inclusivas que fomenten la adopción tecnológica. En este sentido, la implementación de programas nacionales enfocados en reducir la brecha de habilidades entre los pobres, los jóvenes y los adultos mayores es fundamental para que el mercado de conectividad digital explote su potencial. La demanda es vitalmente importante para que el mercado de conectividad digital alcance su pleno potencial mediante el desarrollo de un ecosistema sostenible de soluciones digitales. Las políticas deberían basarse en la premisa de que nadie puede quedar marginado de las tecnologías digitales emergentes. La infraestructura de TIC a menudo puede permanecer subutilizada no solo porque no es asequible sino porque los usuarios potenciales carecen de la formación y de las competencias digitales necesarias para hacer un uso productivo de las TIC y de Internet. Por ello, la educación focalizada, la capacitación y los programas de creación de habilidades, así como una estrategia de gobierno electrónico, deben formar parte esencial de las agendas digitales y de los planes para proporcionar banda ancha.

Parte  2 **En busca de
sostenibilidad**



Infraestructura resiliente para un futuro incierto

El 1 de septiembre de 2019, el huracán Dorian se abatió sobre las Bahamas con una fuerza devastadora. La atención de los medios se centró en las pérdidas en propiedades residenciales, comerciales e industriales valuadas en US\$7.000 millones (KCC, 2019). Sin embargo, los daños a la propiedad no fueron la única consecuencia perdurable. El Aeropuerto Internacional de Gran Bahama quedó bajo el agua.¹ Los caminos inundados se convirtieron en un obstáculo para los trabajos de rescate.² El agua de los pozos se contaminó.³ La isla de New Providence sufrió un apagón total.⁴ Y en Abaco y Gran Bahama la vida se detuvo bruscamente por falta de electricidad, agua potable, bancos, supermercados y gasolineras.⁵

Aunque el huracán Dorian, desde el punto de vista histórico, fue un caso atípico, puede que eventos similares sean más frecuentes en el futuro a medida que los efectos del cambio climático proliferen y se intensifiquen.

¹ *The Tribune*, Sunday's Live Updates: Dorian Over Grand Bahama After Devastating Abaco, 2 de septiembre de 2019. Disponible en <http://www.tribune242.com/news/2019/sep/01/dorian-predicted-make-landfall-early-sunday-mornin/>.

² Semple, Knowles y Robles, Bahamas Relief Efforts Frustrated as Dorian Pulls Away, *The New York Times*, 3 de septiembre de 2019. Disponible en <https://www.nytimes.com/2019/09/03/world/americas/bahamas-hurricane-dorian.html>.

³ *International Federation of Red Cross*, Bahamas: Shelter and Clean Water Priorities in Wake of 'Catastrophic' Hurricane, 2 de septiembre de 2019. Disponible en <https://media.ifrc.org/ifrc/press-release/bahamas-shelter-clean-water-priorities-wake-catastrophic-hurricane/>.

⁴ Weissenstein, Michael y Dánica Coto, Dorian Triggers Massive Flooding in Bahamas; at Least 5 Dead, *AP News*, 2 de septiembre de 2019. <https://www.apnews.com/02c093eb6ce24d24a959e6d87088590a>.

⁵ Beaubien, Jason, Little Miracles, Huge Problems: The Bahamas a Month after Dorian, *NPR News*, 15 de octubre de 2019. Disponible en <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2019/10/15/770107636/after-dorians-wrath-little-miracles-amid-a-painful-recovery>.

Es importante señalar que los efectos del cambio climático sobre los servicios de infraestructura exceden a los desastres naturales; por ejemplo, los cambios en las temperaturas y en las precipitaciones pueden tener impactos drásticos en la provisión de energía, agua y servicios de transporte. Los gobiernos deben prestar atención a estos cambios; deben reconocer la incertidumbre a la que se enfrentan debido a las tendencias climáticas fluctuantes y a la creciente exposición a los eventos climáticos y a los desastres naturales, y planificar en consecuencia servicios resilientes. Los gobiernos de toda la región están comenzando a realizar importantes inversiones en infraestructura resiliente, estableciendo regímenes regulatorios y de políticas que toman en cuenta los impactos del cambio climático y los desastres naturales, e incorporando principios de la toma de decisiones bajo incertidumbre. Estas inversiones se justifican al disminuir los costos de mantenimiento y las interrupciones de los servicios, con lo cual se minimizan las pérdidas económicas para empresas e individuos y se reducen las disrupciones en la vida cotidiana de los ciudadanos.

El impacto de la naturaleza en la infraestructura

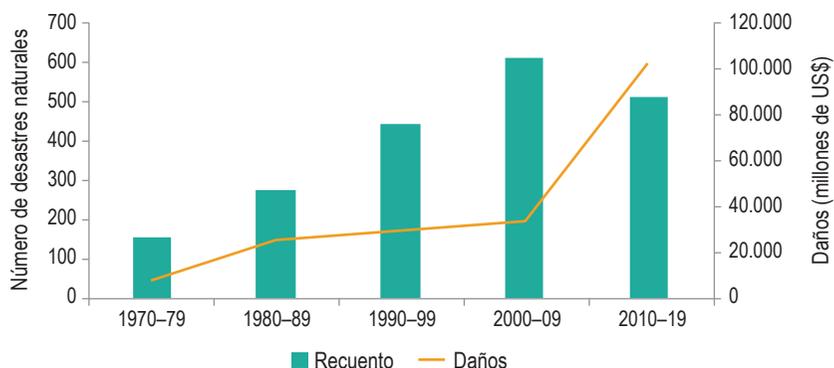
Interrupciones del suministro

Los desastres naturales y el cambio climático alteran el suministro de servicios de infraestructura. En los últimos 50 años, se han triplicado los desastres naturales en América Latina y el Caribe, y los daños a caminos, edificios, maquinaria, equipos y cultivos se han disparado de US\$7.400 millones a US\$102.700 millones (gráfico 6.1). El cambio climático aumentará la frecuencia y la magnitud de algunos tipos de desastres naturales en la región, como huracanes, sequías e inundaciones (Banco Mundial, 2014b; CEPAL/CCAD-SICA/DFID, 2010; Dai, 2013; Proudhomme et al., 2014; Nobre y Young, 2011; Marengo, Valverde y Obregón, 2013; Field et al., 2012).

A lo largo de las últimas cinco décadas, en la región se ha disparado el número de desastres naturales y la magnitud de los daños de acuerdo a la base de datos de Epidemiología de los Desastres de la Universidad Católica de Lovaina (EM-DAT). La cantidad de desastres naturales ocurridos en 2010-19 triplicó a la del período 1970-79, y los daños totales de los desastres naturales producidos en 2010-19 superaron en casi 14 veces a los ocasionados en 1970-79. El sector de infraestructura representa una porción importante de la destrucción de activos. Las estructuras en los sectores de energía, agua, transporte y telecomunicaciones suelen estar ubicadas en zonas expuestas al riesgo, lo cual las coloca en primera fila cuando se producen los desastres naturales (Hallegatte, Rentschler

Gráfico 6.1

Frecuencia y costos de los desastres naturales en América Latina y el Caribe, 1970–2019



Fuente: Elaboración de los autores a partir de la base de datos EM-DAT, consultada el 22 de julio de 2019. EM-DAT es la base de datos sobre Epidemiología de los Desastres de la Universidad Católica de Lovaina, CRED, D. Gruha-Sapir, Bruselas, Bélgica (véase www.emdat.be).

Nota: La muestra de los datos corresponde a 1970–2019. La región de ALC incluye Argentina, Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Haití, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Suriname, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE LOS DESASTRES NATURALES SE ESTÁN VOLVIENDO MÁS FRECUENTES Y DESTRUCTIVOS.

y Rozenberg, 2019). Por ejemplo, los daños a la infraestructura representaron el 52% de los daños al *stock* de capital causado por el huracán Irma (2017) en las Bahamas (Ibarra-Bravo, 2018).

Además de destruir activos de infraestructura, los desastres naturales alteran los servicios. Las interrupciones en los servicios generan una serie de efectos secundarios que se trasladan de un sector a otro y se amplifican en el tiempo y en el espacio (recuadro 6.1). Por ello, la pérdida de servicios de infraestructura puede tener un efecto mayor, más difundido y más perdurable en los hogares y en las empresas que el efecto directo de la destrucción de estructuras (Gordon, Richardson y Davis, 1998; Okuyama y Rose, 2019; McCarty y Smith, 2005; Rose y Wei, 2013).

Los sistemas de infraestructura son interdependientes y la pérdida de servicios en un sector puede afectar la capacidad de otros sectores para proporcionar servicios. Por ejemplo, la electricidad cumple un importante papel en los hogares y las empresas para que funcionen la iluminación, los aparatos electrónicos y la maquinaria, pero también es crucial para los servicios de transporte y de agua y saneamiento. La electricidad da energía a semáforos, al alumbrado público, a los sistemas informáticos y a las

vías férreas electrificadas, necesarios para que los caminos, el ferrocarril y los aeropuertos provean servicios de transporte. También hace funcionar las bombas y las plantas de tratamiento de agua que proporcionan agua y servicios de saneamiento.

La pérdida de servicios de infraestructura impone costos perdurables a empresas y hogares. Estos costos se acumulan hasta que se finaliza la reconstrucción, lo cual, en grandes desastres, puede tardar años. Después del terremoto de Kobe, Japón, en 1995, la electricidad y las telecomunicaciones fueron restauradas totalmente a los pocos días, pero los servicios de transporte tuvieron limitaciones durante casi dos años (Chang y Nojima, 2001). Los países que no pueden financiar una reconstrucción rápida pueden incurrir en costos desproporcionados, que aumentan exponencialmente cuando la interrupción de los servicios se prolonga (Colon, Hallegatte y Rozenberg, 2019).

Desde el punto de vista geográfico, la pérdida de servicios de infraestructura tiene impactos muy difundidos. En primer lugar, las redes que brindan servicios suelen cubrir grandes poblaciones. En 2012, la Súper Tormenta Sandy golpeó la costa este de Estados Unidos y dejó a más de 8 millones de personas sin electricidad en un área que llegaba incluso hasta Michigan.⁶ En segundo lugar, los daños en un solo activo pueden implicar la pérdida de servicios para una amplia zona geográfica. La caída de un puente puede dejar incomunicada a toda una isla. En tercer lugar, las interrupciones de los servicios de infraestructura pueden afectar a hogares y a empresas aunque ellos mismos no sufran pérdidas de infraestructura, ya que pueden resultar en caídas de rentabilidad para las firmas, menos ingreso para los empleados y una menor recaudación tributaria para los gobiernos. Estos efectos se pueden propagar por todo el país y por todo el mundo a través de interrupciones de las cadenas de suministro y de caídas en los inventarios de bienes (Cavallo, Cavallo y Rigobón, 2014). Las disrupciones sufridas por los productores de autopartes del noreste de Japón a raíz del gran terremoto de 2011 tuvieron un impacto que afectó hasta la producción de automóviles en Estados Unidos y Europa (Chang, 2016).

El cambio climático también implica cambios en los patrones climáticos que influyen en la provisión de servicios. Además del impacto potencial en el ciclo de vida de los activos de infraestructura, el clima tiene un impacto directo en el suministro de servicios de energía, agua y transporte.

⁶ Gibbens, Sara, Hurricane Sandy, Explained, *National Geographic*, 11 de febrero de 2019. Disponible en <https://www.nationalgeographic.com/environment/natural-disasters/reference/hurricane-sandy/>.

Recuadro 6.1

Desastres naturales e infraestructura: el caso del huracán Mitch en Honduras

El caso del huracán Mitch (1998) demuestra que la infraestructura carga con una gran parte de los daños producidos al *stock* de capital y que las interrupciones de los servicios desempeñan un papel clave en las pérdidas económicas debidas a desastres naturales. El costo total en Honduras se estimó en US\$3.800 millones (14% del PIB), repartidos aproximadamente por igual entre daños a estructuras y pérdidas económicas que se prolongaron a lo largo de un período de cuatro años.^a

El perjuicio a las estructuras se concentró en los sectores de transporte, agua y saneamiento, comunicaciones y energía. Los activos de infraestructura de transporte —básicamente caminos y puentes, pero también aeropuertos y puertos— sufrieron pérdidas por US\$241 millones. En el caso de la infraestructura de agua y saneamiento, los daños a depósitos de almacenamiento, la red de agua y las tuberías representaron un costo de US\$58 millones. El sector de comunicaciones sufrió pérdidas por US\$42 millones, principalmente en infraestructura telefónica, y los daños en el sector de energía, sobre todo en plantas de generación eléctrica y en redes de transmisión y distribución, llegaron a los US\$9,9 millones.

La principal causa de las pérdidas económicas fue la disrupción de los servicios de transporte debido a daños generalizados en estructuras de transporte. Los costos de transporte ascendieron a US\$262 millones ocasionados por el aumento de los costos del transporte de pasajeros y de carga, la extensión de los tiempos de transporte y mayores costos operativos de los vehículos. La disminución de la producción y de las ventas costó a las empresas otros US\$500 millones. Los cortes de producción fueron en gran parte resultado de la interrupción de los servicios de agua, electricidad y transporte, así como de un elevado ausentismo laboral durante varias semanas después del desastre, probablemente porque los trabajadores carecían de transporte para llegar al lugar de trabajo. Este estudio de caso ilustra claramente el efecto dominó de los desastres naturales y el valor de diseñar activos de infraestructura resilientes.

Fuente: CEPAL (1999).

^a El PIB nominal total de Honduras para 1998–2001 fue de US\$27.500 millones (Rozemberg y Fay, 2019).

El clima influye en la generación de energía de las centrales eléctricas nucleares y térmicas, además de las de energía eólica, solar e hidroeléctrica. Por ejemplo, las sequías disminuyen la generación de energía hidroeléctrica (Gleick, 2016) y las altas temperaturas reducen la

producción de electricidad debido a la menor eficiencia de la generación fotovoltaica solar, nuclear y térmica (Dubey, Sarvaiya y Seshadri, 2013; Mideksa y Kallbekken, 2010). Las precipitaciones aumentan la congestión en los caminos y los accidentes de tráfico (Koetse y Rietveld, 2009). Las precipitaciones extremas pueden contaminar el agua potable y aumentar la incidencia de enfermedades transmitidas a través del agua (Chen et al., 2012). El Canal de Panamá es un buen ejemplo. Las sequías más extensas y frecuentes, combinadas con una población en aumento y su consiguiente demanda de agua potable, amenazan la funcionalidad del canal. A medida que descienden los niveles de agua en el Lago Gatun, la Autoridad del Canal de Panamá debe restringir la carga de los barcos de contenedores. A pesar de las numerosas medidas tomadas para conservar el agua y reducir el impacto de la sequía, en 2019 la Autoridad del Canal de Panamá tuvo que imponer restricciones a navíos.^{7,8} Estas restricciones alteran las operaciones navieras internacionales y reducen los ingresos del gobierno, una octava parte de los cuales proviene de la Autoridad del Canal de Panamá.⁹

Efectos sobre la demanda

Los desastres naturales y el clima también afectan la demanda de los servicios de energía, agua y transporte. El cambio climático alterará el atractivo relativo de diferentes localizaciones, lo que transformará la distribución espacial de la población y, por lo tanto, la demanda de servicios.

El cambio climático y sus impactos asociados en la meteorología también afectarán la cantidad de servicios demandados. En regiones cálidas, la demanda de electricidad aumenta con la temperatura y se prevé que esta relación crezca a medida que más hogares tengan aire acondicionado (Davis y Gertler, 2015). Las precipitaciones influyen en la demanda de agua utilizada para irrigación (Wisser et al., 2008). La evidencia de otros contextos sugiere que la meteorología tiene un impacto en la demanda de servicios de transporte. Por ejemplo, la lluvia aumenta la demanda de taxis en la ciudad de Nueva York y temperaturas más altas incrementan

⁷ Vice Presidency for Transit Business, “Advisory to Shipping No. A-01-2019,” 4 de enero de 2019.

⁸ Vice Presidency for Transit Business, “Advisory to Shipping No. A-03-2019,” 22 de enero de 2019.

⁹ *The Economist*, Climate Change Threatens the Panama Canal, 21 de septiembre de 2019. Disponible en <https://www.economist.com/the-americas/2019/09/21/climate-change-threatens-the-panama-canal>.

la demanda de transporte público en Chicago (Kamga, Yazici y Singhal, 2013; Guo, Wilson y Rahbee, 2007).

Sucesos climáticos extremos como olas de calor y sequías elevan de manera considerable la demanda de electricidad y agua, respectivamente, y pueden generar presión sobre las redes de infraestructura. Por ejemplo, en enero de 2014, una ola de calor en Río de Janeiro generó una demanda de electricidad que rompió todos los récords y provocó apagones en algunas partes de la ciudad.¹⁰ En los países que dependen de la energía hidroeléctrica, las sequías pueden provocar una secuencia de problemas en cascada porque la demanda de agua para la agricultura aumenta en momentos en que los flujos de los ríos y los niveles de los embalses son bajos, por lo cual hay menos agua disponible para la generación de energía hidroeléctrica (Dias et al., 2018).

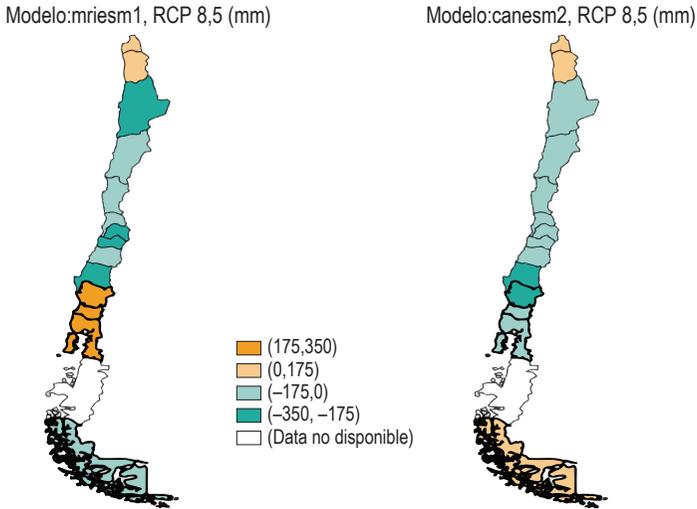
El problema del diseño de la infraestructura

Debido a que el ciclo de vida de los activos de infraestructura es largo, la infraestructura construida hoy debería diseñarse para proporcionar servicios de infraestructura considerando un amplio espectro de condiciones climáticas del futuro. Aunque algunos de los cambios del clima son predecibles, muchos de los posibles impactos de los cambios del clima son, en gran medida, desconocidos. Las probabilidades de experimentar determinados sucesos, el valor de diferentes estrategias o el modelo que relaciona las variables y los parámetros a menudo no se conocen o son objeto de debate (Kalra et al., 2014). Los científicos coinciden en que el cambio climático elevará el nivel del mar, la temperatura global y la frecuencia de algunos tipos de desastres naturales, pero hay incertidumbre respecto de la frecuencia y la magnitud de los eventos extremos y de los patrones climáticos a los que se verá expuesto un activo de infraestructura a lo largo de su ciclo de vida. Por ejemplo, no se puede saber con certeza cuál será el nivel de precipitaciones que afectará a algunas regiones de Chile hacia 2050: un modelo predice más, mientras que otro pronostica menos (gráfico 6.2).

No solo el clima del futuro es incierto; también lo son los efectos del cambio climático en la oferta y la demanda de servicios de infraestructura. La evidencia disponible sobre el efecto del clima en la oferta y demanda de servicios proviene principalmente de estudios de variaciones climáticas

¹⁰ Rinaldi, Alfred, Heatwave Brings Record Breaking Energy Demand, *The Rio Times*, 14 de enero de 2014. Disponible en <https://riotimesonline.com/brazil-news/rio-business/heatwave-brings-record-breaking-energy-demand/>.

Gráfico 6.2 Cambio en las precipitaciones anuales en Chile hacia 2050



Fuente: Elaboración de los autores en base a datos de *Climate Data Factory*.

Notas: El gráfico refleja los cambios en las precipitaciones anuales hacia 2050, en un escenario de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), según dos modelos climáticos diferentes. En relación con el clima actual, en cuatro regiones de Chile (que aparecen con las fronteras en negrita) la dirección del cambio previsto en las precipitaciones anuales hacia 2050 depende del modelo climático utilizado. Se prevé que las regiones chilenas de Los Lagos, Ríos y Araucanía recibirán más precipitaciones según el modelo MRIESM1 (izquierda), pero menos precipitaciones según el modelo CANESM2 (derecha) y se prevé que la región de Magallanes y de la Antártida tengan más precipitaciones según el modelo CANESM2 (derecha) pero menos según el modelo MRIESM1 (izquierda).

UN MODELO CLIMÁTICO PREVÉ UN AUMENTO Y OTRO UNA CAÍDA EN LAS PRECIPITACIONES EN 2050 EN LAS REGIONES DEL SUR DE CHILE.

de corto plazo. Sin embargo, los efectos de corto plazo pueden diferir de los de largo plazo frente a cambios persistentes en el clima. La solución a estas fuentes de incertidumbre consiste en invertir en infraestructura que sea resiliente a los desastres naturales y a cambios en el clima.

La solución: infraestructura resiliente

En respuesta a los desastres naturales y al cambio climático, los gobiernos pueden diseñar infraestructura resiliente. Las inversiones en resiliencia realizadas antes de que ocurra un desastre reducen los daños en los activos de infraestructura y minimizan las interrupciones de los servicios, evitando pérdidas económicas para personas y empresas. Hay muchas opciones de ingeniería que pueden aumentar la resiliencia de la infraestructura; por ejemplo, utilizar material de construcción resistente

a terremotos, elevar los caminos o las vías férreas o aumentar la redundancia en las redes de transmisión de modo que si un segmento de la red es afectado por un desastre natural, la interrupción del servicio sea mínima. Para permanecer resilientes, las estructuras también deben ser mantenidas adecuadamente. De lo contrario, la resiliencia puede disminuir y los costos de los desastres naturales pueden incrementarse sustancialmente. El terremoto ocurrido en Perú en 2007 provocó gastos por S/ 77,3 millones (US\$24,7 millones) en daños directos a la infraestructura de agua potable y saneamiento. Dos quintas partes de esos daños directos podrían haberse evitado si se hubiera llevado a cabo un mantenimiento apropiado (Andrade, 2011). Mejores estrategias de toma de decisiones y planificación también pueden aumentar la resiliencia. Deben efectuarse evaluaciones de riesgo desde el comienzo y el diseño de los activos de infraestructura debería tener en cuenta la incertidumbre. Por último, dado que los activos de infraestructura forman parte de sistemas interdependientes, se requiere un contexto regulatorio integral para asegurar que todas estas medidas destinadas a aumentar la resiliencia se adopten en todos los proyectos de infraestructura.

En un futuro que será moldeado por el cambio climático y desastres naturales más frecuentes, las inversiones en resiliencia son una decisión inteligente. Cuando se toman decisiones de inversión inteligentes, la infraestructura resiliente puede generar grandes beneficios a costos iniciales razonables. El Banco Mundial estima que el costo adicional de construir infraestructura de energía y transporte resiliente en países de ingresos bajos y medios se sitúa entre US\$11.000 millones y US\$65.000 millones al año, cifras que en promedio representan solo el 3% de la inversión necesaria para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con la infraestructura. Se calcula que en América Latina y el Caribe el costo se sitúa entre US\$2.500 millones y US\$13.000 millones al año, lo que implica, si se toma el promedio de esas cantidades, realizar inversiones adicionales equivalentes al 5% de lo que la región invirtió entre 2008 y 2018 (Rozenberg y Fay, 2019; Hallegatte, Rentschler y Rozenberg, 2019).

La evidencia muestra que los gastos iniciales adicionales en infraestructura resiliente se justifican. Los mayores costos iniciales en que se debe incurrir para construir infraestructura más resiliente suelen ser más que compensados por menores costos de mantenimiento y de reparación de esos activos a lo largo del tiempo, y por mayores beneficios a los usuarios gracias a menores interrupciones en los servicios. En Estados Unidos, cada dólar gastado por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés) en mitigación de riesgos genera US\$4 en beneficios (MMC, 2005). Después de analizar más de 3.000 escenarios futuros,

el Banco Mundial observa que el beneficio neto de construir infraestructura más resiliente en los países en desarrollo es positivo en el 96% de los escenarios (Hallegatte et al., 2019). Este beneficio neto de la resiliencia se debe principalmente a los impactos (negativos) previstos del cambio climático.

El camino hacia servicios de infraestructura resilientes

Contexto regulatorio y de políticas

Las regulaciones y las políticas públicas deben destacar la importancia de la resiliencia en las decisiones de inversión en cada etapa del ciclo de proyectos de infraestructura, desde el diseño hasta la operación y el mantenimiento (Bhattacharya et al., 2019; Fisher y Gamper, 2017; Hallegatte et al., 2017; Lacambra y Guerrero, 2017). Esto asegura que la inversión en infraestructura alcance su máximo impacto.

Las regulaciones para el diseño de infraestructura deben requerir un análisis de riesgo exhaustivo desde el comienzo de la etapa de diseño y planificación de todo nuevo proyecto; así se puede asegurar que decisiones con consecuencias a largo plazo se tomen mientras todas las opciones para aumentar la resiliencia aún sean viables. Abordar la resiliencia desde el comienzo es mucho más efectivo en términos de tiempo y costos que hacerlo más tarde, sea modificando los diseños de ingeniería una vez aprobados y cuando muchas características, como la ubicación, ya están determinadas o, peor aún, reconstruyendo o modificando obras después de terminada la construcción (Georgoulas, Arrasate y Georgoulas, 2016).

El marco regulatorio debe establecer códigos de construcción con normas técnicas mínimas específicas para cada ubicación y sector. Los códigos de construcción deberían adaptarse para dar cuenta de los patrones de riesgo y del nivel de riesgos de localizaciones específicas. Estas normas deberían actualizarse con frecuencia a medida que la tecnología avanza, que se adquiere experiencia y que el clima cambia. Chile actualiza con regularidad sus códigos de construcción antisísmica, que han sido clave para disminuir las muertes y los daños provocados por los terremotos. Por ejemplo, como respuesta al terremoto de magnitud 8,8 que sufrió en 2010 y que provocó fuertes tsunamis, el gobierno de Chile revisó los códigos de construcción para aumentar la distancia requerida entre estructuras costeras y el océano.¹¹ Ciertos activos específicos como la infraestructura de

¹¹ Wyss, Jim, Engineers vs. God: Chile's Building Codes Take Edge off Massive Earthquake, *Miami Herald*, 17 de septiembre de 2015. Disponible en <https://www.miamiherald.com/news/nation-world/world/americas/article35576640.html>.

salud pública, la generación de electricidad y el suministro de agua proveen servicios esenciales. Las regulaciones deberían definir cuál es la infraestructura crítica y las normas técnicas mínimas para estas estructuras deberían ser más estrictas que las requeridas para otros tipos de estructuras.

Aun con los mejores esfuerzos, no se pueden eliminar todos los riesgos. Por lo tanto, los gobiernos deberían gestionar el riesgo residual impulsando instrumentos financieros para distribuir el riesgo y financiar la reconstrucción y los planes de contingencia para una rápida recuperación después de los desastres. México cuenta con una estrategia integral de este tipo para la transferencia y el financiamiento de riesgos de desastres (Banco Mundial, 2012). El Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) se creó en la década de 1990 como una partida presupuestaria para la rehabilitación y reconstrucción de infraestructura, de viviendas de bajos ingresos y de ecosistemas naturales después de un desastre natural (Banco Mundial, 2012). Desde entonces, el Fondo ha evolucionado y actualmente responde a una estrategia de financiamiento del riesgo a diferentes niveles: el financiamiento para la reconstrucción después de sucesos de bajo costo y alta probabilidad proviene de reservas, mientras que el financiamiento contingente y los instrumentos de transferencia de riesgos costean la recuperación después de eventos de alto costo y baja probabilidad (Hallegatte, Rentschler y Rozenberg, 2019). Por ejemplo, en 2006 FONDEN emitió el primer bono público catastrófico (Cat Bond) y, en 2009, México lanzó un Cat Bond que proporcionaba cobertura por huracanes y terremotos en diferentes regiones del país a través del programa Multicat del Banco Mundial (Banco Mundial, 2012).

La planificación financiera y de contingencia es esencial antes de que ocurra un desastre porque cualquier retraso en lograr el financiamiento para la recuperación prolonga el período en el cual se acumulan pérdidas económicas. Esto puede llevar a los gobiernos a desviar partidas presupuestarias que apuntalan el crecimiento y desarrollo de largo plazo para destinarlo a la recuperación después de desastres, lo que podría tener consecuencias de largo aliento. Sin embargo, muchos gobiernos han llegado a la conclusión de que el costo de emitir Cat Bonds es sencillamente demasiado alto o que los parámetros que rigen las indemnizaciones no se corresponden necesariamente con los desastres que tienen mayores impactos (Borensztein, Cavallo y Jeanne, 2017).¹²

¹² Blackman, J., M. Maidenberger y S. Varnham O'Regan. Mexico's Disaster Bonds Were Meant to Provide Quick Cash After Hurricanes and Earthquakes. But It Often Hasn't Worked Out That Way, *Los Angeles Times*, 8 de abril de 2018. Disponible en <https://www.latimes.com/world/mexico-americas/la-na-mexico-catastrophe-bonds-20180405-htlstory.html>.

Los países de la región tienen espacio para mejorar sus marcos de gestión del riesgo de desastres (recuadro 6.2). Cerca de dos terceras partes de los países de América Latina y el Caribe cuentan con regulaciones formales que requieren un análisis del riesgo de desastres antes de realizar una inversión, estándares de resistencia a los terremotos, una definición de infraestructura crítica y requisitos técnicos estandarizados para infraestructura crítica. En menos de una tercera parte de los países de la región hay regulaciones formales que establezcan mecanismos de transferencia de riesgos, seguros para la construcción o planes de continuidad para los servicios de agua y saneamiento.

Como con cualquier normativa, su impacto en la resiliencia de la infraestructura depende de su cumplimiento. Los organismos encargados de fiscalizar el cumplimiento deben tener un financiamiento adecuado. La supervisión no es gratuita, pero módicas inversiones en supervisión pueden generar grandes ahorros al reducir significativamente las pérdidas en caso de desastres naturales. El cumplimiento de los códigos de construcción debería supervisarse mediante el control de los lugares de construcción, inspecciones y reglas de compras y contrataciones. El cumplimiento de los análisis de riesgos antes de la inversión, el uso de instrumentos para distribuir riesgos y el desarrollo de planes de contingencia pueden monitorearse como parte del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).

La implementación de políticas complementarias también es importante para que la infraestructura sea más resiliente. El financiamiento de investigación y desarrollo y las instituciones promotoras de la innovación pueden dar frutos con avances tecnológicos que disminuyan los costos de modernización de la infraestructura para que sea resiliente ante desastres naturales y el cambio climático. Otras mejoras en la resiliencia también pueden venir de instrumentos económicos y *nudges* (leves empujones o incentivos) conductuales (Allcott, 2011). Los subsidios para electrodomésticos de bajo consumo, la fijación de precios en tiempo real y los programas de respuesta a la demanda pueden cambiar los precios para proveedores y usuarios y así alterar los patrones de oferta y demanda de servicios de infraestructura (Allcott, 2011; York, Relf y Waters, 2019). Los *nudges* conductuales, como mensajes con comparaciones entre grupos, pueden modificar los patrones de la demanda reduciendo los requisitos de resiliencia. Por ejemplo, durante la sequía de 2014-15, la reserva primaria que suministra agua a São Paulo disminuyó al 3% de su capacidad. Sabesp, la empresa encargada de brindar el servicio de abastecimiento de agua, implementó incentivos financieros para moderar el uso de agua y casi el 80% de los clientes los adoptó y recibió una recompensa económica. Los incentivos económicos, junto con otras

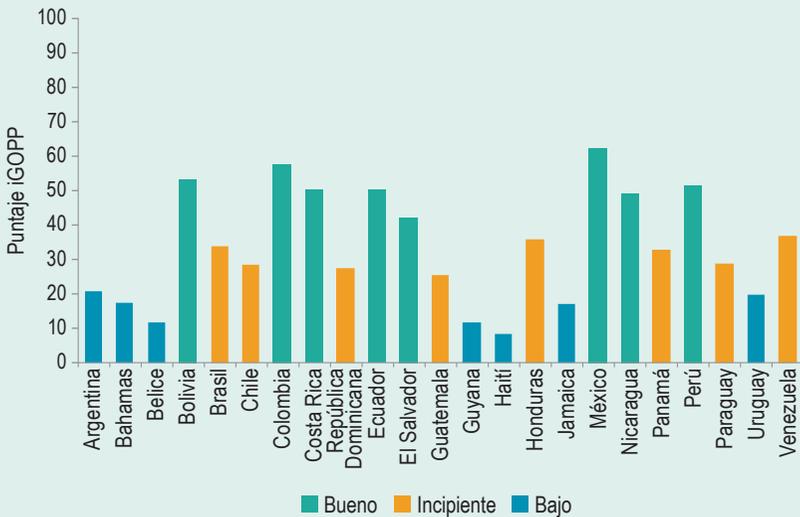
medidas como una mejora de la capacidad de bombeo, ayudaron a Sabesp a evitar por escaso margen una catástrofe.¹³

Recuadro 6.2

Medición de la gestión del riesgo de desastres: el iGOPP del BID

El Índice de Gobernabilidad y Políticas Públicas en Gestión de Riesgo de Desastres (iGOPP) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) representa un esfuerzo para crear una medida uniforme de las condiciones de gobernanza a nivel nacional (Lacambra et al., 2015).³ El iGOPP mide la existencia de condiciones legales, institucionales y presupuestarias formales que son fundamentales para una gestión efectiva del riesgo de desastres. Aunque los puntajes iGOPP varían entre diferentes países en la región, en todos hay espacio para mejorar (gráfico 6.2.1).

Gráfico 6.2.1
Puntajes de gestión del riesgo de desastres



Fuente: Lacambra et al. (2015).

Nota: El puntaje de iGOPP mide la gobernanza formal de gestión de riesgos de desastres y las condiciones de política pública de un país. El puntaje varía entre sobresaliente (91-100); muy bueno (71-90); bueno (41-70); incipiente (21-40) y bajo (0-20).

Históricamente, la mayoría de los países de América Latina y el Caribe se han concentrado en la respuesta a emergencias. Por ejemplo, casi todos los países

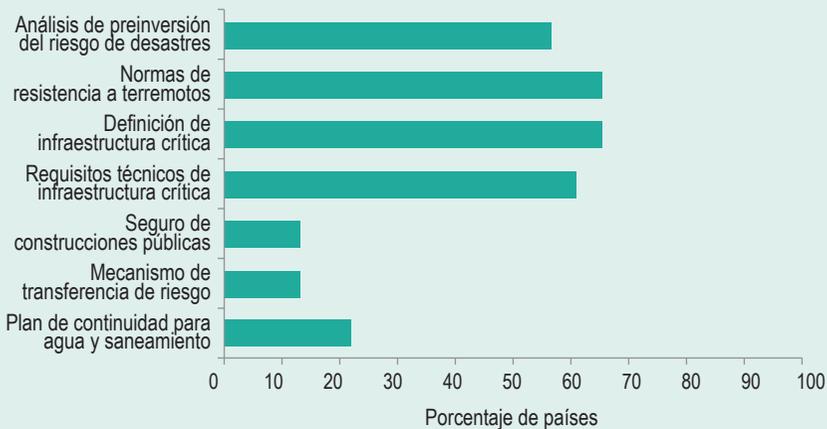
¹³ Ritter, Kayla, São Paulo Heading to Another Dry Spell, *Circle of Blue*, 7 de marzo de 2018. Disponible en <https://www.circleofblue.org/2018/water-climate/drought/sao-paulo-heading-to-another-dry-spell/>.

estudiados tienen normas que permiten adoptar medidas extraordinarias de emergencia en caso de desastres para facilitar una respuesta rápida (gráfico 6.2.2).

En cambio, hay que fortalecer otras áreas del marco regulatorio. Más de una tercera parte de los países carece de regulaciones que exijan un análisis del riesgo de desastres durante la fase de preinversión del ciclo del proyecto, normas nacionales de seguridad para el diseño de edificios públicos o privados resistentes a terremotos (o similares), una definición de infraestructura crítica y aspectos técnicos estandarizados para la construcción de dicha infraestructura.

Los requisitos formales relacionados con la continuidad de la provisión de servicios y los planes de recuperación e instrumentos financieros para la reconstrucción son incluso más escasos. Menos de una cuarta parte de los países de la región tiene regulaciones que requieran al menos un mecanismo de transferencia del riesgo para cubrir colectivamente la cartera de activos de un sector, normas aprobadas por el Ministerio de Hacienda (u otra entidad relacionada)

Gráfico 6.2.2
Países con regulaciones de gestión del riesgo de desastres



Fuente: Elaboración de los autores en base a Lacambra et al. (2015).

Notas: Los porcentajes son sobre los 23 países a los que se ha aplicado el iGOPP. Los indicadores representan la presencia de regulaciones formales. Los puntajes del iGOPP para cada país se crearon entre 2013 y 2017 y no han sido actualizados para reflejar los cambios en los marcos legales, institucionales o presupuestarios desde su creación inicial.

LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE TIENEN QUE FORTALECER SUS REGULACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.

para asegurar construcciones públicas en caso de desastres y planes de continuidad de las operaciones para los proveedores del servicio de agua y saneamiento ante un desastre.

^a Los puntajes del iGOPP para cada país se crearon entre 2013 y 2017 y no han sido actualizados para reflejar los cambios en el marco legal, institucional o presupuestario desde su creación inicial.

La planificación de proyectos: toma de decisiones bajo incertidumbre profunda

Los gobiernos necesitan instrumentos para planificar proyectos de infraestructura resilientes. No todos los activos de infraestructura tienen la misma exposición a riesgos de desastres naturales o a los impactos del cambio climático, y las consecuencias de que falle un activo pueden ser mucho peores que las ocasionadas cuando fallan otros activos. Por esa razón, entre las preguntas clave que deben tener en cuenta los planificadores en cuanto a las decisiones de inversión cabe citar: i) exposición actual y futura posible del activo; ii) consecuencias de las fallas; iii) nivel de riesgo aceptable para los usuarios; y iv) ahorro de costos de mantenimiento a lo largo de la vida del activo en comparación con el mayor costo inicial. En algunos casos, un análisis integral revela que los mayores costos iniciales de inversión para alcanzar un determinado nivel de resiliencia no se justifican por los beneficios. La clave para alcanzar una infraestructura resiliente a un costo asequible consiste en invertir de manera selectiva, orientándose según un análisis integral de las alternativas, y diseñar planes de contingencia para aquellos casos en los que el costo inicial no se justifique (Barandiarán et al., 2019).

Una práctica novedosa para diseñar activos de infraestructura resilientes consiste en utilizar principios de toma de decisiones bajo incertidumbre profunda (*decision-making under deep uncertainty*) (Marchau et al., 2019). Los métodos de toma de decisiones bajo incertidumbre profunda generan estrategias de inversión para que los activos de infraestructura críticos puedan proveer servicios y cumplir con indicadores de desempeño (como acceso, asequibilidad y confiabilidad) en una amplia gama de escenarios futuros. La evaluación se lleva a cabo en miles de escenarios futuros formados por combinaciones de supuestos sobre condiciones futuras relevantes, como cambio climático, exposición a riesgos de desastres naturales, tendencias demográficas, crecimiento económico, precios de la energía e impacto de tecnologías disruptivas. Esto contrasta con los procesos de toma de decisiones tradicionales, que primero predicen un único escenario futuro más probable y luego definen la estrategia óptima maximizando una métrica para el éxito, a menudo el valor presente neto de la inversión.

El análisis integral de numerosos escenarios alternativos puede mejorar los planes de inversión en infraestructura, sobre todo cuando se lleva a cabo tempranamente en el proceso de diseño de infraestructura. En primer lugar, puede revelar inversiones “que no serán lamentadas”: aquellas que se prevé que cumplirán con los indicadores de éxito

establecidos por el responsable de la toma de decisiones en cualquier escenario por venir. Por ejemplo, el valor presente neto de hacer resistente a inundaciones la Carretera Central de Perú es positivo en todos los escenarios de cambio climático, duración de las inundaciones, reducción del tráfico y costo de las intervenciones (Briceño-Garmendia, Moroz y Rozenberg, 2015). En segundo lugar, puede identificar estrategias que eviten resultados catastróficos o de alto costo. La Inland Empire Utilities Agency en el oeste de Estados Unidos desarrolló una estrategia de adaptación que elimina el 72% de los escenarios de alto costo para suministrar agua (Lempert y Groves, 2010). En tercer lugar, puede distinguir inversiones innecesarias. La empresa encargada del suministro de agua de Lima identificó inversiones innecesarias por un valor de US\$600 millones (recuadro 6.3).

En años recientes, la aplicación de técnicas de toma de decisiones bajo incertidumbre profunda se ha ido generalizando cada vez más gracias a la mayor disponibilidad de capacidad informática y de datos sobre el medio ambiente. En términos globales, el sector del agua ha liderado las iniciativas para incorporar formalmente la incertidumbre en los planes de inversión en infraestructura, y la práctica se está convirtiendo en estándar en el sector (Marchau et al., 2019). En el sector transporte, estas técnicas se están extendiendo con el uso de instrumentos llamados *análisis de punto azul* y las *herramientas de gestión de activos de transporte* (Abkowitz et al., 2017; Axelsen y Larsen, 2014; Cordeiro et al., 2017; Espinet et al., 2018). Estos métodos se enfocan en identificar eslabones críticos en las redes de transporte y su exposición a posibles eventos climáticos extremos y en evaluar opciones para reforzar los eslabones o construir redundancia en la red.

Además del estudio de caso de la fiabilidad del agua en Lima descrito en el recuadro 6.3, en toda América Latina y el Caribe abundan ejemplos en el sector del agua. La Pontificia Universidad Católica de Chile colaboró con los responsables de políticas públicas y los actores interesados de más de 30 organizaciones para desarrollar el Plan de Adaptación del Maipo para un suministro de agua sostenible (Ocampo-Melgar et al., 2016). El plan estudia los usos del agua en la cuenca del río Maipo y analiza incertidumbres en 15 escenarios de clima y cinco escenarios del uso de la tierra futuros. El plan desarrolla indicadores de desempeño como cantidad y calidad del agua, sostenibilidad y reducción de riesgos, para evaluar las estrategias de adaptación que podrían minimizar los impactos del cambio y la variabilidad del clima. Aguas de Manizales en Colombia y la Empresa Pública Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, en Ecuador, también han reconocido la importancia de la resiliencia ante eventos

Recuadro 6.3

Toma de decisiones bajo incertidumbre profunda en Perú

SEDAPAL, la empresa encargada del suministro de agua de Perú, que cubre el 93% de los habitantes de Lima y de la provincia del Callao, utilizó los principios de toma de decisiones bajo incertidumbre profunda para desarrollar un plan de inversión que asegura la fiabilidad del suministro de agua en una amplia gama de escenarios futuros (SEDAPAL, 2018). El plan de inversión adopta un enfoque adaptativo que implementa en el corto plazo embalses que “no serán lamentados”, con la flexibilidad para desarrollar los embalses adicionales que sean viables a mediano y largo plazo, según sea necesario para satisfacer la demanda.

El plan se desarrolló mediante un proceso participativo e iterativo que involucró a múltiples actores interesados para definir los indicadores de éxito (el percentil 90 de la demanda mensual satisfecha como porcentaje de la demanda total y el costo del plan de inversión), para identificar los factores clave de la incertidumbre y la vulnerabilidad (demanda futura de agua, caudales futuros, viabilidad de los proyectos) y para investigar las opciones de inversión disponibles para los responsables de las políticas públicas en diferentes escenarios presupuestarios. El análisis evaluó la cartera de proyectos de inversión contenidas en el Plan Maestro de SEDAPAL. A partir de la simulación de 300 escenarios futuros utilizando el modelo de contabilidad del agua del propio SEDAPAL, el proyecto identificó inversiones planificadas por US\$600 millones (25%) a las que podía renunciarse porque no habrían contribuido a mejorar la resiliencia del sistema.

Fuente: Kalra et al. (2015).

extremos y han llevado a cabo un análisis de riesgo integral (Balcázar, 2012). En Mendoza, Argentina, el BID ha lanzado un plan piloto para el uso de técnicas de toma de decisiones bajo incertidumbre para evaluar la exposición del agua de riego y residencial a los patrones cambiantes de las precipitaciones y estimar cómo diferentes inversiones pueden aumentar la resiliencia del abastecimiento de agua.

A pesar de estos avances, la incorporación formal de la incertidumbre en los planes de infraestructura sigue siendo elusiva. Incluso en países desarrollados, las técnicas de toma de decisiones bajo incertidumbre profunda todavía no se han arraigado en la fase de planificación de los proyectos de infraestructura, especialmente para los de menor escala. En Estados Unidos, el 75% de los planes locales de adaptación analizados en un estudio identifican la incertidumbre como una preocupación, pero ninguno utiliza estrategias formales de toma de decisiones bajo incertidumbre (Stults y Larsen, 2018).

Los efectos del cambio climático ya están siendo sentidos por personas, empresas y gobiernos. La infraestructura resiliente puede minimizar los impactos del cambio climático y de los desastres naturales en el suministro de servicios de los que dependen personas y empresas para el funcionamiento de la economía y para la vida cotidiana. Sin embargo, la resiliencia es solo la mitad de la respuesta. Para abordar de manera integral los riesgos del cambio climático, los gobiernos también necesitan planes de infraestructura que sean compatibles con un futuro bajo en carbono (véase el capítulo 7). Con una infraestructura resiliente y baja en carbono, la región —y el mundo— puede enfrentarse en mejores condiciones a los desafíos de la naturaleza en el futuro.



Los servicios en una economía con cero emisiones netas de carbono: bueno para el medio ambiente, la economía y las personas

América Latina y el Caribe contrajo un compromiso con el medio ambiente, y con el futuro del planeta. Todos los países de la región ratificaron el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático de 2015, cuyo objetivo es limitar a 1,5°C o 2°C el aumento de la temperatura global promedio (Naciones Unidas, 2015). Afortunadamente, con las políticas y los incentivos adecuados, los gobiernos pueden cumplir los compromisos asumidos con el medio ambiente sin afectar otros objetivos para el desarrollo.

Los objetivos establecidos en el Acuerdo de París son ambiciosos: limitar a 1,5°C o 2°C el aumento de la temperatura global requiere alcanzar cero emisiones netas de CO₂ en 2050 o 2070, respectivamente, y reducir de forma drástica las emisiones de otros gases de efecto invernadero (GEI) antes de finales de siglo (IPCC, 2015). El CO₂ desempeña un papel especial porque es el principal GEI y porque tiene un tiempo de vida muy largo: una vez liberado permanece en la atmósfera durante siglos. Llegar a cero emisiones netas de CO₂ significa reducir sus fuentes de emisión, como la combustión de combustibles fósiles, e incrementar simultáneamente las fuentes de absorción de carbono, como los bosques, donde los árboles capturan el carbono de la atmósfera a medida que van creciendo.

El Acuerdo de París reconoce explícitamente la necesidad de alcanzar la neutralidad de carbono para estabilizar el cambio climático, y en 2019, 66 firmantes del acuerdo, incluyendo a 21 países de América Latina y el Caribe, ya habían desarrollado o estaban desarrollando planes para llegar a cero emisiones netas en 2050 (Gobierno de Chile, 2019).

En la región, como en el resto del mundo, las principales fuentes de emisión de CO₂ son los servicios de energía y el transporte. La buena

noticia es que proporcionar servicios de energía y transporte neutros en carbono para 2050 es técnicamente posible y hasta puede ser beneficioso económicamente (BID/DDPLAC, 2019). El costo de la energía renovable y de la movilidad eléctrica, dos soluciones clave para lograr cero emisiones netas, está disminuyendo rápidamente. A tres centavos de dólar por kilovatio-hora, las energías solar y eólica ya son las formas más baratas de generar electricidad en numerosos países. Si se realiza correctamente, la transición a una economía con cero emisiones netas de carbono creará empleos y generará beneficios que equivalen a varios puntos porcentuales del producto interno bruto (PIB).

Sin embargo, para que la transición sea posible hay desafíos por superar. La organización de mercado predominante en los sectores de energía y transporte público suele estar vinculada a tecnologías y modelos empresariales ya existentes, lo cual dificulta que la energía renovable y los buses eléctricos puedan competir. Además, los precios envían señales incorrectas al mercado. La región ha subsidiado los combustibles fósiles en más del 1% del PIB al año desde 2010, manteniendo sus precios artificialmente bajos y reduciendo los incentivos para adoptar tecnologías eficientes en energía y para utilizar la electricidad para cocinar o para la movilidad.

La transición hacia fuentes de energía más limpias también puede crear ganadores y perdedores: es necesario manejar adecuadamente los impactos sociales negativos. Por ejemplo, miles de empleos podrían perderse en centrales eléctricas que funcionan con combustibles fósiles y en actividades extractivas, dificultando la gestión de la economía política de las estrategias y acciones de descarbonización. La eliminación de los combustibles fósiles también podría perjudicar a las finanzas públicas en países que recaudan impuestos a la gasolina o dependen de regalías provenientes de hidrocarburos para financiar una parte importante del gasto público.

Por último, la planificación del gobierno debe cambiar para que la transición a una economía con cero emisiones netas de carbono resulte efectiva. Desde la firma del Acuerdo de París, los gobiernos han diseñado un primer conjunto de planes para reducir las emisiones hacia 2030, conocido como las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés). Las NDC suelen estar alineadas con los planes de expansión de infraestructura de la región; pero en el sector de la energía de América Latina y el Caribe esos planes descansan en gran medida en el gas natural. Implementarlos tendría como resultado niveles de emisiones en el sector de energía equivalentes al doble de lo necesario para cumplir con las metas para limitar el aumento de la temperatura global. En pocas palabras, en el contexto del Acuerdo de París,

el gas natural no es la mejor solución para reducir las emisiones de CO₂. Será necesario revisar las NDC para enfocarse en lograr soluciones con huella de carbono cero lo antes posible. En términos más amplios, los países de la región tendrán que desarrollar una visión clara de qué tipo de servicios de infraestructura requieren en un futuro con una huella de carbono neutra.

Este capítulo muestra cómo los gobiernos pueden aplicar estrategias de descarbonización a largo plazo para cuatro objetivos: i) orientar la revisión de sus NDC; ii) alinear los planes de estructuras y de servicios de infraestructura con los objetivos de descarbonización y de desarrollo económico; iii) anticipar y minimizar costos en la transición hacia cero emisiones netas; y iv) diseñar una hoja de ruta de inversiones en infraestructura y de reformas regulatorias complementarias.

La transición a cero emisiones netas de carbono: cuatro pilares del cambio

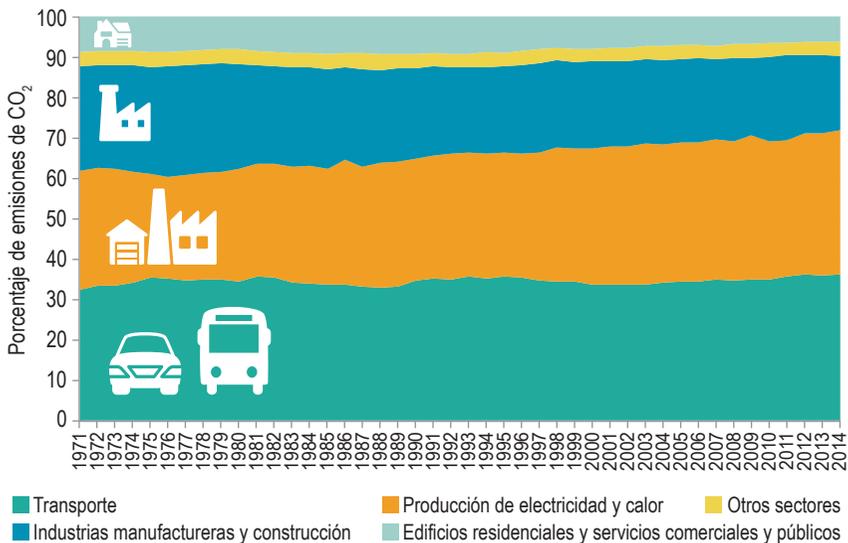
Como región, América Latina y el Caribe representa el 9% de la población mundial pero genera el 12% de las emisiones de CO₂. Tanto en el plano internacional como en la región, las dos principales causas de las emisiones de GEI son: i) la energía, porque los combustibles fósiles que se utilizan para generar electricidad y calor e impulsar vehículos emiten CO₂, y ii) la producción de alimentos, porque la ganadería y los cultivos de arroz emiten metano; los fertilizadores sintéticos emiten óxido nitroso; y la deforestación y la transformación de los ecosistemas en tierras de cultivo emiten CO₂. La quema de combustibles fósiles para el transporte y la energía representan cerca del 70% del total de las emisiones de CO₂ tanto a nivel global como en la región (gráfico 7.1). Entre 1990 y 2014, las emisiones de CO₂ provenientes de la utilización de combustibles en la región aumentaron en un 87%.

¿Puede modificarse este panorama? ¿Pueden proporcionarse servicios de infraestructura adecuados y fiables en una economía de cero carbono? La respuesta es sí, pero lograr ese objetivo requeriría medidas en cuatro pilares de la descarbonización (BID/DDPLAC, 2019):

- Electricidad de cero carbono, generada a partir de fuentes renovables y de otras fuentes bajas en carbono.
- Electrificación masiva de actividades económicas mediante el uso de vehículos eléctricos, calderas y sistemas de calefacción eléctricos para usos industriales y residenciales y, allí donde esto no sea posible, reemplazar los combustibles fósiles por combustibles libres

Gráfico 7.1

Emisiones de CO₂ en América Latina y el Caribe, por fuente, 1970-2014



Fuente: World Resource Institute's CAIT Climate Data Explorer 2018.

Nota: Excluye las emisiones por el uso de la tierra y los cambios en el uso de la tierra.

LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD Y EL TRANSPORTE SON LAS PRINCIPALES FUENTES DE DIÓXIDO DE CARBONO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.

de carbono como el hidrógeno y los biocombustibles producidos de manera sostenible.

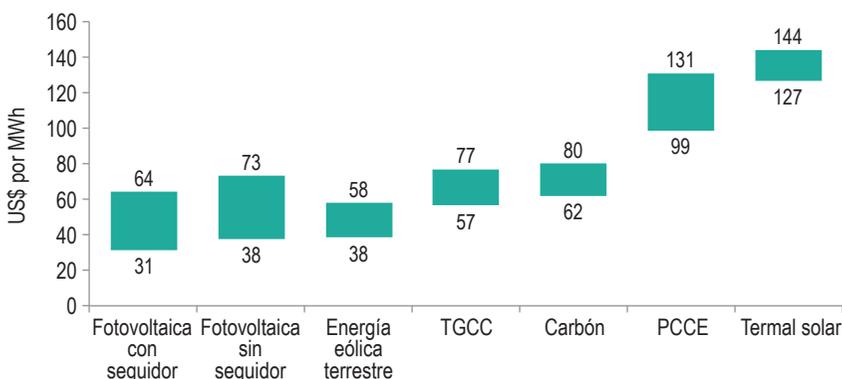
- Mayor uso del transporte público y del transporte no motorizado, y disminuir la demanda de transporte mediante una planificación del uso del suelo orientada al transporte masivo.
- Utilizar la reforestación y la restauración de otros ecosistemas con alta absorción de carbono de la atmósfera.

Para cumplir con los objetivos de descarbonización, los países tendrán que avanzar simultáneamente en los cuatro pilares, y empezar lo antes posible. Por ejemplo, tiene sentido promover la electromovilidad incluso en países donde el carbón se utiliza para proporcionar el último megavatio-hora (MWh) de electricidad siempre que el país avance simultáneamente para descarbonizar la generación eléctrica. El factor decisivo debería ser el progreso a largo plazo hacia cero emisiones netas de carbono en lugar del logro de efectos inmediatos pero efímeros de reducción de emisiones (Audoly et al., 2018).

El argumento económico a favor de la descarbonización

La descarbonización ofrece numerosas oportunidades para mejorar la economía de la región y las vidas de sus ciudadanos. El costo de la energía renovable ha disminuido de manera sostenida y cada vez compite en mejores condiciones con los combustibles fósiles. Entre 2010 y 2017, el costo promedio global de generar 1 MWh de electricidad con centrales nuevas se redujo de US\$360 a US\$100 para la energía solar fotovoltaica y de US\$80 a US\$60 para la energía eólica en tierra. A 2019, las subastas en la región otorgaron contratos a un precio de US\$30 por MWh para la energía solar en México, Perú y Chile y para la energía eólica en México. Se trata de los costos más bajos a nivel global (AIE, 2019d). En muchos países, como Chile, el costo nivelado de la electricidad (LCOE, por sus siglas en inglés) proveniente de fuentes renovables como la energía eólica y solar es inferior al de los combustibles fósiles (gráfico 7.2). Y se prevé que los costos

Gráfico 7.2
Rangos del costo nivelado de generación de electricidad en Chile, 2019



Fuente: BNEF 1H 2019 LCOE Data Viewer Index.

Notas: Las barras muestran todo el rango de costos medidos en Chile. Fotovoltaica con seguidor se refiere a paneles solares que cambian de posición para maximizar la irradiación recibida mientras que fotovoltaica sin seguidor se refiere a paneles solares fijos. Las turbinas de gas de ciclo combinado (TGCC) y la producción combinada de calor y electricidad (PCCE) son tecnologías de generación de electricidad basadas en gas natural.

LA ENERGÍA RENOVABLE ES A MENUDO LA OPCIÓN MÁS BARATA; CHILE ES UN EJEMPLO.

seguirán disminuyendo. Se proyecta que hacia 2025 la nueva energía renovable en la región será entre US\$10 y US\$30 más barata por MWh que la energía generada en plantas de combustibles fósiles ya existentes (Vergara, Fenhann y Schletz,

2015). Si la tendencia de costos continúa y se acelera, pronto será técnica y económicamente viable escalar fuertemente el uso de energía renovable solar y eólica en América Latina y el Caribe, complementándola con el uso de baterías, energía hidroeléctrica y otras fuentes renovables como la energía nuclear o el hidrógeno y la integración regional de redes para absorber y compensar la intermitencia de la energía renovable no convencional. El capítulo 12 muestra que en muchos países de la región los fuertes aumentos del porcentaje de las renovables en la matriz eléctrica podrían tener efectos positivos en el crecimiento económico y en la distribución del ingreso.

El fomento del transporte público masivo y su electrificación generarán beneficios económicos para la región. Se estima que en Costa Rica el costo de los accidentes, de la contaminación y del tiempo perdido en el tránsito asciende al 3,8% del PIB (Programa Estado de la Nación, 2018). Las cifras de Costa Rica son representativas de las estimaciones globales, de acuerdo con las cuales la valuación del tiempo y del consumo extra de combustibles en la congestión urbana se sitúan entre el 2% y el 5% del PIB de 2015 (Lefevre et al., 2016). Estos datos subrayan el potencial socioeconómico de reducir la dependencia del vehículo privado en el sistema de transporte. Además, el costo de cambiar al transporte público eléctrico está disminuyendo rápidamente. Los precios de las baterías de iones de litio se redujeron por un factor de siete entre 2010 y 2019 y se prevé que su precio seguirá bajando, por lo cual hacia 2023 los vehículos eléctricos serán más asequibles que los de combustión interna.¹ Algunas ciudades ya están aprovechando la oportunidad: por ejemplo, en 2019 Bogotá y Santiago de Chile pusieron en circulación grandes flotas de buses públicos eléctricos; muchas otras ciudades están siguiendo su ejemplo (para mayor detalle, véase el capítulo 10).

Las inversiones en eficiencia energética pueden disminuir las facturas de electricidad de empresas y hogares y promover así el desarrollo económico. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) informa que las políticas de eficiencia energética a gran escala tienen un impacto positivo en el PIB anual de entre un 0,25% y un 1,1% (AIE, 2014). En la región, un estudio para Colombia muestra que la implementación de los compromisos de mitigación del clima añadiría un 0,15% al crecimiento anual del PIB hasta 2040 como resultado del ahorro en gastos de energía (Álvarez-Espinosa et al., 2017).

Además de los ahorros de costos, la transición a cero emisiones netas de carbono también puede significar la creación neta de empleos en el sector de manufacturas, en la energía renovable y en la minería del cobre, pudiendo crear un millón de empleos en América Latina y el Caribe hacia 2030 (OIT, 2018b). Sin embargo, la transición significará pérdidas de

¹ Véase la Encuesta de Precios de Baterías de BNEF de 2019.

empleo en sectores intensivos en carbono, lo que puede generar oposición política a las estrategias de descarbonización. Más abajo se abordan formas de manejar ese problema.

Otra oportunidad para aumentar la eficiencia económica y mejorar los resultados ambientales y de salud avanzando simultáneamente hacia la descarbonización es eliminar o reducir los subsidios a la energía, que son generalizados en la región. Quitar los subsidios y aprobar la aplicación de impuestos ambientales en todo el mundo resultarían en una disminución del 21% de las emisiones globales de CO₂ y aumentarían los ingresos fiscales en un 3% del PIB de 2017. En América Latina y el Caribe, el cambio en las cuentas fiscales sería de entre 1% y 1,5% del PIB (Coady et al., 2017).

Teniendo en cuenta los beneficios, los costos de descarbonizar son alcanzables. En 2014, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) estimó que el costo de reducir emisiones para llegar a la meta de 2°C crecería gradualmente, llegando a 2% del PIB en 2030 y a alrededor de 4,5% en 2100, estando los números de la región alineados a los promedios internacionales. Estos costos, medidos en el consumo al que debería renunciarse, representan una reducción anualizada en el crecimiento del consumo de entre 0,04 y 0,14 puntos porcentuales (mediana: 0,06) en relación con el crecimiento anualizado del consumo en el escenario base, que es de entre 1,6% y 3% por año (IPCC, 2015).

Las barreras al cambio

Si bien se puede lograr una economía de cero emisiones netas en la región a costos razonables y con un beneficio neto positivo, hay numerosos obstáculos a superar en el camino. La experiencia y los análisis internacionales proporcionan evidencia sobre las limitaciones económicas, financieras y regulatorias que impiden la descarbonización, y muestran cómo pueden comenzar a eliminarse mediante reformas de políticas.

Modelos de negocio en el sector del transporte

En el sector del transporte, por ejemplo, la organización predominante del mercado puede ser un obstáculo para la adopción de buses eléctricos. Los buses eléctricos son rentables a lo largo de su vida útil porque tienen costos operativos más bajos que los que utilizan diésel. Sin embargo, el alto costo de las baterías, que puede representar más de la mitad del costo de un bus eléctrico, requiere inversiones iniciales más altas y períodos de amortización más largos para los propietarios de los buses. Los operadores también se enfrentan a incertidumbre respecto del desempeño de largo

plazo de las baterías y del valor de reventa de sus inversiones. Un gran número de operadores de servicios de transporte público son pequeñas y medianas empresas (muchas de las cuales son un único par propietario-conductor que opera en una sola línea) carecen de conocimientos sobre baterías y el funcionamiento de buses eléctricos. Por lo tanto, pueden ser reticentes a asumir el riesgo financiero de que las baterías fallen y también es probable que no tengan acceso al financiamiento para realizar las inversiones iniciales más elevadas para comprar un bus eléctrico.

En Santiago de Chile la solución consistió en reformar las concesiones de las líneas de buses, separando la propiedad de las flotas de la de su funcionamiento. Se ofreció a las compañías eléctricas un contrato para asumir la propiedad de la flota. Dichas firmas pueden gestionar esos contratos a bajo costo dada su gran capacidad financiera, sus conocimientos sobre tecnologías de baterías y el valor residual de las baterías usadas, que pueden utilizarse para proporcionar servicios de red auxiliares. Las compañías eléctricas luego alquilan los buses eléctricos a empresas de transporte, que se benefician de una mayor certidumbre en materia de costos. Como resultado de las reformas, se introdujeron 200 buses eléctricos en 2019, a los que se sumarán otros 500 en 2020 hasta llegar a un 80% de la flota eléctrica hacia 2022.

El diseño de mercado y las tarifas en el sector eléctrico: un tema candente

En el sector eléctrico, los diseños de mercado predominantes suelen reservar un porcentaje del mercado para la generación térmica (a menudo basada en gas natural) para asegurar la capacidad de responder a variaciones de la demanda. Aumentar el porcentaje de renovables en la matriz de energía eléctrica para alcanzar cero emisiones netas será un desafío para el enfoque tradicional de regulación de los precios de la electricidad. La mayoría de los regímenes de precios de la electricidad en la región se basan en tarifas variables de acuerdo con el consumo (capítulo 9). Sin embargo, a medida que disminuyan los costos de las fuentes de energía renovables no convencionales, como la energía solar fotovoltaica, la estructura de tarifas predominante ofrecerá más incentivos para desconectarse de la red de electricidad. Para evitar esto —y para poder ampliar y mantener la red como un bien público—, la estructura de precios de la electricidad tendrá que cambiar a un esquema donde los costos fijos desempeñen un papel más importante. La modificación exitosa de las estructuras de tarifas depende de datos detallados y modelos precisos del sector eléctrico que permitan a las compañías eléctricas obtener un

retorno adecuado del capital invertido y al mismo tiempo poder brindar servicios asequibles a los hogares de bajos ingresos y vulnerables. Muchos países no tienen la capacidad regulatoria suficiente para adoptar estos cambios. Esta deficiencia regulatoria, combinada con un sesgo natural a favor del statu quo, constituye una barrera para la adopción rápida de las energías renovables no convencionales. Superar esa barrera depende de cambios regulatorios decisivos.

Los precios de la energía y su impacto en la desigualdad

La incapacidad de alinear los precios de la energía con los costos sociales puede perjudicar la adopción de tecnologías libres de carbono. Desde hace tiempo, los economistas insisten en que el precio del carbono debe ser el instrumento preferido para incentivar la reducción de las emisiones de GEI al menor costo social. Pero, en cambio, muchos gobiernos subsidian la energía generada con combustibles fósiles.

Los impuestos ambientales y las reformas que reducen o eliminan los subsidios a la energía han sido difíciles de implementar en parte por sus impactos adversos en el costo de los alimentos y en los servicios públicos. Estos efectos conspiran contra el objetivo de proporcionar servicios de infraestructura asequibles e inclusivos y aumentan la resistencia a las estrategias de descarbonización. Anticipar el impacto en los consumidores de los aumentos de precios y compensar a los hogares perjudicados mejoraría la economía política de las reformas y permitiría alinear las reformas de precios motivadas por razones ambientales con objetivos de desarrollo más amplios. La comunicación y la participación de los actores interesados en el diseño de las reformas de precios y de los paquetes de compensación son cruciales para su viabilidad política.

Los programas de transferencias monetarias condicionadas pueden ser una opción para compensar a los consumidores afectados. Las transferencias monetarias constituyen una de las maneras más eficientes de proporcionar asistencia social, y varios países de la región ya tienen programas de transferencias monetarias condicionadas. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) estima que asignar el 30% de la recaudación generada por impuestos al carbono a un programa de transferencias monetarias podría ser suficiente, en la mayoría de los casos, para compensar a los hogares pobres y vulnerables, dejando el 70% de los ingresos de dichos impuestos para financiar otras prioridades de desarrollo (Vogt-Schilb et al., 2019).

Las transferencias en especie son otra opción. La consecuencia de establecer impuestos al carbono y de la eliminación de los subsidios a la energía en los hogares es el incremento del precio de los alimentos, del

transporte público, de la electricidad y de los combustibles utilizados para calefacción y para cocinar. Para proteger a los hogares vulnerables, los gobiernos pueden enfocarse en proporcionar esos bienes directamente a precios asequibles; por ejemplo, mediante subsidios focalizados del transporte público, cupones de alimentación y descuentos al consumo de electricidad otorgados mediante la factura (Schaffitzel et al., 2020).

Las reformas en los esquemas de subsidios y tarifas pueden reducir la competitividad de las empresas proveedoras de los servicios aumentando la posibilidad de tener activos en desuso si esas firmas quiebran. Por ejemplo, un aumento considerable en el precio del carbono para toda la economía chilena podría hacer que las centrales eléctricas en base a carbón dejen de ser rentables de la noche a la mañana, y el resultado sería el despido inmediato de miles de empleados. En muchos países, la eliminación repentina de los subsidios al diésel podría llevar a la quiebra a propietarios de buses o aumentar drásticamente el precio del transporte público. Aunque estos resultados puedan ser económicamente razonables, serían difíciles de digerir políticamente. Las políticas ambientales pueden beneficiar a la sociedad en su conjunto, pero si sus costos recaen en grupos pequeños, esos grupos se organizarán rápidamente para oponerse a las medidas. Y los opositores concentrados se organizan más fácilmente que los promotores y beneficiarios difusos, lo cual hace que la economía política de las políticas ambientales sea difícil de sostener.

Una limitación de los instrumentos que buscan alterar el precio del carbono es que su impacto en los precios de la energía de combustibles fósiles podría verse contrarrestado por menores precios internacionales del petróleo, lo que erosionaría los incentivos para que las empresas y los consumidores se descarbonicen; esto es lo que se denomina la paradoja verde. Las políticas para descarbonizar los servicios tendrán que combinar los instrumentos que afectan precios (por ejemplo, impuestos al carbono) con otros instrumentos, como cuotas obligatorias mínimas de energías renovables no convencionales en la matriz de generación eléctrica.

Prohibir las tecnologías contaminantes y exigir tecnologías limpias

Las políticas que promueven las inversiones en infraestructura limpia sin penalizar el uso de la infraestructura contaminante existente pueden ser efectivas para promover la descarbonización con una mayor aceptabilidad social y política. Muchos países, como Argentina y México, han utilizado cuotas obligatorias de fuentes limpias (principalmente de renovables no convencionales) en la matriz de generación eléctrica. Si las inversiones en energía limpia pueden satisfacer todo el crecimiento de la demanda,

progresivamente irán reemplazando a los servicios existentes a medida que las instalaciones se vuelvan obsoletas. Con este fin, los gobiernos pueden prohibir la creación de nuevos activos intensivos en carbono. Por ejemplo, Chile ha vedado la construcción de nuevas centrales de carbón. Noruega, Francia y el Reino Unido se han comprometido a prohibir la venta de vehículos a gasolina y diésel hacia 2025, 2040 y 2050, respectivamente, y Bolivia ha eliminado la venta de nuevas bombillas incandescentes impulsando en cambio el uso de bombillas LED o fluorescentes eficientes.

La planificación para cero emisiones netas de carbono: en el camino equivocado

Así como una planificación de infraestructura mal orientada puede ser una barrera para la descarbonización, una buena planificación puede y debe alinear las decisiones de inversión en infraestructura a corto plazo con objetivos de largo plazo. Desafortunadamente, la mayoría de la planificación actual en América Latina y el Caribe no está bien alineada con el objetivo de la descarbonización.

Evitar la trampa del carbono y los activos en desuso

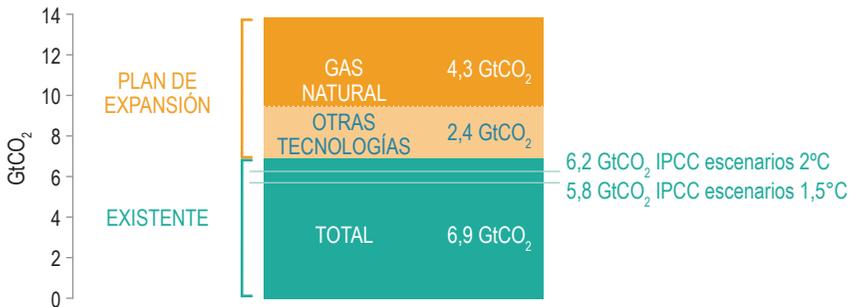
Dado que la infraestructura y los equipos que producen emisiones suelen tener una extensa vida útil, las metas de descarbonización a largo plazo dependen de las decisiones de inversión que se tomen hoy. Por ejemplo, los automóviles pueden usarse por más de 15 años y las centrales eléctricas por más de 40 años, mientras que los sistemas de transporte como los metros pueden durar aún más. Desplegar hoy infraestructura o equipos intensivos en carbono puede fijar las emisiones de 2030, 2050 y más allá.

En términos globales, la infraestructura existente que utiliza combustibles fósiles (centrales eléctricas, plantas industriales y equipos de transporte) no se corresponde con la meta de limitar a 1,5°C el aumento de la temperatura. De ser operada en su capacidad total, dicha infraestructura emitirá cumulativamente más de 650 gigatoneladas de CO₂ (GtCO₂) a lo largo de su vida útil. Estas emisiones “comprometidas” ya son superiores a las cifras de entre 420 GtCO₂ y 580 GtCO₂ que el IPPC estima que se pueden emitir en todo el planeta para permanecer por debajo de la meta de 1,5°C de aumento de la temperatura. Para cumplir con las metas globales de temperatura, parte de la infraestructura existente tendrá que ser retirada antes o modernizada con tecnología de captura y almacenamiento de carbono, que es cara y aún no es comercialmente viable. En el caso concreto de la generación de energía, las estructuras instaladas que

utilizan combustibles fósiles corren el riesgo de caer en desuso. Para que los objetivos climáticos globales se cumplan, la mayoría de las reservas de combustibles fósiles existentes tendrán que permanecer bajo el suelo, lo que incluye hasta el 80% de las reservas de petróleo de América Latina y el Caribe (Solano-Rodríguez et al., 2019). Los responsables de las políticas públicas en los países que explotan combustibles fósiles no deberían prever que una demanda sostenida de petróleo financiará sus planes de inversión a través de los ingresos por regalías por mucho tiempo; más bien, deberían revisar sus estrategias fiscales y las políticas de exportaciones antes de que sea demasiado tarde.

La construcción de todas las plantas de generación eléctrica que utilizan combustibles fósiles planificadas o anunciadas en América Latina y el Caribe llevaría las emisiones comprometidas a 14 GtCO₂, cifra muy superior a las emisiones de 6 GtCO₂ del sector eléctrico de la región que el IPCC considera consistentes con las metas de limitar a 1,5°C o 2°C el aumento de la temperatura global (gráfico 7.3).

Gráfico 7.3
Emisiones comprometidas del sector eléctrico de la región vs. emisiones consistentes con las metas de temperatura en los escenarios del IPCC



Fuente: González-Mahecha et al. (2019).
Nota: Escenarios IPCC hasta 2050.

LAS EMISIONES DE LAS CENTRALES ELÉCTRICAS EXISTENTES Y PLANIFICADAS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE SON INCONSISTENTES CON LAS METAS PARA LIMITAR LOS AUMENTOS DE TEMPERATURA A LOS NIVELES ESTABLECIDOS EN EL ACUERDO DE PARÍS.

Las proyecciones de las emisiones en la región indican que muchas opciones tecnológicas que reducen marginalmente las emisiones —como utilizar gas natural para reemplazar el carbón en la generación eléctrica, o promover estándares más estrictos de consumo de gasolina en el caso

de los vehículos— generarían considerables emisiones comprometidas que dificultarían el cumplimiento de las metas de aumento de temperatura. Para evitar la trampa del carbono, los gobiernos tendrán que actuar con celeridad para reducir las emisiones y enfocarse en opciones que sean consistentes con una rápida transición a cero emisiones netas, como por ejemplo la adopción de vehículos eléctricos junto con una matriz energética basada en electricidad libre de carbono.

Más allá de las opciones tecnológicas, la planificación urbana, que en la región ha impulsado la demanda y el uso del vehículo privado como medio de transporte, puede tardar siglos en cambiar. Muchas de las ciudades de más rápido crecimiento de América Latina y el Caribe se caracterizan por una baja densidad que genera una fuerte dependencia a los vehículos individuales. Si los responsables de las políticas no adoptan medidas para descarbonizar el transporte y para generar una mayor densidad en las ciudades, que pueda ser atendida por redes de transporte masivo eficientes, puede que hacia 2030 ya se enfrenten a una tarea imposible.

Tibio comienzo para las NDC

Una planificación inadecuada también puede bloquear la descarbonización. La actual ronda de compromisos para reducir emisiones, delineada en las NDC, que es el instrumento de planificación acordado por la comunidad internacional para orientar las acciones en materia de descarbonización, resulta insuficiente; en su conjunto, fracasaría en el objetivo de poner a las economías en camino para limitar el calentamiento global por debajo de 2°C. Globalmente, las NDC actuales permitirán emisiones de 52 GtCO_{2eq} a 58 GtCO_{2eq} (equivalentes de dióxido de carbono) en 2030, en lugar de las 15 GtCO_{2eq} a 30 GtCO_{2eq} necesarias para cumplir con la meta de 1,5°C (UNEP, 2018). Paradójicamente, las políticas, las leyes y las inversiones diseñadas para apoyar la implementación de las NDC existentes podrían erigir obstáculos técnicos y económicos para el logro de las metas para limitar los aumentos de temperatura del Acuerdo de París.

Para lograr las metas de emisiones consistentes con el objetivo de limitar a 1,5°C o 2°C el aumento de la temperatura global, América Latina y el Caribe deberá generar el 83% y el 90% de su electricidad, respectivamente, de fuentes libres de carbono hacia 2050, desde el 53% en 2015 (Binsted et al., 2019). Sin embargo, en el marco de las NDC presentadas por los países de la región, el porcentaje de fuentes libres de carbono permanecerá estable en un 53% hacia 2030, y

la mitad del crecimiento de la demanda de electricidad a lo largo de la próxima década sería satisfecha por centrales a gas natural. Si se decidiera ampliar el rol de la generación renovable, las centrales de combustibles fósiles tendrían que cerrarse mucho antes del final de su vida útil. Este resultado confirma que queda poco espacio para que el gas natural actúe como “combustible puente” en la transición a un sistema eléctrico de cero emisiones netas.

La buena noticia es que el Acuerdo de París anticipó esta situación. En el marco del acuerdo, se espera que los gobiernos aumenten los objetivos de sus NDC cada cinco años. Para cumplir las metas de temperatura del Acuerdo, la próxima ronda de NDC debería reflejar la necesidad de una neutralidad de carbono a largo plazo. También debería incluir medidas de corto plazo para minimizar el riesgo de activos en desuso y posibilitar una transformación sustancial de la matriz de generación eléctrica hacia 2030.

La necesidad de estrategias de largo plazo

Para hacer operativa una estrategia que minimice los activos en desuso en la transición a cero emisiones netas, los gobiernos pueden utilizar lo que se ha denominado “planes de descarbonización” o “estrategias de largo plazo” (BID/DDPLAC, 2019). Una estrategia de largo plazo tiene tres objetivos: i) elaborar una visión compartida respecto de dónde quiere estar el país en varias décadas adelante en términos de descarbonización, prosperidad y desarrollo (con énfasis en los servicios de infraestructura necesarios para lograrlo); ii) anticipar y mitigar los costos potenciales y los costos de oportunidad en la transición, de manera de asegurar una transición viable y justa; y iii) alinear la planificación sectorial con el objetivo de descarbonización a largo plazo, y establecer una hoja de ruta de las inversiones y reformas de políticas complementarias para lograr la transición.

Costa Rica tiene la estrategia más avanzada y ambiciosa de la región. Su plan nacional de descarbonización, publicado en 2019, apunta a llegar a cero emisiones netas hacia 2050. Establece metas de mediano y corto plazo para monitorear los avances de todos los sectores que generan emisiones en su economía. Uno de sus objetivos a largo plazo es que un 85% de los buses y un 95% de los vehículos funcionen tracción a electricidad en 2050. Reconociendo que la transformación de las flotas requiere tiempo, el plan establece una meta de mediano plazo consistente en electrificar el 30% de los buses y los vehículos hacia 2035 (Gobierno de Costa Rica, 2019). El plan incluye metas similares para la

generación de electricidad, la agricultura, la silvicultura, la ganadería y la gestión de residuos. Estas metas de mediano plazo deberían servir para actualizar las NDC y alinearlas con el objetivo de descarbonización a largo plazo.

El Acuerdo de París invita a los países a diseñar y comunicar sus estrategias de descarbonización de largo plazo hacia 2050. A comienzos de 2020, Costa Rica y México eran los únicos países de la región que comunicaron sus estrategias a Naciones Unidas en tiempo y forma. La “estrategia de mediados de siglo” de México parte del objetivo de recortar hacia 2050 la mitad de las emisiones de GEI en relación con los niveles de 2000, respaldado por metas para la penetración de la electricidad renovable (hasta el 50% en 2050), para mejorar la eficiencia energética de los vehículos, y explora escenarios para contener la deforestación (SEMARNAT/INECC, 2016). En 2019, 21 países de la región anunciaron que estaban trabajando en planes para alcanzar cero emisiones netas hacia 2050 (Gobierno de Chile, 2019).

La experiencia internacional brinda buenas prácticas en el diseño de una estrategia de descarbonización de largo plazo (BID/DDPLAC, 2019). Entre ellas, se destacan: i) establecer una visión clara de largo plazo y obligaciones a nivel político (como la ley de cambio climático de México y el mandato del jefe de Estado en Costa Rica); ii) utilizar modelos para establecer las guías sectoriales para lograr aquellos objetivos; iii) realizar consultas con los actores interesados para afinar y validar las metas y aumentar la adhesión de los sectores que serán responsables de implementarlas; y iv) reconocer que la descarbonización de una economía puede funcionar únicamente como parte de una agenda de desarrollo más abarcadora y de largo plazo que produzca beneficios amplios y minimice los costos de la transición.

La existencia de metas sectoriales claras para la transición a cero emisiones netas permite que los gobiernos identifiquen las barreras para descarbonizar, mejorando así el diseño de las hojas de ruta de reformas de políticas. El plan nacional de descarbonización de Costa Rica brinda un ejemplo claro e integral. Contiene una lista de actualizaciones regulatorias, y de reformas de políticas requeridas para eliminar los obstáculos de la descarbonización, incluyendo:

- Actualizar modelos de negocios de las empresas de buses para posibilitar la electrificación de flotas.
- Analizar posibles reformas de las tarifas eléctricas para incentivar la electrificación de la demanda.
- Introducir estándares de eficiencia energética para dispositivos residenciales e industriales.

- Mejorar los sistemas de pagos por servicios ambientales (PES, por sus siglas en inglés) para promover la reforestación y la restauración de ecosistemas con alta absorción de carbono.

El plan también define las necesidades de inversión en infraestructura, como el diseño de carriles para uso exclusivo de los buses para aumentar la participación modal del transporte público.

Las estrategias de largo plazo también pueden ayudar a los gobiernos a planificar una transición justa e inclusiva para los hogares y para las comunidades. El gobierno de Chile ha establecido el objetivo de eliminar la generación eléctrica con carbón hacia 2040. Esto crearía entre 2.000 y 8.000 empleos adicionales en la industria de la energía renovable hacia 2030, pero también eliminaría 4.000 empleos en las centrales de carbón (Vogt-Schilb y Feng, 2019). Si bien estas cifras son insignificantes como porcentaje del mercado laboral de Chile, pueden ser importantes a nivel local. En las comunidades más afectadas, hasta el 7% de los habitantes trabaja en centrales de carbón (Viteri Andrade, 2019).

Una visión de largo plazo otorga a los gobiernos tiempo para anticiparse al impacto de la descarbonización en las comunidades y en los trabajadores afectados, y para elaborar planes para ayudarlos a adaptarse. Entre las opciones cabe citar: i) ofrecer acceso a protección social general y prestaciones para trabajadores afectados; ii) planificar salidas de servicio graduales para los sistemas viejos de modo que coincidan con la jubilación natural de los trabajadores, mitigando el impacto en los mercados laborales locales; iii) establecer centrales de energías renovables e industrias subsidiarias a estas en las mismas comunidades donde se estén sacando de servicio plantas basadas en carbón; y iv) recapacitar a los trabajadores para que puedan emplearse en los nuevos puestos de las cadenas de suministro de las energías renovables. Estas opciones son cruciales para alinear los objetivos de descarbonización con las metas de desarrollo social.

Por último, una visión de largo plazo proporciona a los gobiernos tiempo para planificar los impactos fiscales de la descarbonización. En última instancia, la viabilidad política de cualquier reforma depende de su efecto en el tesoro público. Y sin embargo, de no haber ajustes en los actuales sistemas tributarios relacionados con el transporte, la adopción de vehículos eléctricos tiene el potencial para reducir los ingresos provenientes de impuestos a la gasolina y al diésel. En ese sentido, la AIE sugiere que para compensar esa base tributaria menguante, los ministerios de Finanzas pueden aumentar gradualmente los impuestos a los combustibles fósiles, ajustar de manera progresiva los impuestos a la electricidad

y a la propiedad de vehículos y, si es posible, aplicar tarifas por kilómetros conducidos o que capturen los efectos de conducir en situaciones de congestión, accidentes y daños en la red vial, entre otras soluciones (AIE, 2019a).

En resumen, las estrategias de largo plazo pueden ayudar a los gobiernos a planificar para llegar a cero emisiones netas, orientar la revisión de las NDC, alinear los planes de infraestructura con los objetivos de desarrollo y de descarbonización, asegurar una transición fluida que evite los activos en desuso y diseñar las hojas de ruta de políticas e inversiones necesarias para que la transición sea políticamente viable. Dado que las estrategias de largo plazo establecen prioridades en las inversiones en infraestructura y las reformas de políticas necesarias para reorientar el desarrollo, pueden facilitar el diálogo con el sector privado, donantes internacionales y organismos multilaterales de crédito. Algunos países de la región ya han dado a conocer sus estrategias y ahora se encuentran en las primeras etapas de la implementación. Es hora de dar un paso más. Se debería otorgar en todos lados la máxima prioridad a una estrategia de descarbonización de largo plazo para alinear los servicios de infraestructura con los objetivos climáticos.



Regreso a la naturaleza: alternativas al hormigón y al acero

No toda la infraestructura es de hormigón. Los ecosistemas naturales y cuasi naturales pueden producir muchos de los mismos servicios que la infraestructura convencional, o “gris”. Por ejemplo, en zonas costeras, los arrecifes de coral y los manglares naturales pueden proporcionar el mismo tipo de protección contra marejadas e inundaciones que los diques, espigones y mamparos. En las ciudades, las terrazas y los espacios verdes cuasi naturales pueden contener la escorrentía de las tormentas, aliviando considerablemente la descarga pluvial al alcantarillado. Además, tanto en zonas rurales como urbanas, los bosques naturales y los humedales artificiales pueden cumplir las mismas funciones de purificación que las plantas de tratamiento de aguas residuales.

En los últimos años, han aumentado exponencialmente la conciencia, el entusiasmo y las inversiones en esta infraestructura verde (IV), tanto en países industrializados como en desarrollo. Por ejemplo, en 2013 la Unión Europea (UE) adoptó una estrategia formal para promover la IV (UE, 2013). En los últimos cinco años, se han implementado proyectos multimillonarios de IV para contribuir a preservar la calidad del agua potable en la ciudad de Nueva York y para reducir la escorrentía de las tormentas en Washington D.C. (Bloomberg y Halloway, 2018; USEPA, 2015). En 2019, el Banco Mundial publicó un informe insignia que catalogaba 81 proyectos del Banco Mundial con componentes de IV en los sectores del medio ambiente, urbano, del agua y agrícola (Browder et al., 2019). También en 2019, el Banco Asiático de Desarrollo (BAsD) y la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN, por sus siglas en inglés) lanzaron un producto de financiamiento de US\$1.000 millones para la IV (BAsD, 2019).

¿Qué papel puede cumplir la IV para contribuir a cerrar la brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe? Cada vez hay más evidencia que sugiere que los responsables de políticas harían bien en considerar cuidadosamente tanto las oportunidades para utilizar la IV como los requisitos

para que esta funcione en cada situación. En cuanto a las oportunidades, hay evidencia considerable que muestra que, bajo ciertas condiciones, la IV puede proporcionar servicios tan efectivamente como la infraestructura gris convencional, y en algunos casos al mismo costo. Además, la IV brinda valiosos servicios que la infraestructura gris convencional no ofrece. Por ejemplo, los arrecifes de coral, las praderas marinas y los manglares no solo ayudan a controlar las inundaciones: también reciclan nutrientes, filtran el agua, proporcionan un hábitat para la flora y la fauna y estimulan las actividades recreativas y el ecoturismo. América Latina y el Caribe está bien posicionada para aprovechar la IV. La región, que a menudo es definida como una superpotencia de biodiversidad, contiene la mitad de los bosques tropicales que quedan en el mundo, una cuarta parte de sus manglares, casi una quinta parte de sus hábitats costeros y el segundo arrecife de coral más grande (Blackman et al., 2014; Bovarnick, Alpizar y Schnell, 2010).

Sin embargo, el uso de la IV también requiere que los responsables de políticas públicas desarrollen conocimientos, capacidades e incluso instrumentos de financiamiento especializados. Hay diversos factores específicos a cada localización que determinan los beneficios y costos de la IV. Por lo tanto, para saber si se debe invertir en IV y cuándo hacerlo, los responsables de las políticas públicas tienen que entender estos factores y cómo intervienen en la localización específica de un proyecto. Por ejemplo: la eficacia de un arrecife de coral para contener las marejadas depende de su posición relativa a la costa, su tamaño, sumersión y características estructurales. Y en general el costo de conservar y restaurar arrecifes de coral dependerá de la salud ecológica del arrecife, de los agentes e instituciones que lo utilizan y que lo gestionan y de si las principales amenazas son la contaminación, la pesca u otros factores. Los responsables de políticas deben comprender cómo intervienen todos estos factores en la localización propuesta para un proyecto. Dadas estas oportunidades y requisitos especiales, la aplicación exitosa de la IV demanda una planificación cuidadosa.

Grandes rasgos de la infraestructura verde

Este capítulo se enfoca en seis tipos de IV que han recibido considerable atención en la literatura: arrecifes de coral, manglares, bosques, humedales artificiales, terrazas verdes y espacios verdes.¹ Estos tipos de IV abarcan cuatro entornos geofísicos: marino, costero, terrestre y urbano (cuadro 8.1).

¹ Los tipos de IV omitidos incluyen: bancos de ostras, pastos marinos, dunas, marismas salinas, muros verdes, fachadas verdes, bosques urbanos, humedales urbanos y captación de aguas pluviales.

Cuadro 8.1

Tipos de infraestructura verde analizados en este capítulo

Contexto geofísico	Tipo de infraestructura verde
Marino	Arrecifes de coral
Costero	Manglares
Terrestre	Bosques
	Humedales construidos
Urbano	Terrazas verdes
	Espacios verdes

Fuente: Elaboración de los autores.

Como ya se señaló, la IV proporciona diversos servicios. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de 2005, agrupa los servicios ambientales en cuatro categorías (cuadro 8.2): servicios de aprovisionamiento, que implica el suministro de productos, como alimentos y leña, que son directamente consumidos por seres humanos; servicios de regulación, como control de inundaciones y de purificación del agua, relacionados con la regulación de procesos ecológicos; servicios culturales, que se refieren a beneficios no materiales como el bienestar espiritual y la recreación; y servicios de apoyo, que son procesos ecológicos básicos como la formación de suelos y el reciclaje de nutrientes, que mantienen los ecosistemas sin necesariamente beneficiar a las personas de manera directa (MEA, 2005).

El cuadro 8.3 resume, a partir de las categorías de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, los servicios ambientales proporcionados por

Cuadro 8.2

Categorías de servicios ambientales

Suministro	Regulación	Cultural
Productos obtenidos de los ecosistemas <ul style="list-style-type: none"> • Alimentos • Agua dulce • Leña • Fibras • Bioquímicos • Recursos genéticos 	Beneficios obtenidos de la regulación de los procesos ecológicos <ul style="list-style-type: none"> • Control de inundaciones • Regulación del clima • Regulación de enfermedades • Regulación del agua • Purificación del agua • Polinización 	Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas <ul style="list-style-type: none"> • Espirituales y religiosos • Recreación y ecoturismo • Estéticos • Inspiracionales • Educativos • Sentido del lugar • Herencia cultural
Servicios de apoyo		
Servicios necesarios para la producción de todos los otros servicios ambientales <ul style="list-style-type: none"> • Formación de los suelos • Ciclo de los nutrientes • Producción primaria 		

Fuente: MEA (2005).


Cuadro 8.3
Servicios ambientales asociados con infraestructura verde, por tipo

Infraestructura verde	Regulación	Suministro	Cultural	Apoyo	Fuentes
Marino	<ul style="list-style-type: none"> Regulación inundaciones costeras Regulación de erosión costera Retención de sedimentos Formación de playas/rietas farmacéuticas Regulación del clima 	<ul style="list-style-type: none"> Pesquerías Acuicultura Biota para comercio de acuarios Prospecciones farmacéuticas Materiales de construcción Materiales decorativos 	<ul style="list-style-type: none"> Turismo y recreación Educación e investigación Valor científico Apreciación estética Sitios espirituales sagrados 	<ul style="list-style-type: none"> Ciclo de los nutrientes Provisión de hábitats 	UNEP-WCMC (2006)
Costero	<ul style="list-style-type: none"> Regulación inundaciones costeras Regulación de erosión costera Retención de sedimentos Filtración/purificación del agua Regulación del clima 	<ul style="list-style-type: none"> Pesquerías Acuicultura Leña Recolección de plantas medicinales 	<ul style="list-style-type: none"> Turismo y recreación Educación e investigación Valor científico Apreciación estética Sitios espirituales sagrados 	<ul style="list-style-type: none"> Ciclo de los nutrientes Provisión de hábitats 	UNEP-WCMC (2006) Lawrence, Baker y Lovelock (2012)
Terrestre	<ul style="list-style-type: none"> Regulación de la calidad del agua Regulación de inundaciones Control de erosión de los suelos Biorregulación (enfermedad) Regulación del clima 	<ul style="list-style-type: none"> Suministro de agua Cultivo/cosecha de alimentos Refugio Leña Recolección de plantas medicinales 	<ul style="list-style-type: none"> Turismo y recreación Educación Valor científico Apreciación estética Sitios espirituales sagrados 	<ul style="list-style-type: none"> Formación de suelos Producción biótica Ciclo de los nutrientes Provisión de hábitats 	Maass et al. (2005) Campbell et al. (2007) Lawrence, Baker y Lovelock (2012) Brandon (2014) Elias y May-Tobin (2011)

(continúa en la página siguiente)

Cuadro 8.3 Servicios ambientales asociados con infraestructura verde, por tipo (continuación)

Infraestructura verde	Regulación	Suministro	Cultural	Apoyo	Fuentes
Humedales construidos	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de aguas residuales • Regulación de inundaciones • Regulación del clima 	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de agua • Materiales decorativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Turismo y recreación • Apreciación estética 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo de los nutrientes • Producción biótica • Provisión de hábitats 	<ul style="list-style-type: none"> • DiMuro et al. (2014) • Nahlik y Fennessy (2016) • Sandoval-Herazo et al. (2018)
Terrazas verdes	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación de la escorrentía de agua de lluvia • Tratamiento del agua • Regulación del clima 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales decorativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Apreciación estética 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo de los nutrientes • Producción biótica • Provisión de hábitats 	<ul style="list-style-type: none"> • Konnerup, Trang y Brix (2011) • UNEP-IDH (2014) • Fioretti et al. (2010) • Santamouris et al. (2005)
Espacios verdes (jardines con biofiltración y jardines de lluvia)	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación de la escorrentía de agua de lluvia • Tratamiento de aguas • Regulación del clima 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales decorativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Recreación y cohesión de la comunidad • Apreciación estética 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo de los nutrientes • Producción biótica • Provisión de hábitats 	<ul style="list-style-type: none"> • UNEP-IDH (2014) • Mehring et al. (2016)

Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: Los servicios eco sistémicos en negritas son aquellos en los que se centra la sección siguiente. La producción biótica se refiere al crecimiento de las plantas. La regulación del clima se refiere a la regulación local, regional, continental y global de los flujos de energía (radiación, calor) y materiales (por ejemplo, agua, carbono, nitrógeno) entre la atmósfera, los océanos y los sistemas terrestres (Brandon, 2014). La regulación de la calidad del agua se refiere a las reducciones de los contaminantes del agua, los fertilizantes y otros nutrientes, sólidos en suspensión y microorganismos.

cada uno de los seis tipos de IV en los que se enfoca este capítulo. Aunque cada tipo de IV ofrece múltiples servicios ambientales, normalmente estos tipos de IV se planifican y/o gestionan para brindar un único servicio ambiental de regulación o a lo sumo un pequeño número de ellos. Como el interés de este libro es evaluar el potencial de la IV para sustituir o complementar la infraestructura gris convencional, este capítulo se enfoca en aquellos servicios ambientales de regulación que pueden sustituir a servicios proporcionados por infraestructura gris. Estos servicios ambientales se destacan en negritas en el cuadro.

El trazo más fino de la infraestructura verde

El peso de la evidencia sugiere que, bajo condiciones adecuadas, la IV puede proporcionar servicios de infraestructura tan efectivamente y a veces al mismo costo que la infraestructura gris.

Arrecifes de coral para el control de inundaciones costeras

Eficacia. Los arrecifes de coral regulan las inundaciones costeras atenuando la energía de las olas.² En promedio, reducen la energía de las olas en un 97% y su altura en un 84% (Ferrario et al., 2014). Comparados con otros tipos de IV costeros (praderas marinas, marismas salinas y manglares), los arrecifes tienen el mayor potencial de protección costera porque son altamente efectivos en reducir la altura de las olas y porque suelen estar en las zonas expuestas a olas más poderosas (Narayan et al., 2016). Sin embargo, su efectividad para atenuar la energía de las olas depende de factores específicos de cada localización, como su grado de inmersión y de tersura; los arrecifes más sumergidos y lisos son menos efectivos (Beck et al., 2018).

Costo-efectividad. Desde una perspectiva de políticas, hay dos grandes estrategias para aumentar o mantener los servicios ambientales que proporciona la IV: su conservación y su restauración. Para preservar los arrecifes de coral existentes, la principal opción de políticas es establecer zonas marinas protegidas, que ayudan a conservar todos los tipos de IV marina, incluidos los manglares. Los costos de establecer y

² La energía de las olas, el transporte y captura de energía de las olas superficiales de los océanos, es una función de la altura, el largo y la velocidad de las olas. La atenuación de las olas tiene como resultado una menor altura de las mismas (Wright, Collin y Park, 1999).

gestionar zonas marinas protegidas son variables: fluctúan desde menos de US\$100 a más de US\$1 millón por km², dependiendo, entre otros factores, de su tamaño y de su antigüedad; no es de extrañar que las grandes zonas marinas protegidas y las más antiguas sean menos costosas, porque los costos fijos iniciales se reparten a lo largo de una zona más amplia y durante una mayor cantidad de tiempo (McCrea-Strub et al., 2011; Balmford et al., 2004).

Los arrecifes de coral pueden ser restaurados transplantando coral cultivado en laboratorios, en viveros in situ y, como se señala en el recuadro 8.3, desplegando estructuras artificiales de arrecifes. Los costos son elevados en comparación con otros tipos de IV, oscilando entre un promedio de US\$4.479.769 por hectárea en los países desarrollados y de US\$48.308 por hectárea³ en los países en desarrollo (Bayraktarov et al., 2016). A pesar de este alto precio, la restauración puede ser costo-efectiva en comparación con la infraestructura gris. Por ejemplo, la Facilidad de Seguros contra Riesgo de Catástrofes para el Caribe (2010), que analizó 20 enfoques de reducción del riesgo costero, incluyendo tanto soluciones de IV como gris, señala que la restauración de arrecifes es uno de los enfoques más costo-efectivos en siete de los ocho países involucrados.

Manglares para el control de inundaciones costeras

Eficacia. Los manglares, que son bosques intermareales dominados por árboles y arbustos adaptados a los hábitats costeros, reducen en promedio la altura de las olas provocadas por el viento en un 31% y las provocadas por ciclones en un 60% (Narayan et al., 2016). Son resilientes ante las tormentas y, por lo tanto, proporcionan una protección confiable en eventos recurrentes (Dahdouh-Guebas et al., 2005). Su capacidad para atenuar la energía de las olas depende de factores específicos del lugar, incluidas las características de los propios manglares (como la composición por especies y edad), las características del ecosistema (como profundidad del agua, pendiente y la presencia de vegetación adyacente) y las características del evento de oleaje, como la altura y velocidad de las olas (Alongi, 2008; Hashim, Catherine y Takaijudin, 2013; Mclvor et al., 2012). A pesar de que los manglares son efectivos para amortiguar la energía de las olas, a menudo se encuentran en zonas protegidas y, como resultado, no están bien ubicados para mitigar el impacto de las olas más grandes y poderosas (Narayan et al., 2016).

³ Los costos de restauración de los arrecifes de coral y los manglares se calculan utilizando dólares de Estados Unidos de 2010.

Costo-efectividad. Las zonas marinas protegidas son el principal medio de conservación de la IV marina, incluyendo los manglares, y su establecimiento y costos operativos tienen gran variación. La restauración de los manglares implica normalmente plantar semillas, plántulas y propágulos, despejar plantas invasivas y dragar y ajustar el contorno del sitio (Bayraktarov et al., 2016). Comparado con otros tipos de IV marina, los manglares tienen los costos de restauración más bajos por hectárea (un promedio de US\$42.801 por hectárea en los países desarrollados y de US\$1.413 por hectárea en los países en desarrollo), en parte porque los proyectos de restauración de manglares suelen abarcar superficies extensas (Bayraktarov et al., 2016).

Bosques para regular la calidad del agua

Eficacia. Los bosques pueden impedir con eficacia que los sedimentos y otras impurezas de las escorrentías contaminen el agua superficial (Hewlett, 1982; Bruijnzeel, 2004; Hurley y Mazumder, 2013). Sin embargo, estas propiedades de purificación del agua no son ni sencillas, ni lineales; dependen de una diversidad de características específicas de cada localización, incluyendo la proximidad de los bosques al agua superficial (Curtis y Morgenroth, 2014; Hurley y Mazumder, 2013).

Costo-efectividad. Hay considerable evidencia econométrica que muestra una correlación negativa a nivel de cuencas entre la cobertura forestal y los costos de tratamiento del agua (Abildtrup, García y Stenger, 2013; Fiquipron, García y Stenger, 2013; Warziniack et al., 2017; Singh y Mishra, 2014; Ernst et al., 2004; Freeman et al., 2008; McDonald et al., 2016; Vincent et al., 2016). Uno de los estudios más convincentes es el de Vincent et al. (2016), un análisis econométrico que utiliza datos de panel a nivel de plantas sobre la cobertura forestal circundante y sobre los costos de tratamiento del agua en Malasia. Los autores observan que proteger tanto bosques vírgenes como gestionados de su conversión a usos de tierras deforestadas reduce los costos de tratamiento del agua. La protección de los bosques vírgenes produce una mayor reducción.

Humedales artificiales para regular la calidad del agua

Eficacia. Aunque poco utilizados en América Latina y el Caribe, los humedales artificiales —sistemas de ingeniería que utilizan funciones naturales para tratar las aguas residuales— son una alternativa viable y de bajo costo a las plantas convencionales de tratamiento de aguas residuales (Noyola et al., 2012). Pueden eliminar una gama de contaminantes de

aguas residuales como compuestos orgánicos, patógenos, tierra suspendida, metales y nutrientes, y se han implementado con éxito en diversos sectores económicos (Zhang et al., 2015; Vymazal, 2014; Kivaisi, 2001). Su eficacia es de gran variación porque implican complejos procesos biológicos, químicos y físicos que, a su vez, dependen de parámetros de diseño (Wang et al., 2017; Trang et al., 2010).⁴ Además, suelen tener mejores resultados en climas tropicales y subtropicales, donde las altas temperaturas durante todo el año y la luz solar directa promueven la biodegradación microbiana (Zhang et al., 2015; Kaseva, 2004).

Costo-efectividad. La justificación económica para los humedales artificiales es sólida en numerosas aplicaciones de aguas residuales (Cohen y Orlofsky, 2018). Los costos operativos y de gestión de largo plazo (asociados con el personal, la cosecha de vegetación, el control de insectos y plagas y los costos de energía para las bombas) suelen ser bastante inferiores a los de las plantas de tratamiento convencionales, aunque los costos fijos iniciales no lo son (Arias y Brown, 2009; Zhang et al., 2015). Los humedales artificiales están diseñados para ser sistemas autosostenibles que crecen y mejoran a lo largo del tiempo con limitada intervención humana.

Terrazas verdes para regular el agua de las tormentas

Una terraza verde está parcial o completamente cubierta con vegetación plantada en tierra, o en alguna otra superficie propicia instalada sobre una membrana impermeable. Los dos principales tipos de terrazas verdes son las extensivas, que usan plantas ligeras, y las intensivas, que utilizan vegetación plantada en profundidad (Stovin, 2010). Las terrazas verdes pueden instalarse en edificios nuevos, o añadirse a los ya existentes (readaptación).

Eficacia. Las terrazas verdes son efectivas para atenuar la escorrentía de las tormentas. Por ejemplo, las terrazas verdes readaptadas disminuyen la escorrentía de agua de las tormentas en un 50%-80% (Shafique, Kim y Kyung-Ho, 2018). Este efecto se ve moderado por una gama de factores, como las condiciones climáticas y de temperatura, la estacionalidad, el diseño de las terrazas, la pendiente de los techos, la profundidad y la vida útil deseada, y el tipo de sustrato y vegetación (Shafique, Kim y Kyung-Ho,

⁴ Las opciones clave de diseño incluyen hidrología (flujo de aguas superficiales abiertas versus flujo de aguas subterráneas), vías de flujo de agua (horizontal versus vertical) y tipo de vegetación (plantas acuáticas con hojas, de libre flotación, sumergidas o emergentes) que se pueden combinar para crear un enfoque híbrido (Vymazal, 2014).

2018). Por ejemplo, la cantidad de agua que una terraza puede retener durante un determinado episodio pluvial depende de cuán saturada se encuentre la misma antes del episodio (Stovin, 2010).

Costo-efectividad. Los beneficios privados para los propietarios de los edificios de instalar terrazas verdes —incluyendo una menor demanda de energía y la vida útil más larga de la terraza— normalmente superan a los costos (Enziet al., 2017). Las externalidades de las terrazas verdes también son significativas. Por ejemplo, instalar terrazas verdes extensivas en todos los edificios aptos de Toronto, Canadá, ahorraría alrededor de CAD\$37 millones (US\$20 millones) al año, gracias a la reducción de la escorrentía de agua de tormenta (38%), así como a un menor desborde del alcantarillado (15%), menores costos de energía (22%) y reducción de las islas urbanas de calor (25%) (Banting et al., 2005).

Espacios verdes para regular aguas de tormenta

Los espacios verdes son zonas con vegetación diseñadas para filtrar y reducir la escorrentía de aguas de tormenta (OMS, 2017). Los dos tipos clave son los sistemas de biofiltración, que son franjas de suelos con vegetación, y los jardines pluviales, que son jardines que utilizan plantas, suelos y otras configuraciones que resultan efectivas para retener el agua de lluvia (UNEP-IDH, 2014; Shuster et al., 2017).

Eficacia. Los espacios verdes son efectivos para atenuar la escorrentía de aguas de tormenta. Por ejemplo, sistemas de biofiltración experimentales en California redujeron la escorrentía en un 89%–99%, y una red de jardines de lluvia en Ohio retuvo alrededor de la mitad del volumen del agua que fluía hacia el sistema durante un período de estudio de cuatro años (Xiao y McPherson, 2009; Xiao et al., 2017).

Costo-efectividad. Un análisis de costo-beneficio comparativo de diversos tipos de espacios verdes en Michigan concluyó que las áreas naturales conservadas ofrecían el mayor valor presente neto por volumen de agua reducido, seguidas por los árboles de las calles y, finalmente, por los sistemas de bioretención (Nordman et al., 2018).

La ubicación lo es todo: la clave para analizar inversiones de infraestructura verde

En ciertas localizaciones, la IV puede brindar servicios focalizados de infraestructura de manera efectiva, como la regulación de inundaciones

costeras, y a veces lo puede hacer a un costo menor que el de la infraestructura gris. Además, la IV puede aportar un conjunto de beneficios colaterales, como proporcionar un hábitat para la biodiversidad (cuadro 8.3). Pero la IV no es la mejor opción en todos los casos. Tanto sus beneficios como sus costos dependen crucialmente de factores específicos a las localizaciones, que tienen que ver no solo con su efectividad en la provisión de servicios de infraestructura sino también con la rapidez con la que se los necesita, el valor que los actores interesados otorgan a los beneficios colaterales de la IV y la magnitud de los costos para conservar o restaurar la IV. Otra consideración es la disponibilidad de financiamiento privado y público para la IV. Es probable que la información sobre estos factores esté menos fácilmente disponible que para la infraestructura gris, que tiene registros de más larga data, tiene menos variabilidad de resultados y, en general, es mejor comprendida (Browder et al., 2019). Por lo tanto, es importante que los responsables de políticas recopilen y consideren cuidadosamente esta información específica sobre las localizaciones antes de decidir si invertir en un proyecto concreto de IV y cómo hacerlo.

Cuantificar los beneficios

Una variedad de factores específicos de la localización determina la eficacia de cada tipo de IV para proveer servicios de infraestructura. La recopilación y el análisis de la información sobre esos factores a menudo requieren conocimientos especializados. Lo mismo es válido para los beneficios colaterales que proporciona la IV. Por ejemplo, la medida en que los bosques constituyen un hábitat de biodiversidad y ofrecen oportunidades recreativas y servicios culturales depende de las características de los ecosistemas y de las comunidades locales. Para complicar aún más las cosas, puede resultar difícil estimar el valor monetario de los beneficios colaterales como el hábitat de la biodiversidad y los servicios culturales, porque a menudo estos no se transan ni cotizan en los mercados (Barbier, 2007; Banco Mundial, 2016). En este caso, también se pueden requerir conocimientos especializados para cerrar las brechas de conocimiento.

Además de la variabilidad y el valor de los beneficios que proporciona la IV, los responsables de políticas también deben tener en cuenta la programación en el tiempo de estos beneficios. Mientras que la infraestructura gris convencional normalmente proporciona los servicios deseados poco después de su construcción, algunos tipos de IV tardan años en producir resultados (Ozment, DiFrancesco y Gartner, 2015; Ferrario et al., 2014). Por ejemplo, la tasa de crecimiento de los arrecifes de coral es baja, y un arrecife recién formado o restaurado puede tardar más de una década para colonizar

y construir defensas de protección (Sutton-Grier, Wowk y Bamford, 2015; Ferrario et al., 2014). Por lo tanto, en los casos en que se requieren servicios de infraestructura con urgencia, la IV puede no ser la mejor solución.

Ponderar los costos

La IV puede ser más costo-efectiva que la infraestructura gris, pero no siempre. En algunas intervenciones, los costos fijos y/o variables de la IV pueden ser mayores. En lo que se refiere a costos fijos, algunos tipos de IV, como los manglares, las marismas salinas y los bosques, requieren grandes extensiones de tierra, lo que puede convertirse en un obstáculo cuando el costo de oportunidad de la tierra es alto. Por ejemplo, el costo de oportunidad de la tierra en zonas costeras suele ser relativamente alto y puede representar una barrera para la conservación y restauración de manglares y marismas salinas (Dinesh, Chinchu y Geeji, 2018; Bayraktarov et al., 2016). Los humedales artificiales suelen requerir más tierra que las plantas convencionales de tratamiento de aguas (Brissaud, 2007; Kivaisi, 2001). Sin embargo, las políticas de IV pueden adaptarse para abordar estos problemas. Por ejemplo, se pueden desarrollar algunos tipos de IV, como espacios verdes, en tierras subutilizadas o regenerando terrenos contaminados (van der Waals, 2000).

Mientras que ciertas clases de IV, como los humedales artificiales, tienen costos operativos y de gestión relativamente bajos, otras no, sobre todo en los primeros años de construcción y restauración. Por ejemplo, las terrazas verdes requieren riego, control de plagas y trabajo especializado con una diversidad de dominios expertos, desde horticultura hasta arquitectura, particularmente durante los dos primeros años después de la instalación (Dvorak y Volder, 2010). En cambio, las terrazas convencionales tienen costos operativos y de mantenimiento mínimos (Enzi et al., 2017). De la misma manera, la IV marina necesita mantenimiento a largo plazo y personal altamente calificado, incluyendo biólogos marinos.

Encontrar financiamiento

Muchos de los servicios ambientales que proporciona la IV son bienes públicos disfrutados por toda la sociedad, y no solo por los proveedores de los servicios, que son los propietarios y administradores de la IV. Esto crea el típico problema de las externalidades, que reduce tanto la voluntad de los beneficiarios para pagar la IV, como la voluntad del sector privado para invertir en ella. Esto es menos problemático en casos como las terrazas verdes y los humedales artificiales, que brindan servicios ambientales de los que los proveedores se pueden apropiar más fácilmente. Sin embargo, para

otros tipos de IV suelen requerirse fuentes alternativas de financiamiento (Toxoepus y Polzin, 2017). Las fuentes potenciales son: i) financiamiento público, reconociendo que la IV contribuye beneficios colaterales a la regulación de servicios ambientales; ii) financiamiento privado de personas y empresas interesadas en inversiones verdes; y iii) financiamiento para el desarrollo alineado con mandatos de sostenibilidad (Browder et al., 2019). Los impuestos a los combustibles y las regalías al petróleo en Costa Rica y en el estado brasileño de Espírito Santo, son ejemplos de esfuerzos para generar financiamiento público que contribuye a financiar programas de servicios ambientales (Kissinger, 2014; Blackman y Woodward, 2010).

“No hay dos hojas iguales”:⁵ estudios de casos de infraestructura verde

Tres estudios de casos de América Latina ilustran la importancia de recopilar y tener en cuenta información específica sobre los beneficios y costos de las inversiones de IV. El Fondo del Agua para la Conservación del Río Paute (FONAPA) es un proyecto de WaterFund en el sur de Ecuador que busca, a través de la conservación de bosques, reducir los costos del tratamiento de agua potable suministrada a dos ciudades (recuadro 8.1). Aunque el proyecto fue exitoso para prevenir la deforestación, fue menos exitoso en reducir los costos de tratamiento del agua. La principal razón es

Recuadro 8.1

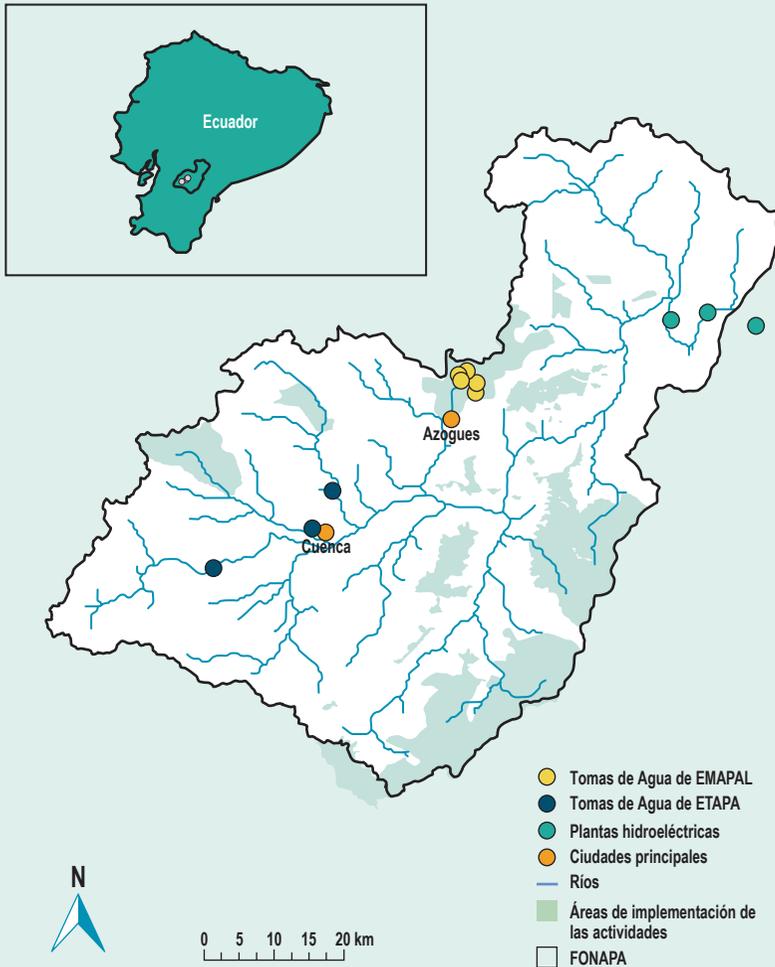
Bosques para mejorar la calidad del agua en Ecuador

Fundado en 2008 y afiliado a la Asociación de Fondos del Agua de América Latina, FONAPA es una iniciativa de múltiples actores interesados en el sur de Ecuador que busca mejorar la calidad del agua superficial conservando los bosques. El Fondo trabaja en la cuenca del río Paute de Ecuador, donde los bosques de montaña y los páramos contribuyen a mejorar la calidad del agua superficial utilizada para suministrar agua potable a Cuenca (con una población de 500.000 habitantes) y Azogues (40.000) (gráfico 8.1.1).

En la cuenca del Paute, FONAPA designó 43 Áreas de Implementación de Actividades (AIA) para la conservación y la restauración abarcando en conjunto 95.000 hectáreas. Dentro de las AIA, FONAPA impone el uso de la tierra y restricciones a los cambios en dicho uso, desincentiva la ganadería y la quema agrícola y proporciona vallado, extensión técnica, educación ambiental e investigación.

⁵ “En un bosque de cien mil árboles, no hay dos hojas iguales. Y no hay dos viajes sobre el mismo sendero que sean iguales” (Coelho, 2010).

Gráfico 8.1.1 Fondo del Agua para la Conservación del Río Paute (FONAPA): cuenca del río Paute y áreas de implementación de actividades



Fuente: Elaboración de los autores.

Se realizó una evaluación cuantitativa para observar si FONAPA fue exitoso en la mejora de la calidad del agua superficial utilizada por los residentes de Cuenca y Azogues (Blackman y Villalobos, 2019). La evaluación tuvo dos partes. La primera utilizó datos de satélite a escala detallada sobre pérdida de bosques, junto con métodos estadísticos que controlan por factores adicionales, para medir el efecto de FONAPA en la deforestación dentro de sus 43 AIA. La segunda recurrió a un modelo hidrológico para generar estimaciones del

efecto de la pérdida de bosques evitada sobre los costos de tratamiento del agua para ETAPA y EMAPAL, las empresas de tratamiento del agua de Cuenca y Azogues.

Los resultados muestran que entre 2008 y 2014 FONAPA redujo la deforestación dentro de sus 43 AIA en un 60%, aproximadamente un 9% al año. Sin embargo, el modelo hidrológico muestra que la deforestación evitada solo tuvo pequeños efectos en los costos de tratamiento del agua. Redujo los costos para ETAPA en menos de un 1%, y para EMAPAL en menos del 3%. Anualmente, estos ahorros en los costos de tratamiento del agua equivalen al 25% del presupuesto operativo de FONAPA. En otras palabras, el valor de los beneficios que genera FONAPA al reducir los costos de tratamiento del agua son menores que los costos del programa.

Un motivo importante por el que FONAPA no ha tenido un mayor efecto en los costos de tratamiento del agua se relaciona con la localización de sus intervenciones de conservación de los bosques. Las AIA de la parte suroeste de la cuenca se encuentran a 10 km o más de las tomas de agua de ETAPA. Esta ubicación disminuye de manera significativa los potenciales beneficios en la calidad del agua de la conservación y restauración de bosques. La decisión de localizar estas AIA lejos de las tomas de agua de ETAPA puede reflejar el hecho de que conservar y restaurar tierras forestales más cerca de Cuenca era un desafío porque los costos de oportunidad eran relativamente altos y/o porque dichas tierras ya habían sido deforestadas.

que FONAPA no definió ni se focalizó en los bosques adecuados; es decir, en aquellos que tendrían el mayor efecto en la calidad del agua utilizada por las plantas de tratamiento.

Un desafío clave en la utilización de la IV es superar las brechas de información, incluyendo los datos sobre el valor de los servicios ambientales proporcionados por la IV y los vínculos entre las características específicas de localización, su eficacia y los costos asociados. Afortunadamente, nuevos métodos para recopilar y analizar datos sobre la IV costera y marina pueden ayudar a los responsables de políticas a cerrar esas brechas. Un Plan Maestro creado para orientar tanto el desarrollo económico como la conservación en una isla de las Bahamas rica en recursos ilustra estas oportunidades (recuadro 8.2). Por ejemplo, los planificadores del proyecto modelaron el vínculo entre la IV y el turismo utilizando geoetiquetado de fotos para estimar la demanda de turismo. El esfuerzo para cerrar las brechas de datos sobre los probables efectos de la IV llevó a los planificadores locales a seleccionar una estrategia de desarrollo que equilibrase el desarrollo económico y la conservación de la IV en lugar de simplemente priorizar el primer objetivo.

Recuadro 8.2

Cerrar brechas de datos en las Bahamas

Andros es la isla más grande, la menos desarrollada y probablemente la más rica en recursos naturales de las Bahamas. Recientemente, el gobierno de las Bahamas, en colaboración con la Universidad de Stanford y la Universidad de las Bahamas, ideó un Plan Maestro para Andros que incluía inversiones en IV para aumentar la resiliencia costera (GOB/BID, 2017; Lemay et al., 2017). El equipo de estudio utilizó un proceso participativo con interesados para diseñar el Plan Maestro. Primero desarrolló cuatro escenarios alternativos titulados: Sin cambios (*business as usual*), Conservación, Prosperidad sostenible y Desarrollo intensivo, cada uno correspondiente a diferentes niveles de IV, desarrollo minero, desarrollo de cruceros y explotación maderera. Para cada escenario, el equipo de estudio estimó el nivel y el valor de tres servicios ambientales distintos ofrecidos por la IV: recursos pesqueros, turismo y protección costera (Sharp et al., 2018).

Luego, calcular esos valores requirió la aplicación de métodos innovadores de recopilación y análisis de datos. Por ejemplo, se utilizó el geoetiquetado de fotos a partir de datos de redes sociales (Wood et al., 2013) e información de encuestas del Ministerio de Turismo de las Bahamas para trazar un mapa del número de visitantes y de los gastos de turistas como función de las actividades humanas y de la salud del ecosistema. Para la protección contra las tormentas se combinaron los resultados de un índice de riesgo costero (que incorporaba información sobre marejadas, olas, viento, elevación, tipo de costa, aumento del nivel del mar y ecosistemas) con datos censales para estimar la cantidad de personas expuestas a peligros costeros y el papel de las praderas marinas, los manglares y los corales en la reducción del riesgo (Arkema et al., 2017). La aplicación de estas y otras nuevas tecnologías de datos dejó claro que la implementación del escenario de desarrollo intensivo tendría como resultado caídas significativas del turismo, de la industria pesquera y de los beneficios relacionados con la protección de las costas, y le asignó valores en dólares a esas pérdidas.

Habiendo estimado el valor de los servicios ambientales asociados con cada uno de los cuatro escenarios alternativos, el equipo de estudio los presentó a los principales actores interesados. Finalmente, el escenario de desarrollo intensivo fue rechazado, y se optó por el escenario de prosperidad sostenible (GOB/BID, 2017).

La experiencia de Puerto Morelos, una comunidad costera de la península mexicana de Yucatán azotada por la erosión crónica de las playas y la vulnerabilidad ante tormentas, también ilustra la importancia de una planificación cuidadosa de la IV. Los responsables de las políticas públicas locales se asociaron con expertos académicos y desarrollaron un plan para enfrentar la erosión y la vulnerabilidad a tormentas, y finalmente se decidió utilizar infraestructura híbrida verde-gris: un arrecife artificial. El arrecife ha sido

exitoso restaurando los procesos naturales que reabastecen la playa y protegiendo contra desastres naturales.

Recuadro 8.3

Infraestructura híbrida verde-gris en México

La erosión de las playas es un problema cada vez más grave en numerosos países de América Latina y el Caribe.^a Hay tres grandes factores responsables por ello: el aumento del nivel del mar provocado por el calentamiento global, la destrucción de la IV costera debido a la urbanización, y la proliferación de infraestructura gris mal planificada, como los malecones. Los problemas de erosión de las playas suelen ser particularmente urgentes en centros costeros dedicados al turismo porque allí es donde la urbanización ha sido más intensa y donde la erosión de las playas puede provocar el máximo daño económico.

Los enfoques habituales para detener la erosión de playas son el abastecimiento artificial, que implica transportar arena de dunas alejadas de la costa hacia la playa, y el despliegue de infraestructura gris (malecones, rompeolas y espigones). Ambos enfoques, sin embargo, tienen graves defectos, incluyendo la limitada disponibilidad a largo plazo de la arena alejada de la costa que se puede utilizar para el abastecimiento y la tendencia de la infraestructura gris a simplemente trasladar los problemas de erosión de un lugar a otro. Dadas estas limitaciones, una solución cada vez más habitual es utilizar infraestructura híbrida verde-gris: arrecifes artificiales construidos con hormigón y acero y otros materiales fabricados por el hombre, pero eventualmente colonizados por corales y otra flora y fauna marina.

Puerto Morelos es un puerto y un pueblo turístico ubicado unos 35 km al sur de Cancún, en la península mexicana de Yucatán. A diferencia de otros lugares turísticos cercanos, el puerto no tiene en frente al Arrecife Mesoamericano, cuya sección más cercana se encuentra a unos 500 metros de distancia. A comienzos de la década de 2000, la erosión de la playa en Puerto Morelos era un problema creciente, exacerbado por la construcción de un puerto deportivo y de otras estructuras. La susceptibilidad del puerto a daños por tormentas se hizo evidente durante ese período. Los dos problemas llegaron a un punto crítico en agosto de 2007, cuando las olas, la marejada, el viento y la corriente asociados con el huracán Dean depositaron toneladas de arena en las instalaciones de un importante balneario turístico.

Los planificadores locales decidieron que hacía falta una estrategia para abordar tanto la susceptibilidad de Puerto Morelos ante los daños de tormentas como la erosión crónica de su playa. Trabajando con científicos del laboratorio de ingeniería costera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), finalmente decidieron construir un arrecife artificial, esperando que pudiera disipar la energía de las olas, contribuir a restaurar el reabastecimiento natural de la playa que había sido alterado por las estructuras de ingeniería existentes, que

fuera colonizado a bajo costo por corales del cercano Arrecife Mesoamericano y que preservara la belleza valorada por los turistas.

Después de que la UNAM realizara pruebas, se seleccionó un mecanismo de atenuación de olas fabricado con hormigón marino reforzado de pH neutro para el arrecife artificial (Burcharth et al., 2014). En 2010, se colocaron secciones prefabricadas a una profundidad de 2,5 metros, 50 cm por debajo del nivel medio del agua baja, para formar un arrecife de 60 metros. Desde su instalación, la playa de Puerto Morelos se ha estabilizado y muestra patrones naturales de crecimiento desde mayo hasta octubre y de disminución desde noviembre hasta abril. Además, el arrecife artificial ha sido colonizado por corales y otra flora y fauna marina.

^a Este estudio de caso proviene de Silva et al. (2016 y 2017).

Hacia una región con crecimiento sostenible

Es evidente que, con las condiciones locales adecuadas, la IV puede proporcionar servicios de infraestructura de manera costo-efectiva. En las áreas costeras, los arrecifes de coral y los manglares pueden ofrecer una protección natural contra las inundaciones y la erosión. Los bosques pueden mejorar significativamente la calidad del agua en superficie. Los humedales artificiales pueden eliminar de manera efectiva una gama de contaminantes de las aguas residuales. Y las terrazas verdes y los espacios verdes pueden reducir en gran medida la escorrentía en zonas urbanas. Más aún, la IV brinda beneficios además de servicios de infraestructura (cuadro 8.3). Los arrecifes de coral y los manglares generan recursos pesqueros, apoyan el turismo y reciclan nutrientes. Los bosques proporcionan madera y productos forestales no madereros, producen servicios culturales, estéticos y recreativos, y reciclan nutrientes. Y los humedales artificiales, las terrazas verdes y los espacios verdes acogen la biodiversidad y contribuyen a reciclar nutrientes.

Se ha acumulado evidencia sobre los beneficios y las externalidades de la IV, lo que contribuye al creciente impulso que tiene tanto en países industrializados como en desarrollo. Sin embargo, esa misma evidencia —incluyendo los tres estudios de casos presentados aquí— demuestra también que la utilización de la IV requiere que los responsables de políticas públicas adquieran conocimientos, capacidad y utilicen instrumentos de financiamiento especializados. Los beneficios y los costos de desplegar infraestructura gris convencional se conocen y pueden medir en cualquier situación. Eso es menos común para la IV: tanto su desempeño

proporcionando servicios de infraestructura como los costos de esos servicios dependen crucialmente de factores específicos. Para decidir si se debe invertir en IV y cómo hacerlo en cada contexto específico se requiere recopilar y analizar datos sobre estos vínculos. Y una vez que se haya probado que se trata de una inversión rentable se deben explorar las oportunidades para acceder a fuentes no convencionales de financiamiento para inversiones verdes.

En resumen, para cerrar la brecha de infraestructura de América Latina y el Caribe se necesitan inversiones considerables de recursos humanos, financieros y físicos. Este capítulo muestra que, afortunadamente, esas inversiones pueden apalancar la rica dotación de capital natural de la región. El truco será recopilar y analizar los datos necesarios para focalizar, planificar y financiar rigurosamente esas inversiones.

Parte 3 El futuro



Un futuro iluminado para la energía

El sector de la energía avanza hacia un futuro digital más limpio. En esta transición abundan las preguntas: ¿la electricidad generada por energías renovables alimentará todas las actividades económicas en el futuro? ¿Podrá intercambiarse electricidad en toda América Latina y el Caribe a través de una red eléctrica integrada? ¿Será posible programar los electrodomésticos para que se enciendan automáticamente cuando las tarifas de electricidad se encuentren en su punto más bajo? ¿Se podrá vender electricidad desde los vehículos eléctricos a vecinos o a la red? Aunque es difícil predecir el resultado, la actual transformación podría beneficiar a todos, si se la maneja correctamente.

Después de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2016 (el Acuerdo de París) y la creciente conciencia acerca del cambio climático, el sector de la energía ha venido experimentando grandes cambios. Para cumplir con las metas del Acuerdo de París, el mundo debe reducir drásticamente sus emisiones (véase el capítulo 7). Con ese fin, hacia 2018 unos 169 países habían adoptado metas para aumentar el porcentaje de las fuentes renovables de energía en sus matrices de producción eléctrica (REN21, 2019), apoyándose especialmente en el crecimiento de fuentes no convencionales como la energía eólica y solar.

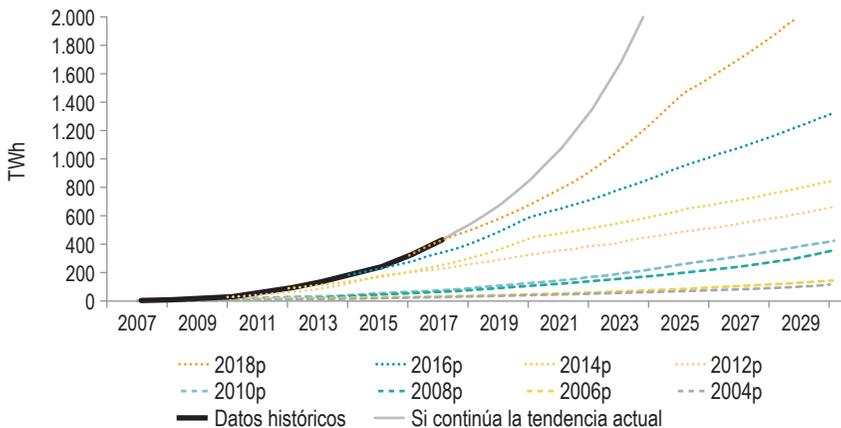
La tecnología está contribuyendo a impulsar este proceso. Las renovables no convencionales se están convirtiendo en las fuentes más baratas de energía, permitiendo que las matrices eléctricas de los países se vuelvan cada vez más limpias y que la electricidad limpia sea la fuente de energía para el transporte, la calefacción, la cocina y una amplia gama de procesos industriales.

En un comienzo, la generación de energía solar fotovoltaica y de energía eólica se promovió mediante mecanismos regulatorios y de apoyo a los

precios, como las tarifas de alimentación (*feed-in-tariffs*).¹ Al mismo tiempo, las políticas de investigación y desarrollo (I+D) impulsaron la innovación. Entre 2005 y 2017, las solicitudes mundiales de patentes relacionadas con la energía aumentaron un 140%, sobre todo en el campo de la energía solar (Rivera León et al., 2018). Gracias a la innovación y a las economías de escala de la industria, los costos de las tecnologías de generación eléctrica limpia han disminuido notablemente (gráfico 9.2). Al bajar los costos de las renovables se produjo una transición desde mecanismos de apoyo específicos basados en altos niveles de subsidios públicos directos hacia herramientas más competitivas, como los acuerdos de compra de energía a largo plazo asignados mediante subastas. El número de países que realizaron subastas para renovables aumentó de 50 en 2018 a más de 100 en 2019 (REN21, 2019).²

El ritmo de adopción de la electricidad renovable no convencional ha sorprendido tanto a los expertos como a la industria. El gráfico 9.1 muestra el crecimiento global de la adopción de energía solar fotovoltaica, que ha superado las estimaciones de los organismos de energía año tras año.

Gráfico 9.1
Predicción y volumen real de generación de electricidad solar, 2004-18



Fuente: Agencia Internacional de la Energía (AIE), *World Energy Outlook*.

Nota: La p luego de cada año se refiere a predicho. Los puntos de los datos para cada tendencia provienen del *World Energy Outlook* de la AIE para cada año referenciado. La brecha entre los puntos de los datos se completa utilizando una progresión geométrica (tasa de crecimiento constante). La tendencia de extrapolación también sigue un ritmo de crecimiento constante.

¹ Las tarifas de alimentación son un ejemplo de una política de precios que se ha utilizado para promover la adopción de fuentes renovables no convencionales. Garantiza al productor un precio mínimo por la electricidad que genera con una tecnología específica.

² Para ejemplos en América Latina y el Caribe, véase López-Soto et al. (2019).

¿Cómo se compara América Latina y el Caribe con otras regiones en esta transición hacia las renovables? Históricamente, la región ha tenido la matriz de electricidad más limpia de todas las regiones en desarrollo gracias a la alta capacidad de sus centrales de generación hidroeléctrica, que son la principal fuente de renovables convencionales. En 2018, las fuentes renovables representaban el 58% del total de la generación eléctrica (OLADE, 2019). Sin embargo, la mayor parte provenía de la energía hidroeléctrica, que es una fuente restringida por problemas ambientales y sociales, conflictos relacionados con la construcción de centrales, grandes necesidades de capital para construir las plantas e incertidumbre respecto de la disponibilidad de agua a raíz del cambio climático (véase el capítulo 7). Dadas las limitaciones para ampliar las renovables convencionales y la disminución del costo de las renovables no convencionales, varios países de América Latina y el Caribe han desarrollado activamente las renovables no convencionales, una fuente de electricidad que era casi inexistente en el año 2000 pero que en 2018 representaba el 6% de la generación eléctrica (OLADE, 2019).³

Algunos países de la región se encuentran en la primera línea de la adopción de renovables no convencionales. Por ejemplo, en 2018 Uruguay tenía el segundo porcentaje más alto de renovables no convencionales en su matriz eléctrica (después de Dinamarca y antes que Alemania). No es extraño que en Uruguay toda la electricidad necesaria se genere exclusivamente con fuentes renovables durante días e incluso meses. La buena noticia para América Latina y el Caribe es que su potencial solar y eólico es más que suficiente para cubrir las necesidades de electricidad actuales y futuras (Paredes, 2017).⁴

El principal incentivo que han utilizado los gobiernos para ampliar las renovables no convencionales en la región han sido las subastas. Las subastas se utilizaron por primera vez en Brasil a comienzos de la década de 2000 y luego se difundieron en el resto de la región. Los precios resultantes de las subastas se hallan entre los más bajos del mundo (gráfico 9.2).⁵

³ Este capítulo se enfoca en el papel de la energía solar y eólica como fuente principal de electricidad renovable no convencional. Sin embargo, energías como la nuclear también se utilizan como fuente de energía renovable. Y otras, como el hidrógeno, podrían eventualmente desempeñar un papel clave.

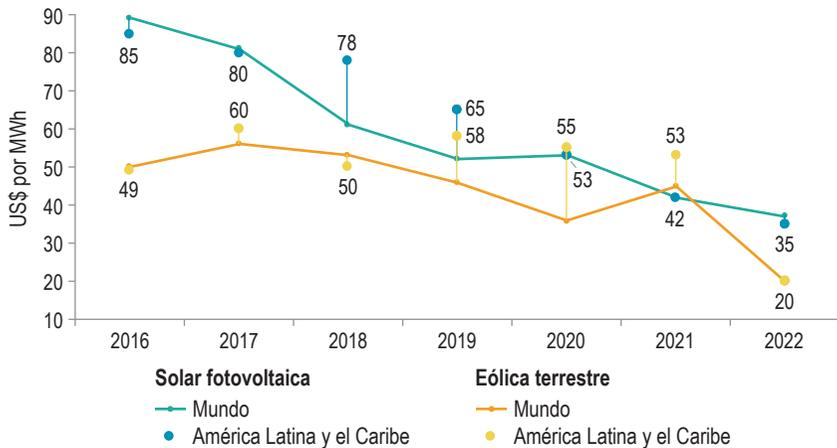
⁴ Según Paredes (2017), el potencial bruto de la energía eólica y solar en América Latina y el Caribe es de aproximadamente 40.000 gigawatts (GW). La capacidad instalada total era de 398 GW en 2017.

⁵ La subasta define el precio de la oferta para la electricidad generada en los años siguientes (suele ser de entre tres y cinco años). En Brasil, las subastas fueron noticia en 2019 por el bajo precio promedio récord de la energía solar de US\$17,5 por MWh (Bloomberg NEF, 2019b).



Gráfico 9.2

Evolución de los costos de la energía eólica y solar a nivel global y en América Latina y el Caribe



Fuente: Elaboración de los autores en base a los precios promedio de las subastas de la AIE para energía solar fotovoltaica y eólica, por región y fecha de puesta en marcha.

A pesar de sus innegables ventajas ambientales y crecientes ventajas de costos, las renovables no convencionales se enfrentan a una gran limitación para convertirse en la fuente de electricidad predominante. A diferencia de las fuentes de energía basadas en combustibles fósiles, la energía eólica y la energía solar son fuentes variables de electricidad: no pueden generar electricidad de manera constante (el sol no brilla por la noche y el viento no tiene siempre la misma intensidad). Por lo tanto, pueden reemplazar a las fuentes de electricidad basadas en combustibles fósiles solo si se superan las limitaciones de la variabilidad con soluciones costo-efectivas, como tecnologías de almacenamiento, mecanismos de respuesta a la demanda e inversiones en interconexión de redes de transmisión.

La transformación actual del sector de la electricidad representa una oportunidad para que los responsables de las políticas públicas de la región aborden desafíos de larga data, incluyendo el acceso, la calidad y la asequibilidad (véase el capítulo 4). Los cambios que está experimentando el sector requerirán ajustes en la organización de los mercados de electricidad para producir ganancias de eficiencia y bienestar. Las disminuciones del costo de la electricidad solar a pequeña escala (y para algunas industrias, de la eólica) y del almacenamiento han contribuido a descentralizar la producción e introducirán competencia en el suministro de electricidad,

por lo que las empresas proveedoras tendrán que modificar sus modelos de negocios. Las políticas regulatorias, los instrumentos y las instituciones deberán ser adaptados para abordar los desafíos emergentes. Este capítulo presenta cuatro escenarios que podrían surgir de las disrupciones tecnológicas y aborda las prioridades normativas más importantes. El que uno u otro de esos escenarios se materialice dependerá de dos factores: la evolución y el ritmo de la adopción de tecnologías digitales que influyen en la demanda de electricidad y la descentralización de la producción de electricidad.

Digitalización y descentralización: moldear el futuro de la electricidad

La producción y el consumo de electricidad en el futuro serán muy diferentes de lo que son en la actualidad debido a dos factores: la digitalización del consumo y la descentralización de la producción. La digitalización del consumo avanzará gracias a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), que permiten respuestas sin costo, rápidas y automatizadas de la demanda ante cambios en los precios de la electricidad y otras condiciones y shocks del mercado, como los apagones. La descentralización de la producción será el resultado del despliegue de tecnologías de generación y almacenamiento de electricidad a pequeña escala (como la energía solar fotovoltaica y las baterías), posible por la acelerada reducción en sus costos. Esta transformación generará una mayor diversificación, la democratización de las fuentes de electricidad y la descarbonización, allanando así el camino para nuevas oportunidades con el fin de avanzar hacia economías eficientes y con cero emisiones netas de carbono.

La digitalización y el surgimiento de los prosumidores

La digitalización está transformando el papel de los consumidores. Hasta hace poco, los consumidores de electricidad o bien estaban conectados a la red y recibían un servicio con un precio regulado o bien no contaban con electricidad; no tenían opciones. Junto con la capacidad de generar electricidad a partir de renovables no convencionales a muy pequeña escala y almacenarla en baterías, la digitalización está transformando el papel de los consumidores, que pasan de ser agentes pasivos a transformarse en “prosumidores” (actores que consumen y producen) con plena capacidad de respuesta.

La digitalización permitirá a los consumidores convertirse en agentes activos capaces de elegir y cambiar sus patrones de consumo mediante

mecanismos de respuesta de la demanda. Muy probablemente, las empresas de suministro ofrecerán menús de diferentes precios y calidades en la misma línea de los menús que ya ofrecen los proveedores de los servicios de telefonía y de Internet. Así, en los hogares con acceso a infraestructura y servicios digitales los consumidores podrán programar sus dispositivos inteligentes para que funcionen durante horas del día en que la demanda y los precios de la electricidad son bajos.⁶

El despliegue de tecnologías con componentes de comunicaciones, datos e información, desde contadores inteligentes hasta herramientas de automatización de la red, cambiará la manera en que se suministran los servicios de electricidad. A lo largo del día, las empresas proveedoras recopilarán datos de los consumidores —sobre el hábito de ducharse, la preparación del café y el envío de mensajes por *smartphones*, por ejemplo— con el fin de proporcionar servicios a medida y disminuir el costo de la energía. Agregar el consumo a nivel de ciudades o regiones aumentará la eficiencia del sistema de electricidad al permitir disminuir las cargas máximas y reducir la necesidad de ampliar la capacidad de generación. Como se contará con mejor información sobre el uso de la electricidad a lo largo del día, las decisiones respecto de la generación de energía eléctrica estarán mejor fundamentadas y parcialmente automatizadas.

La disponibilidad de datos, sin embargo, también plantea desafíos. Las empresas proveedoras de electricidad podrían utilizar los datos, por ejemplo, para aumentar sus ganancias sin compartir los beneficios con los consumidores, para vender información personal a terceras partes o para crear sistemas de discriminación de precios.

A pesar de su potencial para cambiar el futuro de los servicios, la digitalización del sector de la energía en América Latina y el Caribe ha sido baja y desigual. Mientras que en Uruguay y México, países líderes en la región en digitalización, la penetración de tecnologías de contadores inteligentes asciende a alrededor del 10%, en Barbados, Bolivia, Colombia y Perú es inferior al 1%. Además, hasta los países más avanzados de la región tienen tasas de penetración por debajo del promedio mundial (14%) y mucho más bajas que las de los líderes globales como el Reino Unido y Estados Unidos, donde dichas tasas ya superan el 50% a 2020 (Ernst & Young, 2020; IoT, 2010). El retraso de la región en digitalización merece un análisis profundo de las causas de la baja velocidad de adopción y de las políticas que podrían acelerarla.

⁶ Para ilustrar la magnitud de los cambios en la demanda generados por la digitalización, Hledik et al. (2019) estiman que el potencial de capacidad de respuesta a la demanda en Estados Unidos para 2030 podría llegar a los 200 GW, lo que representa un 20% de la capacidad máxima del sistema.

Transformar el uso de la red mediante la descentralización

El otro factor clave en el modelo de la electricidad del futuro es la descentralización. Históricamente, a medida que aumentaba el uso de electricidad, la escala de generación de electricidad también lo hacía para aprovechar las economías de escala. Pero la rápida caída de los costos de los sistemas alternativos de generación más pequeños y de los dispositivos de almacenamiento tiene el potencial para cambiar esta dinámica histórica, facilitando la descentralización de la producción y el ingreso de más agentes (y, por consiguiente, de más competencia) en el sector de la electricidad.

El almacenamiento permite que la generación y el consumo de la electricidad se realicen en momentos diferentes. La forma más sencilla de almacenamiento es una batería. Uno de los principales obstáculos para su adopción a escala de la empresa de suministro o de los hogares es su costo, aunque está disminuyendo rápidamente (gráfico 9.3). Se prevé que un mayor uso de baterías llevará a bajar sus precios a medida que la producción ascienda por la curva de aprendizaje y se beneficie de economías de escala. Se estima que cada vez que se duplica la producción de baterías, sus costos se reducen en un 18% (Bloch et al., 2019).

La energía renovable, particularmente la solar fotovoltaica atada con un almacenamiento pequeño (como las baterías), permite que la

Gráfico 9.3
Evolución del costo de una batería, 2010-18

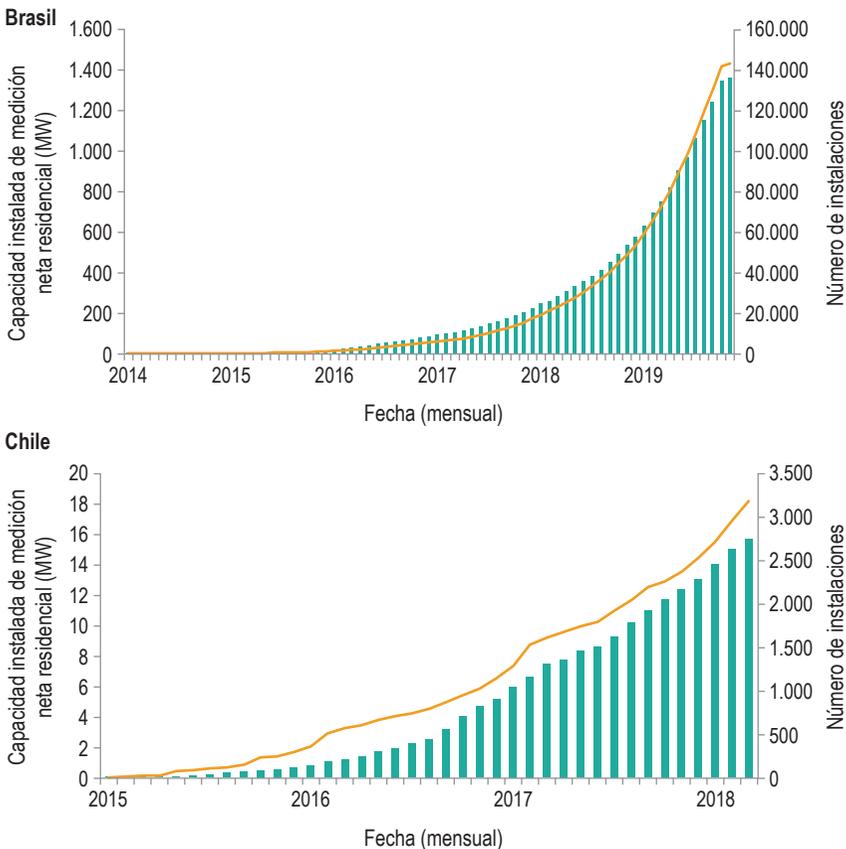


Fuente: Elaboración de los autores en base a Goldie-Scot (2019).

electricidad se genere y administre cerca de o en el lugar de consumo. Esta fórmula desempeña un papel clave en la disrupción de la electricidad centralizada. Cada vez más, los consumidores (hogares y empresas) pueden decidir si comprar electricidad de una compañía proveedora o generarla ellos mismos. Tener esa opción se vuelve económicamente viable para una parte importante de la población, algo que no tiene precedentes.

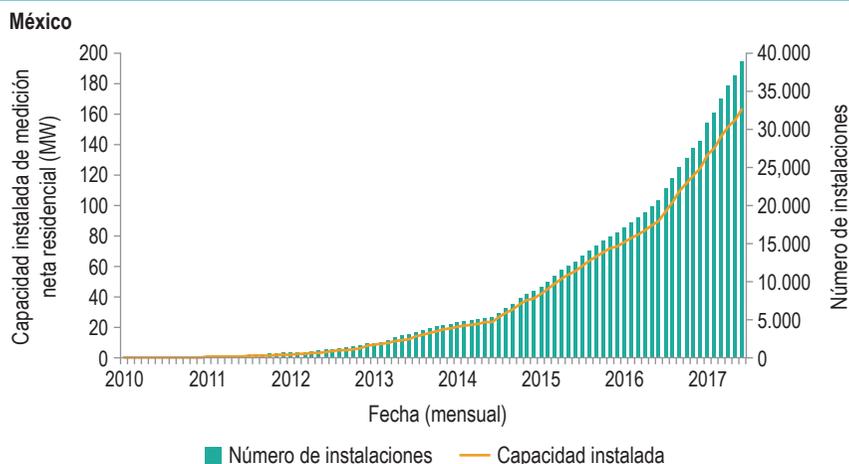
La transformación del uso de la red ya ha comenzado en América Latina y el Caribe. La generación distribuida todavía representa solo una pequeña parte de la matriz de electricidad en la región, pero la tasa de crecimiento es exponencial en Brasil, Chile y México (gráfico 9.4).

Gráfico 9.4
Capacidad de medición neta y número de instalaciones de energía solar fotovoltaica en Brasil, Chile y México



(continúa en la página siguiente)

Gráfico 9.4 Capacidad de medición neta y número de instalaciones de energía solar fotovoltaica en Brasil, Chile y México *(continuación)*



Fuente: Elaboración de los autores en base a datos proporcionados por reguladores de energía.

Escenarios para el futuro del sector de la electricidad

Es imposible predecir con precisión cómo las transformaciones actuales cambiarán en unas pocas décadas el sector de la electricidad. Sin embargo, con la información disponible hoy, hay cuatro escenarios posibles: un sistema de súper red, empresas de suministro digitales, un sistema basado en la comunidad y electricidad fuera de la red (gráfico 9.5). Los escenarios están determinados por las dos principales fuerzas que moldean el sector: la transformación de la conducta de los consumidores posibilitada por la digitalización y la transformación de la generación de electricidad a través de la descentralización. Los cuatro escenarios suponen que, de conformidad con las metas de cero emisiones netas de América Latina y el Caribe establecidas en el Acuerdo de París, las fuentes renovables suministrarán casi toda la electricidad demandada en 2050.

Los cuatro escenarios presentados en esta sección son formas extremas de organización del mercado y, por consiguiente, no deberían entenderse como mutuamente excluyentes. Muy probablemente coexistirán en diferentes países. El escenario predominante dependerá de la evolución tecnológica y de las características locales, tanto físicas como regulatorias. Algunos países podrán interconectarse con otros; las empresas de suministro de algunos países podrán seguir utilizando electricidad de las grandes

Gráfico 9.5 Cuatro escenarios para el futuro de la electricidad



Fuente: Elaboración de los autores.

centrales hidroeléctricas o abastecerse de grandes granjas eólicas terrestres y marinas y, al mismo tiempo, nuevos prosumidores podrán generar grandes cantidades de electricidad distribuida a través de micro-redes y/o sistemas fuera de la red (sobre todo en zonas aisladas). Los escenarios pueden evolucionar a través de una transición suave o disruptiva.

Aunque los cuatro escenarios no son inevitables, difieren de la actual situación de los mercados de electricidad en América Latina y el Caribe (véase el capítulo 4), que tienen las siguientes características.

- Empresas especializadas dominan la generación de electricidad. Algunas son grandes y están integradas verticalmente, mientras que otras solo participan de la generación de electricidad.
- El transporte de electricidad se realiza mediante líneas de transmisión manejadas por empresas privadas o de propiedad estatal.
- La electricidad se distribuye a los consumidores gracias a una compañía proveedora (monopolio) que funciona bajo la supervisión de un regulador.
- Se comercia electricidad entre países, pero la falta de redes físicas y de regulaciones limita el comercio regional y la integración a gran escala.

- Los consumidores (hogares y empresas industriales) producen una cantidad insignificante de electricidad; hogares y empresas recién están comenzando a instalar paneles solares.
- Los hogares son pasivos: no desempeñan un papel relevante como agentes activos que cambian su conducta según las condiciones del mercado y/o la oferta.
- La digitalización de los consumidores es baja o nula. Los dispositivos programables son poco habituales, por lo que las empresas de suministro no pueden ofrecer incentivos basados en datos para inducir cambios en la demanda.

La súper red: la integración de los sistemas como piedra angular del sector

Este escenario se basa en la generación a gran escala y en la operación centralizada del sistema; la organización de mercado predominante cambia muy poco con respecto a la organización actual del mercado de la electricidad en América Latina y el Caribe. La generación a gran escala sigue siendo la principal actividad comercial de las empresas de suministro y el mercado funciona mediante contratos a largo plazo con productores de energía independientes a través de acuerdos de compra de electricidad o mediante mercados de electricidad mayoristas. El perfil del consumidor básicamente no cambia; el consumidor típico sigue siendo plenamente dependiente de la oferta de la red y tiene escasa o nula posibilidad de participar activamente en los programas de respuesta de la demanda basados en las TIC.

El principal mecanismo que permite satisfacer la demanda creciente de electricidad producida con fuentes renovables variables es la integración de los sistemas nacionales de los países. La integración produce beneficios gracias a los diferentes recursos y zonas horarias de los países, lo que permite que la oferta complemente la demanda.

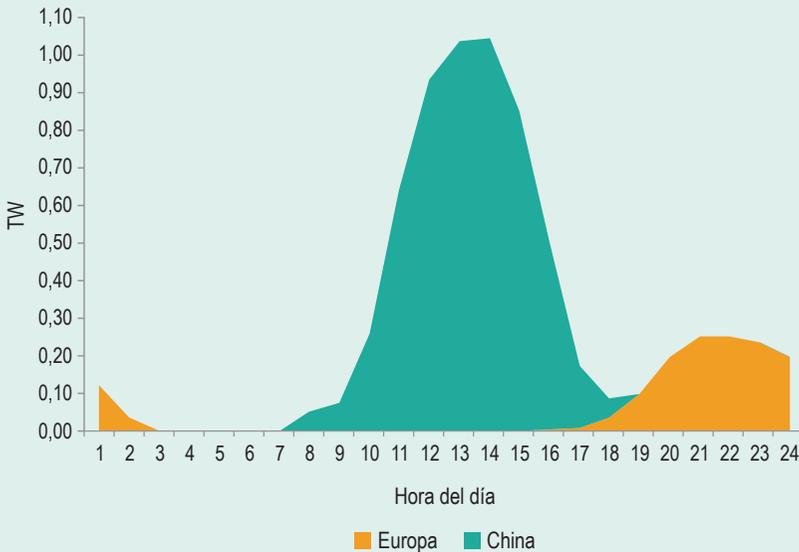
Desde la perspectiva del lado de la oferta, un sistema eléctrico integrado permite a los países sumar sus recursos de energía y utilizar sus unidades más eficientes de manera más intensiva. La integración de los sistemas de energía brinda cobertura contra el riesgo de no poder producir electricidad a nivel local, aprovechando las complementariedades de diferentes regímenes solares, eólicos e hidrológicos en diferentes regiones. Un ejemplo de este potencial consiste en integrar los sistemas eléctricos de distintas zonas horarias para que la energía solar generada en un lugar donde brilla el sol se utilice en otro sitio donde ya ha oscurecido (véase el recuadro 9.1).

Recuadro 9.1

¿Viajar en el tiempo? Integrar sistemas de electricidad basados en renovables no convencionales de diferentes zonas horarias

Hasta 2020, las oportunidades para aprovechar las complementariedades de oferta y demanda de diferentes zonas horarias han estado limitadas por problemas de infraestructura de transmisión. Pero estos obstáculos pueden desaparecer en un futuro cercano. Europa y China son dos de los mayores mercados de electricidad del mundo que podrían beneficiarse de la integración de sus redes. Por ejemplo, la diferencia horaria hace que la energía solar europea esté disponible para la demanda máxima de las horas nocturnas en China (gráfico 9.1.1).

Gráfico 9.1.1
Producción total de energía solar por horas, hora local de Beijing



Fuente: BID/GEIDCO (2019).

Para evaluar este potencial, Wu y Zhang (2018) examinaron los beneficios económicos de la interconexión de redes de electricidad entre Europa y China en un escenario de gran dependencia de la energía renovable. El estudio consideraba no solo los husos horarios sino también los vientos estacionales y las diferencias hidrológicas para estimar los beneficios anuales de construir una línea de conexión de voltaje ultra alto. Los resultados muestran que la integración de los mercados de electricidad de Europa y China tiene el potencial para reducir hasta el 30% del costo total combinado de generación de electricidad en comparación con las estimaciones sin interconexión. Para las posibilidades y los beneficios de soluciones regionales integradas en América Latina y el Caribe, véase Paredes (2017).

Otro beneficio del lado de la oferta de la integración de los sistemas de energía es que, al conseguir que las distintas fuentes de generación eléctrica compitan todas en un mercado integrado, las tecnologías más eficientes se utilizan de forma más intensiva. La integración de redes entre Argentina, Brasil y Uruguay ya está proporcionando estos beneficios. En 2018 Uruguay exportó 1.195 GWh de electricidad (cerca del 10% de su demanda) a los países vecinos. La mayor parte de esta energía exportada se generó con energía eólica de bajo costo marginal y reemplazó la generación más cara basada en combustibles fósiles en Argentina y Brasil. Sin la integración eléctrica entre estos países, la energía “verde” de Uruguay —así como la oportunidad de ahorrar dinero y emisiones de CO₂— se habría perdido (Di Chiara, Sanin y Nogales, 2019).

Desde la perspectiva del lado de la demanda, el principal beneficio de la integración de las redes es que permite reducir los perfiles de la demanda y, por lo tanto, evita las inversiones costosas para atender los picos de demanda. Este efecto es particularmente fuerte cuando la integración tiene lugar entre regiones ubicadas en diferentes zonas horarias, porque los perfiles de demanda de electricidad cambian notablemente durante el día.

En términos generales, en este escenario la integración de sistemas eléctricos hace que el uso de fuentes renovables sea más manejable y eficiente. Además, libera el enorme potencial de la región para instalar centrales de energía solar y eólica a gran escala utilizando las centrales hidroeléctricas más alejadas como un mecanismo de almacenamiento efectivo. La integración de las redes de electricidad entre los países de la región también podría permitirles suavizar la creciente incertidumbre hidrológica provocada por el cambio climático.

A pesar de estos beneficios, este escenario se enfrenta a numerosos retos relacionados con los costos y riesgos de la construcción y el funcionamiento de redes transfronterizas. La coordinación de marcos institucionales y regulatorios para conseguir que la integración física y el intercambio de electricidad sean efectivos es difícil. Para que este escenario sea viable es clave asegurar la operación fluida del sistema a través de las redes de distintos países. La gestión de los sistemas transfronterizos despierta sensibilidades geopolíticas, porque la seguridad del suministro siempre es una preocupación clave de los sistemas eléctricos. Para asegurar la sostenibilidad de un sistema tan complejo es necesario promover e institucionalizar la coordinación transfronteriza.

Empresas de suministro digitales: empoderar a los usuarios en sectores eléctricos tradicionales, centralizados y de gran escala

Este escenario se basa en la generación a gran escala acompañada del empoderamiento de los consumidores. Las empresas de suministro siguen estando en el centro del sistema eléctrico, pero transforman sus negocios para ofrecer diversos servicios a los consumidores y competir a nivel de la distribución con otros proveedores de electricidad de terceras partes (*third party providers*, por su término técnico en inglés). Las economías de escala mantienen centralizados los modelos de generación, que cuentan con grandes granjas eólicas y solares, incluidos posibles sistemas marinos, acoplados con grandes mecanismos de almacenamiento, transmisión y distribución. Como en el caso del escenario de la súper red, la generación es mucho más variable y por lo tanto con menor capacidad de controlar la “firmeza” (la cantidad de capacidad disponible para la generación cuando se necesita durante un intervalo de tiempo determinado), debido al alto porcentaje de renovables en la matriz eléctrica.

En este escenario la demanda se comporta de manera diferente con respecto a lo detallado en el escenario de la súper red. Plantea un aumento del consumo “con capacidad de respuesta”, en el que los consumidores recortan o cambian su uso de la electricidad en ciertas horas del día mediante el uso de sus dispositivos inteligentes. La principal diferencia entre este escenario y la situación actual de América Latina y el Caribe es que los consumidores desempeñan un papel más activo. Las viviendas se convierten en lugares inteligentes que pueden responder de manera dinámica a los incentivos de precios y a las preferencias de los usuarios. Los consumidores definen cuándo y cómo quieren utilizar los servicios de suministro. Fijan la temperatura de sus hogares a partir de sus dispositivos inteligentes o *smartphones* desde cualquier lugar. Deciden cuándo cargar su vehículo eléctrico, cuándo una aspiradora robótica limpia su casa, cuándo se debería calentar el agua y a qué temperatura. En lugar de solo vender electricidad a los consumidores, las empresas de suministro ofrecen servicios. En este escenario el menú de los servicios y las facturas de electricidad podrían ser tan dinámicos y diferenciados como en la industria de las telecomunicaciones.

La digitalización permite que las empresas proveedoras puedan ajustar la demanda de los clientes al suministro de generación, minimizando los errores de previsión. Proporciona a los consumidores contadores inteligentes y aplicaciones que brindan a las empresas de suministro información en tiempo real sobre la carga del consumo. En este escenario, los consumidores siguen dependiendo de la red, pero los bajos costos de

transacción posibilitan que las empresas les ofrezcan servicios como la gestión de la demanda.

Para capturar todas las ventajas de este escenario, es necesario reducir el costo de obtener, procesar e intercambiar datos con el fin de permitir un control continuo e individualizado de alta precisión de la carga de energía. La disponibilidad de grandes cantidades de datos sobre el consumo permite a la inteligencia artificial producir análisis de información instantáneos para las empresas de suministro. Estos factores permiten un aumento de la eficiencia de dichas empresas.

En este escenario, los mecanismos descentralizados coordinan la generación y el consumo y proporcionan flexibilidad al sistema cuando es necesario. Dicha flexibilidad podría proporcionarse mediante una combinación de abundante infraestructura de almacenamiento, como las reservas de hidroelectricidad, de hidrógeno y las baterías de litio. También mediante el desarrollo de tecnologías en otros sectores, como los vehículos eléctricos. Para los fines de los mercados de electricidad, los vehículos eléctricos son el equivalente a baterías sobre ruedas, porque pueden contribuir a equilibrar la oferta y la demanda al arbitrar la demanda de tiempo y lugar (recuadro 9.2).

Recuadro 9.2

Vehículos eléctricos para reducir las fluctuaciones de los precios de la energía solar y eólica en México

Una consecuencia problemática de la mayor penetración de la energía eólica y solar como fuente de generación es que tiene el potencial para aumentar la volatilidad del precio de la electricidad. Esto se debe a la diferencia entre los costos de producir electricidad cuando hay renovables disponibles y cuando no las hay: los costos marginales de la generación solar y eólica son cercanos a cero, pero el de las tecnologías alternativas (que se deben utilizar cuando hay demanda pero las fuentes renovables no generan electricidad) es relativamente alto, dado que necesitan cubrir el combustible utilizado y otros costos variables. Esta mayor volatilidad de los precios de la electricidad ya se ha observado en California y Alemania, donde la penetración de la electricidad eólica y solar es elevada y la regulación permite que los precios fluctúen.

La entrada masiva de vehículos eléctricos podría aumentar aún más la volatilidad de los precios si dichos vehículos se cargan cuando la capacidad de generación renovable es baja. Recargar los vehículos en aquellos momentos y lugares en que la electricidad sea más barata reduce los costos totales del sistema de energía, amortiguando el desajuste entre la oferta renovable de electricidad y la demanda de los hogares. Promover esta conducta virtuosa en

América Latina y el Caribe dependerá crucialmente del diseño del mercado, de los incentivos y de las tarifas.

Castro (2020) realizó una simulación del mercado de electricidad de México en el marco del aumento previsto de la generación de energía solar (3,4 puntos porcentuales) y eólica (8,4 puntos porcentuales) en el total de la matriz eléctrica hacia 2025. Teniendo en cuenta los costos marginales de la nueva matriz de generación eléctrica, los autores estimaron los precios mayoristas por hora de la electricidad necesaria para satisfacer la demanda en México. Como ya está sucediendo en California y Alemania, los resultados muestran que la volatilidad de los precios de la electricidad aumenta debido a la mayor participación de las renovables. En este escenario, con el fin de reducir los costos totales del sistema, se debería incentivar a los propietarios de vehículos eléctricos a que realicen la carga de los mismos a mediodía, cuando la producción total de energía solar y eólica en México es alta, lo que disminuiría los precios de la electricidad a cero. De la misma manera, debería penalizarse a los usuarios de vehículos eléctricos que recarguen durante la noche, cuando la demanda de electricidad es elevada, pagando precios de hasta US\$40 por kWh, lo que supera los precios actuales de la electricidad en 2020 en más de un 30%.

Hay dos tipos de nuevas tecnologías de digitalización asociadas con este escenario:

- La automatización a gran escala para mejorar la eficiencia del sistema.
- El *software* y las TIC asociados con la participación de los consumidores en el mercado eléctrico, lo cual incluye contadores inteligentes, plataformas de comercialización, centrales eléctricas virtuales, agregadores, instalaciones de baterías a gran escala, vehículos eléctricos a baterías o a pilas de combustible y herramientas de gestión del lado de la demanda, como sensores, aprendizaje automático e inteligencia artificial.

Algunas de estas tecnologías ya tienen un estatus comercial. Otras todavía tienen que ser sometidas a programas piloto y probadas.

Sistemas basados en la comunidad (entre pares): consumidores en la mira

Este escenario es diferente de la actual organización de los mercados de electricidad en América Latina y el Caribe y en otros países. En este caso, el consumidor es el proveedor y prestador clave de servicios, a través de

la generación descentralizada, la gestión de la demanda y la compra y venta de electricidad. Los generadores de gran escala coexisten con los de pequeña escala y compiten bajo las mismas reglas y términos. Por ejemplo, una empresa pequeña con paneles solares en su tejado podría vender electricidad a un vecino. Este modelo entre pares obliga a las compañías proveedoras a transformar su modelo de negocios y proporcionar un nuevo conjunto de servicios, como la venta de bombillas LED, termostatos inteligentes, calentadores de agua eficientes en energía y estaciones de carga de vehículos eléctricos.

Dado que es muy probable que una red de transmisión y distribución de electricidad heredada coexista con micro-redes más pequeñas, algunos de los grandes desafíos regulatorios es saber quién actuará como expedidor y coordinador (*dispatcher*) de electricidad entre las diferentes redes coexistentes y cómo se asegurará el financiamiento de los servicios proporcionados por las redes.

Un desafío normativo adicional es cómo regular a los nuevos actores del mercado y los servicios que proporcionan. La fijación dinámica de precios permite la entrada de agregadores, que son nuevos proveedores de electricidad. Los agregadores agrupan diferentes tipos de consumidores y, entendiendo cómo responde su demanda a los incentivos, ofrecen y comercializan la electricidad (es decir, “crean” electricidad modificando los patrones de demanda, lo que permite en la práctica crear centrales eléctricas virtuales). Los agregadores dependen de la existencia de plataformas virtuales para la comercialización de electricidad entre pares y de los incentivos establecidos por el regulador para que el mercado se desarrolle y funcione.

Soluciones fuera de la red: lo pequeño es bello

En este escenario, las soluciones fuera de la red (sistemas de redes independientes y autónomas) son generalizadas, y las decisiones de generación, optimización e inversión están descentralizadas. En la versión más extrema de este escenario toda la generación y el consumo ocurren por fuera de la red. Este escenario supone que existe digitalización a nivel de los hogares y que ella controla toda la entrada y salida de electricidad. Los consumidores optimizan la producción (probablemente mediante tecnologías solares), el almacenamiento (con baterías) y el uso de múltiples servicios (mediante electrodomésticos inteligentes y vehículos eléctricos).

La digitalización se utiliza para optimizar y permitir que el sistema funcione (como en el escenario de la súper red). Sin embargo, no se utiliza para agregar o gestionar la demanda; los altos costos de transacción se

traducen en menos interacción de los consumidores y, por lo tanto, no se desarrollan plataformas de comercialización.

En este escenario, las empresas de suministro tradicionales y que venden servicios a través de la red eléctrica se vuelven obsoletas y eventualmente desaparecen. Incluso más que en el escenario basado en la comunidad, los servicios de las empresas de suministro deben transformarse. Se crean nuevos modelos de negocios, como las estaciones de intercambio de baterías.

El escenario fuera de la red ya se está produciendo a pequeña escala. En América Latina y el Caribe, donde en 2019 cerca de 20 millones de personas todavía carecían de acceso a electricidad fiable, las soluciones fuera de la red ya han demostrado ser una opción costo-efectiva para solucionar el acceso a la electricidad en las zonas rurales y aisladas (véase el capítulo 4).

Sin embargo, el verdadero desafío para las empresas de suministro es que las soluciones fuera de la red se están convirtiendo en una opción atractiva para consumidores de altos ingresos que demandan viviendas de energía neta cero. Esta tendencia está impulsada en parte por la disminución del costo de la tecnología necesaria, y responde además al hecho de que este tipo de consumidor (al menos en la mayoría de los sistemas de tarifas predominantes de la región) paga precios más altos por la electricidad para mantener subsidios cruzados para los usuarios de bajos ingresos. Si estos consumidores pudieran funcionar completamente fuera de la red generando su propia energía solar y utilizando dispositivos altamente eficientes y baterías de alta capacidad, las empresas de suministro de la región perderían ingresos y su sostenibilidad financiera estaría seriamente amenazada. Para que eso ocurra a gran escala, sin embargo, hace falta una disminución disruptiva del costo de las baterías. La implementación de sistemas tarifarios que eviten este efecto negativo debe ser una prioridad para el futuro.

¿Qué escenario prevalecerá?

Cualquiera de los cuatro escenarios descritos podría materializarse en el futuro dependiendo de cómo evolucionen las tendencias de digitalización y descentralización. Si persisten las tendencias de digitalización, es muy probable que las empresas de suministro digitales y los sistemas basados en la comunidad sean los escenarios preponderantes. El grado de descentralización es menos seguro, y las tendencias pueden variar incluso en los propios países, dado que las zonas rurales y urbanas pueden prestarse a diferentes modelos. Sin embargo, los gobiernos pueden influir

en los resultados. Las políticas y la regulación determinarán los costos de las tecnologías que hay detrás de las tendencias de digitalización y descentralización.

Estos escenarios no deben considerarse como algo estático: probablemente sea común ver transiciones de uno a otro. Por ejemplo, el escenario de empresas de suministro digitales podría evolucionar hacia el escenario basado en la comunidad, a medida que las tecnologías digitales se adopten cada vez más y que el costo de las soluciones a pequeña escala disminuya progresivamente.

Las soluciones fuera de la red se pueden convertir en el mecanismo más eficiente para generar y almacenar energía, sobre todo en zonas más aisladas (rurales o periurbanas). Sin embargo, en las zonas urbanas donde las redes ya existen, empoderar a los consumidores que se encuentran dentro del sistema puede contribuir a desalentar las costosas soluciones fuera de la red. Los incentivos regulatorios y de políticas que descuidan la participación de los consumidores, o que presionan a favor de una gran centralización o demasiado poca centralización, podrían llevar al sistema a una situación no deseada. En este momento crítico de la transición del sector eléctrico, evitar que se materialicen opciones no deseadas exige entender el estado actual de la adopción de tecnología, las tendencias futuras y los efectos de la regulación.

Adaptar los marcos regulatorios para un sector cambiante

La transformación de la regulación tiene que considerar tanto la gobernanza como el contenido regulatorio. Los responsables de las políticas públicas deben preparar a las instituciones y al sistema regulatorio para lidiar con una industria mucho más dinámica y competitiva. Se deben desarrollar y aplicar nuevos instrumentos para abrir los procesos de decisión regulatorios a los nuevos actores (incluyendo los consumidores empoderados y los agentes de otras industrias). La velocidad de la innovación en el sector también exige que los reguladores tengan conocimientos actualizados con el fin de poner al día constantemente las políticas y los instrumentos de manera transparente y creíble. También deben adoptarse herramientas destinadas a evaluar el impacto normativo para un aprendizaje y una adaptación continuos.

Todas las herramientas que permitan la adaptabilidad requieren organismos regulatorios fuertes y con recursos. La mayoría de los países en América Latina y el Caribe regula de manera activa el sector eléctrico, pero la falta de marcos legales bien establecidos y de recursos ha producido instituciones con un poder limitado (Rodríguez Pardina y Schiro,

2018). En un contexto sin innovación disruptiva, el regulador podía ganar credibilidad y previsibilidad mediante marcos normativos bien diseñados y estables. Una práctica usual en estas situaciones ha sido subcontratar algunas funciones a expertos sectoriales. La efectividad de esta estrategia puede verse disminuida en un contexto de disrupción tecnológica, que requiere toma de decisiones rápida y regulaciones adaptables. En dicho contexto la credibilidad debe provenir del regulador, por lo que no pueden subcontratarse funciones y tareas.

En lo que respecta al contenido regulatorio, la innovación exige medidas urgentes para actualizar los instrumentos regulatorios. La digitalización y la descentralización están siendo disruptivas para el modelo de negocios de la red. Históricamente, las redes de transmisión y distribución eran los métodos más eficientes para transportar la electricidad. La energía fluía en una sola dirección, comenzando en las centrales de generación antes de transmitirse y distribuirse a los consumidores como destino final. Durante años el negocio de la red ha sido un servicio seguro y estable, refractario a innovaciones o disrupciones.

En un contexto de prosumidores, la red existe como una plataforma interactiva en la que los usuarios pueden inyectar y retirar energía; se vuelve necesario equilibrar el sistema, pero lograrlo es difícil. El surgimiento de los prosumidores y la creciente posibilidad de desconectarse de la red amenaza la sostenibilidad de la red. Esto obligará a los reguladores a rediseñar las tarifas y otros incentivos con el fin de equilibrar los objetivos de sostenibilidad financiera, eficiencia y equidad social, que muchas veces compiten entre sí.

La transformación emergente del sector eléctrico se reflejará en la transformación de la red. Se ofrecerán nuevos servicios utilizando la red al mismo tiempo que su sostenibilidad financiera se verá amenazada, obligando a los reguladores a redefinir las fallas de mercado, a volver a pensar los segmentos de mercado y a determinar cuáles son los instrumentos que mejor protegen a los usuarios, promueven la competencia y velan por la calidad del servicio. Los reguladores tendrán que comenzar a trabajar en diversos desafíos nuevos, como la transformación de los servicios de la red, la reestructuración de los precios y la integración de la red con otros servicios, sobre todo la movilidad eléctrica.

Regular la transformación de los servicios de la red

En América Latina y el Caribe, así como en otras regiones, la transmisión y la distribución se construyeron para suministrar electricidad a los consumidores de la manera más eficiente. La electricidad se regulaba para proteger a los consumidores y, al mismo tiempo, permitir a las empresas

proveedoras recobrar sus inversiones. El costo de capital se recuperaba a través de las tarifas y el riesgo de mercado que enfrentaban las empresas era nulo (o muy pequeño).

Esta lógica sencilla ya no rige. En un contexto de digitalización y descentralización, el negocio de las redes de electricidad está cambiando en al menos tres sentidos:

- *Ya no existe una relación unívoca entre el consumo de electricidad y el uso de la red.* Con el surgimiento de los prosumidores, la digitalización y el almacenamiento, el uso de la red cambiará. Los consumidores no demandarán a la empresa de suministro toda la electricidad requerida para satisfacer sus necesidades porque algunos generarán su propia electricidad. Además, muchos consumidores producirán ocasionalmente más electricidad de la que necesitan y querrán utilizar la red para venderla. La red cumplirá para los prosumidores un papel esencial en tanto proveedora de servicios de reserva cuando sus propios sistemas no produzcan electricidad, proporcionando un nuevo tipo de servicio de seguro. Otros servicios, como la seguridad del suministro (es decir, garantizar que la electricidad siga llegando a aquellos que la necesitan), pueden tener características de bien público, en cuyo caso los reguladores deben reconsiderar cómo asignar el costo, que ya no puede basarse en el uso. Rediseñar los precios para que tengan en cuenta las características económicas de los nuevos servicios será un desafío que requiere un largo proceso de aprendizaje. Un ejemplo interesante de este proceso es la evolución de la regulación en el Reino Unido (recuadro 9.3).
- *Convertir la red de electricidad en un activo inteligente: el desafío de la regulación y el manejo de los datos.* La red generará una enorme cantidad de datos, lo que facilitará un nuevo nivel de comprensión del comportamiento de los consumidores. El control y la eficiencia aumentarán de manera notable, pero los asuntos relacionados con la propiedad, los derechos de uso, la seguridad y la privacidad asociados con dichos datos exigirán un nuevo papel para la regulación de las redes eléctricas que excederá los ámbitos tradicionales de la regulación de precios, la calidad y el acceso a la infraestructura.
- *La elección de activos será más compleja.* Las empresas de suministro podrían enfrentarse a nuevas decisiones de inversión debido a las nuevas posibilidades tecnológicas disponibles. Por ejemplo, tendrán que elegir entre invertir en almacenamiento o en el refuerzo de la red. Históricamente, los reguladores han controlado estrechamente el tipo de activos en que las empresas proveedoras

podían invertir (tipo y cantidad de líneas de distribución, subestaciones, transformadores). En un contexto cada vez más dinámico, los reguladores deben vincular los incentivos mucho más estrechamente al desempeño del servicio, enfocándose en especificar el desempeño y los resultados de las empresas y manteniéndose agnósticos (en la medida de lo posible) respecto de los medios para conseguir esos resultados (véase el recuadro 9.3).

Recuadro 9.3

El marco del Reino Unido para regular servicios de red cambiantes

La Oficina de los Mercados de Gas y Electricidad (Ofgem, por sus siglas en inglés) del Reino Unido es un departamento público no ministerial y autoridad regulatoria nacional independiente; Ofgem es administrada por la Agencia Reguladora de Energía de Gran Bretaña (GERA) y es reconocida por su permanente innovación. La agencia tiene un largo historial de utilizar con éxito herramientas regulatorias nuevas y ya existentes para suministrar servicios de alta calidad. Según Ofgem (2010), el sector eléctrico del Reino Unido se enfrentará a importantes desafíos debido a cambios tecnológicos disruptivos. Por consiguiente, la agencia solicitó una actualización de su enfoque regulatorio para estar preparada para la transformación prevista y la incertidumbre inherente en esa transición.

En 2013, Ofgem empezó a transformar la lógica de su regulación. El modelo anterior, citado con frecuencia como un ejemplo de libro de texto de regulación de incentivos, se basaba en un sistema de ajuste de tarifas quinquenal; se permitía que las tarifas subieran a un ritmo equivalente al aumento del índice de precios minoristas (RPI) menos una meta de ganancia de eficiencia (X). El principal objetivo era elevar la predictibilidad para las empresas proveedoras, ofreciendo al mismo tiempo incentivos para mejorar la eficiencia de la red y para garantizar la transferencia de los beneficios a los consumidores. Sin embargo, en 2010 Ofgem llegó a la conclusión de que el control de precios RPI-X no generaba los incentivos adecuados para invertir en la innovación que requiere la transición energética.

Ofgem reemplazó el modelo RPI-X con uno nuevo denominado RIIO (ingreso = incentivos + innovación + producción). Este marco basado en el desempeño establece metas para promover más innovación (mediante recompensas financieras); tiene más en cuenta las características de los servicios finales de los consumidores (incentivos focalizados que ajustan los ingresos hacia arriba/hacia abajo si las empresas producen mejores/peores productos para los consumidores); y ofrece incentivos para que las redes minimicen los costos. RIIO amplía el período de control de precios de cinco a ocho años con el objetivo de proporcionar más incentivos para adoptar innovaciones que reducen costos y, a la vez, mejoran los servicios para los usuarios.

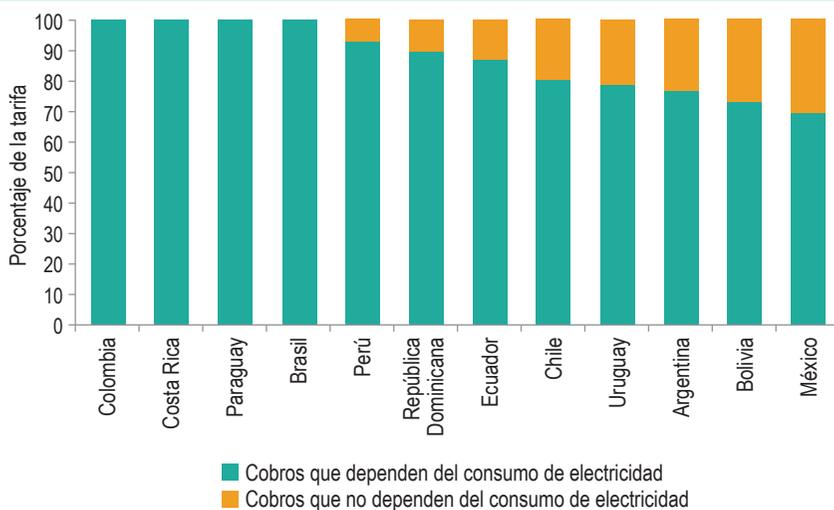
La evaluación de los resultados de RIIO ha sido diversa, aunque el consenso es que impulsó a las empresas de suministro a mejorar sus planes de negocios.

Los análisis de expertos externos señalaron un compromiso más amplio de las partes interesadas, un mayor riesgo de desempeño asumido por las empresas de suministro y más incentivos para la eficiencia como resultado de un período regulatorio más largo. Sin embargo, los beneficios de los incentivos a la innovación establecidos a través de RIIO siguen siendo poco claros. Como parte de una revisión de RIIO, se están formulando sugerencias y mejoras que deberían implementarse hacia 2021 (CEPA, 2018). Pese a las conclusiones poco claras sobre su efectividad, el nuevo modelo constituye una referencia que los reguladores de América Latina y el Caribe deberían tener en cuenta cuando, más temprano que tarde, contemplen la modificación de los sistemas regulatorios para prepararse para los cambios tecnológicos futuros.

Cambios en la fijación de precios

Históricamente, los precios de la electricidad fueron diseñados para cumplir con dos objetivos simultáneos: recuperación de costos y asequibilidad. El regulador elegía un conjunto de precios que permitieran que los ingresos totales cubrieran el costo del suministro de servicios. La estructura de precios preferida en América Latina y el Caribe ha sido un cargo en la relación con la energía: es decir, la factura de electricidad depende de la cantidad de electricidad demandada (gráfico 9.6). Unos pocos países también incluyen

Gráfico 9.6
Composición de las tarifas de electricidad, 2017



Fuente: CIER (2017).

un componente fijo independiente del consumo; pero aun en estos casos, el componente fijo representa una parte pequeña de la factura.⁷

En un contexto donde todos los consumidores están conectados a la red, la estructura de precios predominante permite los subsidios cruzados entre consumidores (ámbitos urbanos versus rurales, industriales versus residenciales, ingresos altos versus ingresos bajos) sin comprometer el objetivo de sostenibilidad financiera de la empresa de suministro y promoviendo a la vez la equidad. Los subsidios cruzados en América Latina y el Caribe son ubicuos (Foster y Rana, 2019).

Las innovaciones tecnológicas harán insostenible a la estructura de precios predominante. Los consumidores que actualmente pagan más por energía de la red de lo que pagan por generar su propia electricidad verán que es atractivo desconectarse de la red. Por lo tanto, se verá comprometida la capacidad de la estructura de precios para cumplir con los dos objetivos de recuperación de costos y asequibilidad.

Para evitar el desarrollo de mercados de electricidad insostenibles, las tarifas tendrán que cambiar. El principio fundamental de las tarifas del futuro es que reflejen los costos. El cuadro 9.1 compara la estructura de precios de la electricidad que predomina en América Latina y el Caribe con la que se requiere para enfrentar los desafíos del futuro.

Las estructuras actuales del precio de la electricidad, que se basan principalmente en cobros que dependen de la electricidad consumida, incorporan dos distorsiones costosas. En primer lugar, cada vez que los consumidores deciden utilizar una unidad extra de electricidad se enfrentan a precios que son superiores al costo incremental de producirla, dado que también necesitan cubrir los costos fijos. Esto desincentiva el consumo de electricidad y limita la transición a servicios de infraestructura electrificados, desde electrodomésticos hasta vehículos eléctricos. En segundo lugar, dado que los consumidores pueden evitar pagar su parte de costos fijos disminuyendo su consumo de electricidad, tienen incentivos para producir su propia electricidad aun cuando esto no sea eficiente a nivel del sistema.⁸ Para solucionar estas distorsiones es necesario

⁷ Esta sección se enfoca en la estructura de precios de los consumidores residenciales y no incluye un análisis de los posibles cambios en la estructura de precios de los consumidores industriales y comerciales.

⁸ En California, donde la adopción de la energía descentralizada es alta y producida en su mayor parte en hogares de altos ingresos, el impacto en las tarifas ya empieza a sentirse de manera desproporcionada en los hogares pobres. La disminución de los ingresos provocada por los prosumidores en California generó un aumento estimado de US\$65 al año en las facturas de electricidad de los consumidores que no son prosumidores (Davis, 2018).

Cuadro 9.1 Transformación de la estructura de precios de la electricidad

	Tarifas actuales	Tarifas futuras
Cargos que no dependen de la electricidad consumida	Representan una parte pequeña de la factura de electricidad. Cuando está incluido en la factura, el cargo no está relacionado con las características del costo del suministro del servicio (por ejemplo, con la capacidad máxima de carga del sistema del hogar).	Representan una parte considerable de la factura de electricidad. Se establece un cargo fijo para reflejar la estructura del costo del suministro de electricidad. Deben establecerse diferentes factores de costos por separado; y la información adecuada sobre su nivel y los cambios deben ser transparentes. Por ejemplo, el derecho a utilizar la red, el derecho a comerciar electricidad utilizando la red, servicios de seguros.
Cargos que dependen de la electricidad consumida	Representan casi toda la factura de electricidad. Fijados para proporcionar suficientes ingresos a la empresa proveedora para cubrir costos variables y fijos a largo plazo. Diferenciados entre usuarios (por ejemplo, rural vs. urbano, residencial vs. industrial) con la intención de cumplir con los objetivos de equidad y asequibilidad (subsidios cruzados).	Representan una pequeña parte de la factura de electricidad. Mayor "granularidad" de los precios. Estos reflejan el costo marginal de suministrar los servicios a la hora y en el lugar donde se usan. Los precios se fijan exclusivamente para cumplir con las metas de eficiencia; las metas de asequibilidad se abordan con otros instrumentos.
Impuestos y cargos sectoriales	Pueden representar una porción significativa del total de las facturas. Instrumento utilizado para cumplir con objetivos de políticas que suelen exceder el sector de la electricidad (por ejemplo, contribuir a financiar los ingresos fiscales generales).	Los impuestos y los cargos sectoriales no deberían distorsionar el principio que indica que los precios siempre deben reflejar los costos del servicio. ^a
Subsidios	Los subsidios para cumplir con los objetivos de equidad se financian principalmente utilizando subsidios cruzados. Fijados principalmente como descuentos del precio de la electricidad.	Los subsidios para cumplir con los objetivos de equidad se financian con los ingresos fiscales generales. Fijados principalmente como descuentos del cargo fijo de la factura de electricidad.

Fuente: Elaboración de los autores.

^a Algunos impuestos o cargos, como los impuestos al carbono, deben incluirse en las tarifas para que reflejen los costos sociales totales de la generación de electricidad.

introducir en la factura de electricidad cobros que no dependen de la electricidad consumida para remunerar los costos fijos.

La sintonía fina de qué parte de los costos debería cubrir cada tipo de cobro no es unívoca, pero se pueden extraer algunas directrices generales. Diseñar estructuras tarifarias adecuadas requiere que los factores de costos se establezcan por separado, y que la información sobre su nivel y su cobro sea transparente. Por ejemplo, la remuneración de los servicios de la red se puede recuperar mediante cargos de capacidad (cuando el costo está asociado con el tamaño/volumen del consumidor) o por costos fijos (cuando no depende realmente para nada del consumo). Los servicios de

red que dependen de las características de la red o del consumidor, como la capacidad de utilizar la red de distribución para comprar y vender electricidad, están más adecuadamente cubiertos por algún tipo de cobro por la capacidad de carga. Otros servicios de la red ajenos a las características del consumidor, como el derecho a tener acceso a la red, algunos elementos de la seguridad de la oferta y el alumbrado público, deben estar cubiertos por un cargo fijo.

Aumentar el reflejo del costo en la tarifa también significa reconocer que el tiempo y el lugar importan en el costo de proporcionar servicios. Un diseño de tarifas adecuado debe brindar a los consumidores información en tiempo real sobre los costos, las externalidades y las oportunidades asociadas con el tiempo y el lugar de la generación y del consumo de electricidad.

Mejores señales de precios según ubicación ya son técnicamente posibles, así como lo son los sistemas de precios por hora. Los precios dinámicos constituyen una opción para asegurar que los precios de la electricidad minorista trasladen al menos parte de la variación del precio mayorista por hora a los consumidores. Pueden adoptar diferentes formatos, como el precio por hora de uso, el precio en tiempo real, el precio por picos variables y el precio por picos críticos,⁹ pero la idea detrás de estos sistemas es siempre la misma: los usuarios adaptan sus hábitos de consumo para ajustarse a la disponibilidad de recursos. El uso de mecanismos de precios para generar respuestas de la demanda adquiere aún más importancia cuando la proporción de energía renovable en las matrices de generación eléctrica de toda la región está aumentando rápidamente, por lo cual la disponibilidad de recursos es menos predecible.

Por último, para asegurar que las nuevas estructuras de precios reflejen los costos deben permanecer libres de otras distorsiones de precios, como impuestos generales o específicos al sector y subsidios. Lograr este objetivo puede ser uno de los pasos más difíciles de la transición hacia las nuevas tarifas. Actualmente, los impuestos y los cargos sectoriales pueden representar una parte importante de la factura de electricidad (por ejemplo, en Brasil y Argentina, representan más del 50% de las facturas de electricidad) y los subsidios cruzados son el arma elegida por los reguladores para lidiar con las cuestiones de equidad. En un contexto nuevo, donde los consumidores tienen la libertad para prescindir de la red y producir su propia electricidad, aumentar las facturas más allá del costo necesario para cubrir los servicios constituye un incentivo para abandonar la red.

⁹ Muchos países están adaptando su regulación para permitir precios dinámicos; entre ellos, cabe citar a Alemania, Estonia, Estados Unidos, Finlandia, Noruega y el Reino Unido (EURELECTRIC, 2017; IRENA, 2019).

En este contexto, la capacidad del gobierno para reunir fondos a través de la factura de electricidad con el fin de financiar los subsidios cruzados se ve gravemente reducida. Como se explica en los capítulos 1 y 4, los reguladores tendrán que trabajar estrechamente con los responsables de las políticas públicas para diseñar subsidios focalizados en función de los ingresos con una fuente de financiamiento predecible y especializada (Cont y Navajas, 2019).

Coordinar la regulación en diferentes sectores

A medida que la digitalización y la descentralización crean nuevas interfaces entre el sector de la energía y otros servicios, se requerirá una regulación coordinada. La planificación y regulación de los sectores de la energía, el transporte, las telecomunicaciones y el agua ahora se lleva a cabo por separado. Sin embargo, a medida que los servicios se vuelvan más dependientes e interrelacionados, las líneas que definen el alcance de la regulación sectorial se volverán borrosas. Por ejemplo, muchos de los desafíos de la movilidad eléctrica están asociados con el sistema de precios de la electricidad, la accesibilidad de los puntos de carga e incluso con incentivos para la calidad de la energía; estos factores, que suelen ser supervisados por el regulador de la energía, en el futuro cercano se pueden convertir en elementos clave para definir la eficiencia de las opciones para brindar servicios de transporte.

Otra relación intersectorial que aumenta rápidamente es la de la energía y el agua. La importancia creciente de las represas hidroeléctricas para complementar fuentes renovables variables hará que las decisiones sobre cómo utilizar recursos hídricos sean más difíciles, particularmente en el contexto de un sector de la energía electrificado y de recursos hídricos cada vez más escasos debido al cambio climático (véase el capítulo 11). En este sentido, la integración de la regulación entre ambos sectores se convertirá en un aspecto crucial para evitar fallas de coordinación que podrían poner en peligro el acceso de las empresas, el sector agrícola y los hogares al agua o a la electricidad.

La tecnología de la información (TI) y el sector de la energía están teniendo una convergencia más sinérgica. Algunos productores de equipos de energía están estudiando adquisiciones de TI para aumentar el ritmo de su transición digital. Entre tanto, actores de la TI bien establecidos están entrando agresivamente al sector de la energía. La optimización y la operación de los sistemas eléctricos dependerán cada vez más de nuevas tecnologías para permitir la recopilación y el análisis de *big data*. La propiedad, el uso y la seguridad de estos datos influirán en el potencial de los nuevos servicios de energía y en la competitividad (véase el capítulo 13).

La integración de la regulación en diferentes sectores crea dificultades, pero los primeros pasos para comenzar la integración comprenden lo siguiente:

- Reconocer la existencia de interdependencias transversales y crear mecanismos de coordinación entre los reguladores para realizar en conjunto evaluaciones de impacto regulatorio.
- Coordinar la planificación entre ciudades, regiones y países. Un ejemplo es el uso de los objetivos climáticos como herramienta para coordinar objetivos de planificación en diferentes sectores. Por ejemplo, en el sector de la energía muchos países de la región han alineado sus planes de expansión de generación eléctrica con los objetivos de sus contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) en el marco del Acuerdo de París (véase el capítulo 7).
- Integrar la planificación para la resiliencia y la seguridad del sistema teniendo en cuenta las interdependencias entre *hardware* y *software*. Por ejemplo, la planificación de los sistemas de telecomunicaciones debería anticipar las consecuencias de un ciberataque que podría desatar un apagón.

El futuro comienza ahora

El rápido ritmo al que está cambiando el sector de la electricidad significa que los países se enfrentan a desafíos sin precedentes y técnicamente complicados. Si no se actúa ahora se estará cometiendo un error que se pagará caro; los países tienen que aprovechar al máximo las nuevas oportunidades que presentan la digitalización y los costos decrecientes de las nuevas tecnologías de generación y almacenamiento, y la creciente electrificación de las actividades económicas. Los adelantos tecnológicos deben estar en el centro de una estrategia para solucionar problemas de larga data relacionados con la asequibilidad, la calidad del servicio y la eficiencia.

Los reguladores deben comenzar ahora generando más y mejor información y creando dentro de sus marcos un enfoque flexible que les permita lidiar con las innovaciones y la incertidumbre. Las políticas regulatorias, las instituciones y los instrumentos requieren una comprensión más profunda de qué son los servicios de electricidad y cómo se suministran. En muchos casos, esto implica redefinir las competencias de los reguladores. En todos los casos, los países van a necesitar un nuevo enfoque del diseño de las tarifas y de los subsidios que no comprometa la sostenibilidad financiera ni la eficiencia.



El camino hacia un mejor transporte

Corren tiempos de cambios sin precedentes para el transporte. En las próximas décadas, las tecnologías digitales reconfigurarán el futuro tanto de la movilidad (movimiento de personas) como de la logística (movimiento de bienes), presentando grandes oportunidades y desafíos para las economías y las sociedades. El transporte autónomo, conectado, eléctrico y compartido promete alterar el transporte de una manera sin precedentes desde que, a comienzos del siglo XX, los automóviles reemplazaron a los caballos. Los automóviles transformaron drásticamente las vidas de las personas, permitiéndoles acceder a empleos, escuelas, comercios y entretenimiento en lugares lejanos en una fracción del tiempo de viaje que tardaban a pie o en vehículos a caballo. Sin embargo, las personas sienten incertidumbre respecto de cómo será el futuro y qué beneficios y riesgos específicos traerá consigo. Esta incertidumbre no es muy distinta de la experimentada en las primeras etapas de las revoluciones tecnológicas del pasado: en 1885, Karl Benz no podría haber anticipado los cambios que traería unas décadas más tarde su vehículo propulsado por gasolina. Por ello, los gobiernos de todo el mundo han lanzado programas para asegurar que las nuevas tecnologías contribuyan a lograr un sistema de transporte eficiente (que proporcione servicios de menor costo y mayor calidad), inclusivo (accesible y asequible para todos) y sostenible (que promueva un entorno urbano más seguro, limpio y habitable).

En este contexto, el desafío que enfrentan los países de América Latina y el Caribe es el de unirse a otros gobiernos que hoy planifican la transición tecnológica o enfrentar mañana las consecuencias de quedar rezagados. De hecho, si las tendencias actuales siguen sin modificarse, el futuro del transporte en las ciudades de América Latina y el Caribe no es prometedor. Se prevé que las tasas de motorización aumenten en casi un 40% y lleguen a 276 vehículos por cada 1.000 habitantes hacia 2030. Junto con el

crecimiento de la población (un incremento del 9% hacia 2030) y la extensión territorial de las ciudades, la congestión aumentará rápidamente. Estas proyecciones no deben tomarse a la ligera cuando, de acuerdo con la base de datos de Resultados de Tráfico 2018 de INRIX, cuatro de las diez ciudades más congestionadas del planeta ya se encuentran en América Latina y el Caribe: Bogotá (donde cada conductor pierde 272 horas por año debido a los embotellamientos), Ciudad de México (218 horas), Rio de Janeiro (199) y São Paulo (154) (en comparación con 45 horas en La Paz, la capital menos congestionada de la región). A su vez, la demanda de productos de una población cada vez más urbana (el 84% de la población de la región vivirá en ciudades hacia 2030), junto con el auge del comercio electrónico (con un crecimiento proyectado del 650% hacia 2030) y las preferencias de los consumidores a favor de envíos más rápidos y pequeños, disparará el transporte de carga en las carreteras urbanas.

Sin cambios estructurales, las tendencias negativas en el transporte público pueden empeorar (véase el capítulo 4). A medida que esto suceda, quienes puedan pagarlo cambiarán al transporte individual, mientras que aquellos que no puedan serán cada vez peor atendidos por un servicio deficiente en términos de accesibilidad, asequibilidad y calidad. De la misma manera, sin incentivos para ser energéticamente más eficiente, el sector transporte seguirá siendo una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): las emisiones de CO₂ aumentarán un 25% hacia 2030, restringiendo la capacidad de los países de América Latina y el Caribe para cumplir con sus compromisos del Acuerdo de París (véase el capítulo 7). Por último, si no se revierten las tendencias actuales en seguridad vial, entre 2020 y 2030 se podría perder 1 millón de vidas en accidentes de tránsito. El precio para la salud pública puede ser aún mayor, con un aumento de las enfermedades cardiovasculares y el cáncer de pulmón como resultado del sedentarismo y de la peligrosa calidad del aire en las ciudades. Al dedicar más tiempo a los desplazamientos diarios al trabajo, la salud mental también puede deteriorarse: los viajes más largos reducen la satisfacción con el empleo y la productividad, aumentan los niveles de estrés general de los viajeros y los hacen menos felices (Oficina Nacional de Estadísticas del Reino Unido, 2014). Por eso no es de extrañar que entre los factores que influyen en la calidad de vida los residentes de las megaciudades de la región mencionen al transporte entre las cinco preocupaciones prioritarias, junto con la seguridad, la transparencia, la desigualdad y la participación ciudadana (Serebrisky, 2014).

Pero hay motivos para la esperanza. Las nuevas tecnologías pueden convertirse en aliadas para evitar este escenario sombrío. La movilidad eléctrica puede reducir las emisiones de CO₂. La movilidad compartida

y conectada puede optimizar el uso de los vehículos, reducir los viajes en solitario y disminuir la congestión. Los vehículos autónomos pueden ampliar la movilidad de los no conductores y las personas con discapacidades y aumentar la productividad del transporte público. Este capítulo describe las tendencias que asoman en el sector del transporte, las oportunidades que presentan y las medidas de políticas públicas que permitirían que los países de América Latina y el Caribe alcancen un sistema de transporte eficiente, inclusivo y sostenible basado en tecnologías del siglo XXI.

Tendencias disruptivas en el transporte

Cuatro tendencias convergentes —la automatización, la conectividad, la electrificación y el uso compartido (ACES, por las siglas en inglés de *Automation, Connectivity, Electrification* y *Sharing*)— transformarán de manera radical la forma en que se mueven las personas y los bienes (Voegel, 2019).¹

La *automatización* lidera estas tendencias. En el terreno del transporte, esta asume diversas formas, entre las cuales se destacan los vehículos sin conductor o autónomos (AV, por sus siglas en inglés). La Sociedad de Ingenieros Automotrices clasifica la automatización de los vehículos en seis niveles, de 0 a 5. En el nivel 0, todas las funciones de conducción requieren una intervención humana; y en los niveles 4 y 5 el vehículo puede responder de forma autónoma a todas las situaciones de conducción.

La *conectividad* se refiere al uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para generar e intercambiar datos entre los vehículos, los caminos y otras partes del sistema de transporte. Las formas que adopta la conectividad son de vehículo a vehículo (V2V), de vehículo a infraestructura (V2I) y de vehículo a todo (V2X).

La *electrificación* involucra el uso de motores eléctricos para propulsar vehículos. Estos reciben electricidad recargándose en la red y almacenando la energía en baterías. También pueden recargarse en parte mediante frenos regenerativos, que producen electricidad con una parte de la energía que normalmente se pierde al frenar.

¹ En los últimos años, el futuro del transporte ha empezado a captar la atención de públicos especializados y generales. Los datos de fuentes digitales (Twitter, noticias, blogs, foros, Facebook) muestran que, entre 2016 y 2018, las conversaciones sobre vehículos eléctricos en los países de América Latina y el Caribe crecieron en un 48%. A su vez, las conversaciones sobre vehículos autónomos aumentaron en un 13%. Asimismo, los datos de los motores de búsqueda académicos indican que, para el mismo período, la investigación internacional sobre vehículos eléctricos y autónomos se incrementó en un 30% y en un 250% respectivamente.

Compartir comprende el uso o la propiedad compartidos de automóviles, bicicletas, monopatines y camiones. Actualmente, las formas más habituales de compartir son: i) entre empresa y consumidor, sistema por el cual una empresa mantiene una flota de vehículos que alquila a sus clientes; ii) servicios de viajes a pedido (*ride-hailing* en inglés), que ofrecen viajes a demanda conectando a conductores que utilizan sus vehículos personales con pasajeros que solicitan un viaje, normalmente vía *smartphone*; iii) programas para compartir bicicletas; y iv) programas de micromovilidad, mediante los cuales una empresa proporciona servicios de transporte urbano con una flota de pequeños vehículos eléctricos, como bicicletas y monopatines eléctricos (Shaheen, Totte y Stocker, 2018).

Suponiendo una alta penetración en el mercado, se prevé que cada una de estas tendencias aporte beneficios considerables al sistema de transporte, aumentando su eficiencia, inclusión y sostenibilidad (cuadro 10.1).

El desarrollo de investigación y negocios relacionados con tecnologías ACES avanza rápidamente. Aunque con distintos grados de adopción, la movilidad compartida ya es una realidad en numerosas ciudades de América Latina y el Caribe. Por ejemplo, Statista, el portal de estadísticas en línea, muestra que en 2018 Uber ya estaba presente en 230 ciudades en 15 países, con 30 millones de usuarios y 1 millón de conductores, superando las cifras de América del Norte. La micromovilidad también está cada vez más disponible en la región, donde se espera que se reproduzca el auge vivido en Estados Unidos. En este país los viajes de micromovilidad aumentaron un 400% en tres años y en 2018 llegaron a 84 millones, cifra equivalente al 15% de todos los viajes de primera y última milla de la ciudad de Nueva York (NYC DOT, 2019; NACTO, 2019). La adopción de vehículos eléctricos también se está incrementando. Europa, Estados Unidos y China lideran la transición hacia la electromovilidad, donde se prevé que los vehículos eléctricos representen el 50% de las ventas en 2030 (Bloomberg NEF, 2019a). Esto supone que el precio de los automóviles eléctricos irá disminuyendo con el costo de las baterías, que en 2018 representaba la mitad de los costos totales de los automóviles, logrando paridad de precios con los vehículos a gasolina hacia 2022. En este escenario, hacia 2030 uno de cada cuatro automóviles nuevos que se vendan en el mundo podría ser totalmente eléctrico (Bloomberg NEF, 2019a). Aunque los países de América Latina y el Caribe acusan un rezago en relación con los líderes mundiales, se están adoptando medidas considerables para iniciar una transición hacia la electromovilidad. Costa Rica y Chile fueron los primeros de la región en formular estrategias específicas ya en 2017 (Isla et al., 2019). Además, las ciudades de Santiago de Chile y Bogotá han tomado la delantera en el cambio de parte de sus flotas de buses de transporte público a buses eléctricos.

Potencial de ACES para hacer un transporte más eficiente, inclusivo y sostenible

Autónomo	Conectado	Eléctrico	Compartido
<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la comodidad y la productividad para los viajeros, que podrán realizar otras tareas (dormir, trabajar) mientras viajan. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejor utilización de la infraestructura (por ejemplo, semáforos inteligentes que envían información del tráfico a los vehículos y a los organismos públicos para adoptar decisiones dinámicas de gestión del tráfico).^a 	<ul style="list-style-type: none"> Costos operativos más bajos gracias a una mayor eficiencia energética y menos mantenimiento que los motores de combustión interna. 	<ul style="list-style-type: none"> Menos trayectos en solitario y mayor utilización de los vehículos, lo cual reduce el número de automóviles en las calles.
<ul style="list-style-type: none"> Mejora del manejo del tráfico y la planificación urbana utilizando <i>big data</i> generado por los vehículos autónomos. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejor vigilancia del cumplimiento de infraestructura segregada (carriles para autobuses, bicisendas, zonas de bajas emisiones). 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor comodidad para los pasajeros, con un funcionamiento más silencioso y suave. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la conveniencia del transporte público (por ejemplo, ofreciendo servicios de primera y última milla y soluciones de movilidad a la medida sobre la base de las necesidades individuales mediante la movilidad como servicio, o programas de pago sobre la marcha).
<ul style="list-style-type: none"> Menores costos de movilidad y logística debido a costos laborales más bajos y asignación de ruta vehicular gracias al <i>big data</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Los vehículos son capaces de viajar más cerca unos de otros (menor distancia de seguridad necesaria), aumentando así la capacidad de la infraestructura. 	<ul style="list-style-type: none"> Baterías utilizadas como almacenamiento adicional para la red nacional (véase el capítulo 9). 	<ul style="list-style-type: none"> Mejor correspondencia de oferta y demanda para los activos de logística (por ejemplo, menos camiones que viajan vacíos por la red urbana).
<ul style="list-style-type: none"> Nuevos mecanismos de ingreso gracias a la tecnología (por ejemplo, tarificación dinámica de la congestión según los niveles de congestión). 			

(continúa en la página siguiente)

Cuadro 10.1

Potencial de ACES para hacer un transporte más eficiente, inclusivo y sostenible (continuación)

	Autónomo	Conectado	Eléctrico	Compartido
Inclusividad	<ul style="list-style-type: none"> Mayor movilidad para los ciudadanos mayores, los no conductores y las personas discapacitadas. En América Latina y el Caribe, estos segmentos representarían aproximadamente 118 millones de personas hacia 2030^b Aumento de la seguridad vial gracias a una menor dependencia de los factores humanos que causan el 90% de los accidentes. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejor planificación del tránsito público mediante el uso de sensores y <i>big data</i>, lo cual permite que el transporte público bajo demanda cubra las zonas de baja densidad. Mejora de la seguridad vial mediante advertencias de incidentes que impiden colisiones (las advertencias 3 segundos antes del impacto pueden impedir hasta el 70% de las colisiones de vehículos). 	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de las emisiones locales y contaminación sonora lo cual significa mejor habitabilidad urbana y un menor impacto en el cambio climático. Menos trayectos en solitario y mayor utilización de los vehículos, lo cual reduce el número de automóviles en las calles. 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor comodidad del transporte público, como se señala más arriba.
Sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la conducción ecológica para disminuir el impacto ambiental y obtener ahorros de combustible de hasta un 20%. Menos estacionamiento requerido por los vehículos autónomos compartidos, lo cual libera espacio urbano para desarrollos sostenibles y es beneficioso para los ciudadanos. 			<ul style="list-style-type: none"> Una mayor movilidad activa con las bicicletas compartidas.

Fuente: Elaboración de los autores en base a Millard-Ball, Weinberger y Hampshire (2016); Administración de Información Energética de Estados Unidos (2018); Olla et al. (2018); iQAir (2019); Marners-Bell (2019); Voege (2019), y base de datos CEPALSTAT 2018.

^a Los datos para Estados Unidos muestran que los sistemas de estacionamiento inteligente que generan información sobre los espacios libres pueden reducir los viajes en un 50% (Millard-Ball, Weinberger y Hampshire, 2016).

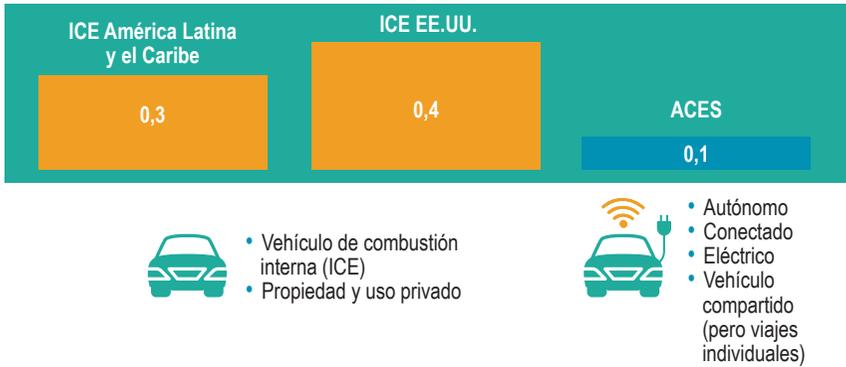
^b Para 2030 América Latina y el Caribe tendrá cerca de 105 millones de adolescentes (10-19 años), 9 millones de personas mayores (de más de 80 años), y 4,5 millones de personas con discapacidades que podrían beneficiarse de los nuevos servicios de movilidad.

La automatización de nivel 3 —el conductor no tiene que monitorear el sistema de manera continua pero debe estar todo el tiempo en condiciones de asumir el control— ya está funcionando en algunos vehículos. Mientras tanto, avanzan las pruebas de nivel 4 en la vía pública; pero todavía no hay consenso respecto de cuándo podrían estar disponibles comercialmente los niveles 4 y 5, lo que dependerá de una combinación de avances tecnológicos, seguridad operativa, políticas públicas, infraestructura y costos. Las proyecciones optimistas sugieren que los vehículos autónomos representarán el 50% de las ventas de vehículos hacia 2030; cálculos más conservadores sugieren que este umbral solo se alcanzará después de 2050 (Litman, 2018). Más allá de la incertidumbre, se prevé que, una vez que este tipo de vehículos esté comercialmente disponible, los considerables ahorros de costos de su utilización comparados con los vehículos de combustión interna impulsarán su rápida adopción (Arbib y Seba, 2017).

Aunque hasta ahora las tendencias ACES han progresado, en gran medida, de manera independiente, se espera que la disrupción más profunda en el sector del transporte se produzca con su eventual convergencia; es decir, cuando la presencia de los vehículos autónomos, conectados, eléctricos y compartidos se conviertan en la norma en las calles urbanas. El ahorro de costos será el principal factor que estimulará este cambio. Estudios recientes sugieren que el funcionamiento de un vehículo ACES costará mucho menos que el de un vehículo eléctrico o de combustión interna. Según Arbib y Seba (2017), por ejemplo, hacia 2030 utilizar un vehículo ACES costará solo US\$0,06 por kilómetro para los viajes en solitario, en comparación con US\$0,48 y US\$0,38 por kilómetro de los vehículos personales a gasolina y eléctricos, respectivamente. Y los vehículos ACES, particularmente los servicios de *pools*, con un costo de US\$0,02 por kilómetro por pasajero serán más baratos que operar un vehículo autónomo no compartido, a gasolina o eléctrico (US\$0,24 y US\$0,10 por kilómetro, respectivamente). Siguiendo esta línea, los autores calcularon que para una familia norteamericana promedio el ahorro de costos proveniente del uso de un vehículo ACES equivaldrá a US\$5.600 al año; es decir, un aumento del 8% del ingreso promedio anual de los hogares en 2018, lo cual será un incentivo para la rápida adopción de la tecnología ACES. En los países de América Latina y el Caribe, donde utilizar un vehículo de combustión interna (ICE, por sus siglas en inglés) cuesta un promedio de US\$0,30 por kilómetro, estos ahorros representarán US\$3.091 al año; esto es, el 17% del ingreso promedio anual de los hogares (Rivas, Serebrisky y Calatayud, 2019) (gráfico 10.1).

Junto con estos beneficios económicos, las tecnologías ACES pueden traer consigo consecuencias no deseadas, como ocurrió con otras tecnologías. Por ejemplo, aunque los automóviles abrieron nuevas oportunidades

Gráfico 10.1 Ahorro de costos por ACES (US\$ por km)



Fuente: Rivas, Serebrisky y Calatayud (2019).

Nota: Las estimaciones de costos corresponden a 2018.

económicas y sociales, hacia comienzos del siglo XX la densidad de vehículos y la velocidad del tránsito en las ciudades se habían vuelto peligrosas, sobre todo para los peatones, lo que requirió la instalación de semáforos. Al igual que en el pasado, pueden surgir obstáculos y barreras que limiten la adopción de las nuevas tecnologías y restrinjan así sus beneficios para la economía y la sociedad. Por ejemplo, a pesar de su capacidad para salvar vidas, los cinturones de seguridad enfrentaron una fuerte resistencia; hacia 1981, un siglo después de su invención, solo el 11% de los conductores de Estados Unidos los utilizaba. El cuadro 10.2 recoge en detalle algunas de las consecuencias no deseadas que pueden tener las tecnologías ACES, así como también algunas de las barreras que pueden enfrentar.

Cuadro 10.2 Tecnologías ACES: barreras para su adopción y consecuencias no deseadas

- Automatización
- Aumento de la congestión: los vehículos viajan más (hasta un 60% más de kilómetros recorridos por vehículo) dado que los ocupantes ahora pueden utilizar la duración de sus viajes de manera más productiva, el costo por kilómetro es menor y muchos vehículos viajan vacíos para dejar o recoger pasajeros.
 - Cambio modal del transporte público y los modos activos hacia vehículos privados cada vez más asequibles, lo cual aumenta la congestión y el sedentarismo.
 - Aceleración de la expansión urbana a medida que las personas se vuelvan menos recelosas de viajes largos.
 - Nuevos escenarios de accidentes mientras los vehículos convencionales coexisten con los vehículos autónomos.

(continúa en la página siguiente)

Cuadro 10.2

Tecnologías ACES: barreras para su adopción y consecuencias no deseadas (continuación)

	<ul style="list-style-type: none"> Mayor vulnerabilidad de los usuarios de las vías públicas como resultado de la falta de normas, funcionamiento no seguro de los vehículos autónomos, ciberataques e incertidumbre en relación con la responsabilidad.
Conectividad	<ul style="list-style-type: none"> Conflicto social: los trabajadores desplazados por la automatización pueden tener dificultades para encontrar empleos alternativos. Ciberdelitos y vulnerabilidad de los datos de los consumidores. Falta de normas e interoperabilidad, y una disposición limitada del sector privado para compartir información.
Electrificación	<ul style="list-style-type: none"> Preocupaciones a propósito de la autonomía y falta de infraestructura integral para recarga de vehículos (las dos principales preocupaciones sobre los vehículos eléctricos mencionadas por los conductores). Tecnología y normas no uniformes de recarga eléctrica de los vehículos. Falta de recursos financieros para el reemplazo de las flotas. Rechazo de los fabricantes de vehículos preocupados por las inversiones en nuevas instalaciones productivas. Riesgos de seguridad vial debido al silencio de los vehículos. Reducciones de los ingresos por impuestos a los combustibles, lo cual crea una brecha presupuestaria para el mantenimiento de la infraestructura y los servicios de tránsito.^a
Compartir	<ul style="list-style-type: none"> Cambio no intencionado del transporte público y modos activos hacia viajes a pedido con un único conductor, lo cual incrementa la congestión y el sedentarismo.^b Tráfico inducido. Resistencia de sectores específicos y efectos en el mercado laboral (por ejemplo, entre conductores de buses y taxis). Rechazo de los fabricantes, preocupados por una menor venta de automóviles debido a un menor uso del automóvil privado.^c Aumento de los riesgos de la seguridad vial a medida que crezca la micromovilidad. Resistencia a los servicios de movilidad compartida, debido a preocupaciones de seguridad y privacidad, y porque los automóviles se consideran símbolos de estatus, independencia y flexibilidad.

Fuente: Elaboración de los autores en base a Graehler, Mucci y Erhardt (2019); Litman (2018); Soteropoulos, Berger y Ciari (2019); Voegelé (2019).

^a En promedio, los impuestos a los combustibles constituyen el 5% del presupuesto de los gobiernos en América Latina y el Caribe.

^b Se observó una disminución del 1,7% en los viajes en bus en 22 ciudades después de la entrada de los viajes a pedido.

^c La industria automotriz en países como México, Brasil y Argentina, emplea a 840.000, 130.000 y 30.000 personas, respectivamente.

Escenarios futuros del transporte

Desde una perspectiva de planificación del transporte, la pregunta clave en este contexto radicalmente cambiante es cómo orientar la adopción de las tecnologías ACES para que contribuyan a crear un sistema de transporte eficiente, inclusivo y sostenible en las ciudades de América Latina

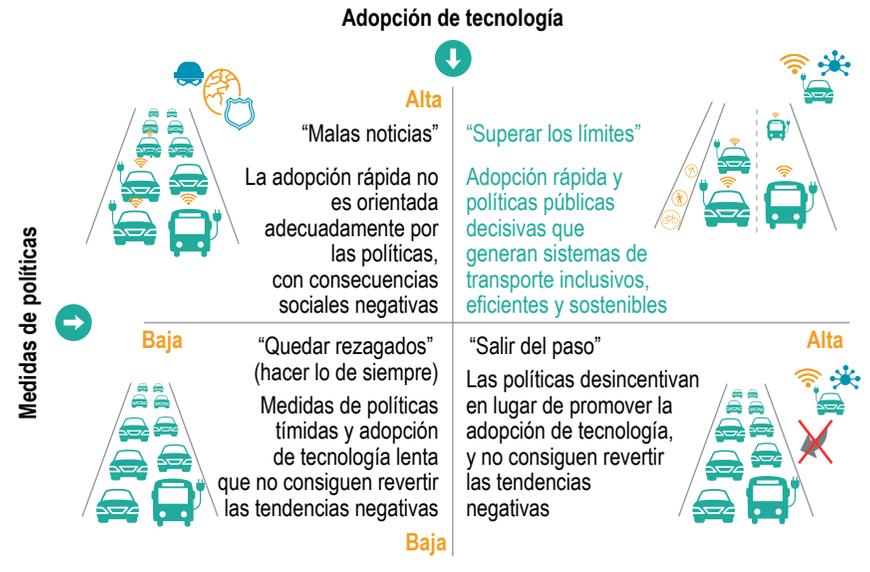
y el Caribe. El análisis de escenarios es una herramienta útil para este fin, al ayudar a los responsables de políticas a anticipar las tendencias, definir resultados deseables, identificar incertidumbres y estimular el pensamiento crítico respecto de cómo las decisiones actuales pueden moldear el futuro. Varios organismos de todo el mundo —aunque todavía ninguno en América Latina y el Caribe— han adoptado este enfoque para la planificación a largo plazo.²

Para ayudar a los responsables de las políticas públicas a navegar los cambios tecnológicos y diseñar políticas efectivas, este capítulo presenta cuatro escenarios desarrollados combinando la evidencia de la literatura y las perspectivas de seminarios internacionales. Reconociendo la heterogeneidad de los países de América Latina y el Caribe, los escenarios proporcionan un marco analítico para identificar futuros plausibles sobre la base de la combinación de dos fuerzas: i) el nivel de adopción de la tecnología y los beneficios y desafíos para la sociedad asociados con ella; y ii) la implementación de políticas públicas que maximicen los beneficios y mitiguen los riesgos que provocan esas tecnologías. Como en las primeras décadas del siglo XX, cuando se introdujeron a gran escala los automóviles y los aviones, las innovaciones actuales tendrán impactos positivos y negativos, demandando así que los gobiernos desempeñen diversos papeles. Tendrán que ser catalizadores de nuevas tecnologías, facilitadores de ecosistemas de innovación, proveedores de incentivos monetarios, y regular activamente para asegurar los beneficios y mitigar los riesgos (UK Government Office for Science, 2019). Una transición fluida y exitosa hacia un sistema de transporte eficiente, inclusivo y sostenible —el escenario denominado “superar los límites”— dependerá de que los gobiernos cumplan con todos los papeles mencionados.

“Superar los límites” es el mejor de los cuatro escenarios. Como se resume en el gráfico 10.2, implica un alto ritmo de adopción de tecnología configurada y orientada por medidas de políticas públicas sensatas y oportunas. Los otros tres escenarios presentan un déficit en una o en ambas dimensiones. El debate que sigue se enfoca en diversas variables clave para describir cómo se vería el sistema de transporte en cada escenario: tasa de motorización, millas recorridas por vehículo (VMT, por sus siglas en inglés), emisiones locales de GEI, utilización de la red de infraestructura, accesibilidad, asequibilidad, seguridad y protección.

² Ministerio de Transporte de Nueva Zelanda (2014); UK Government Office for Science (2019); Metropolitan Transportation Commission (2009).

Gráfico 10.2 Escenarios futuros del transporte en América Latina y el Caribe



“Superar los límites”: adopción rápida y políticas públicas decisivas

Este escenario contempla un alto nivel de adopción de tecnología y políticas para cosechar todos los beneficios de la tecnología y mitigar sus riesgos. La movilidad urbana es eficiente, sostenible e inclusiva y las ciudades están diseñadas en torno a las personas en lugar de los automóviles (gráfico 10.3). Los gobiernos de la región han seguido el ejemplo de los países que son líderes mundiales en tecnología, han aprendido de su experiencia y han implementado las mejores regulaciones para mejorar la movilidad. En este escenario, el número de vehículos,³ la distancia recorrida por ellos (VMT), las emisiones locales y la congestión se han reducido drásticamente; la calidad del tránsito, la accesibilidad, la movilidad sin conductor (particularmente en una sociedad envejecida en la que el 25% de los habitantes tendrá más de 60 años hacia 2050) y la seguridad vial⁴ han

³ Las simulaciones para Lisboa y Austin muestran que, cuando se combinan con el tránsito existente, los vehículos autónomos compartidos podrían reducir el número de vehículos en un 90% (ITF, 2015; Fagnant, Kockelman y Bansal, 2016).

⁴ Nueve de cada diez accidentes viales mortales se deben a factores humanos (Voegelé, 2019). Con los vehículos autónomos y conectados se podría eliminar más del 90% de los accidentes de tránsito y salvar unas 90.000 vidas al año en América Latina y el Caribe.

mejorado; y, en general, las ciudades proporcionan una mejor calidad de vida a sus habitantes.

- Los vehículos son autónomos, eléctricos y compartidos. La propiedad privada de automóviles y los viajes en solitario son poco frecuentes. Un sistema de transporte eficiente, asequible y colectivo proporciona a las personas accesibilidad según sus necesidades específicas mediante plataformas en línea de tránsito integrado. Las personas especifican las características y preferencias del trayecto que quieren recorrer (origen, destino, hora de salida/llegada, precio que están dispuestas a pagar, etc.) y reciben diversas alternativas que maximizan el bienestar individual y social. Esas alternativas pueden incluir el transporte masivo (en corredores de tránsito denso) combinado con vehículos compartidos y micromovilidad (por ejemplo, bicicletas y monopatines eléctricos) para la primera y última milla; vehículos compartidos para viajes en zonas de poco tránsito; y micromovilidad para trayectos cortos en áreas de mucha densidad poblacional. Los vehículos son de diferentes tamaños para acomodar la demanda y para eliminar los traslados con ocupación baja. La tecnología ha aumentado la trazabilidad de los viajes, mejorando así la percepción de seguridad de los pasajeros en viajes compartidos.
- Un mecanismo tarifario flexible facilitado por la tecnología incentiva a las personas a elegir la opción de movilidad más eficiente desde una perspectiva de bienestar social, lo cual implica una mayor tasa de ocupación de vehículos y una menor distancia recorrida. Los costos se imputan al usuario y los precios pagados por un viaje reflejan su costo total, incluyendo el uso de la infraestructura y las externalidades del viaje (por ejemplo, congestión, ruido, emisiones locales). Para evitar efectos regresivos en los sectores de bajos ingresos, algunas ciudades han optado por cobrar el precio total del transporte público pero brindando subsidios focalizados a aquellos sectores, mientras que otras prefieren subsidiar el transporte público y, en algunos casos, incluso lo brindan gratis.
- En las megaciudades, el transporte masivo (metro, tren ligero, buses de tránsito rápido) se utiliza considerablemente. La automatización y la electrificación se han desplegado con éxito en el transporte público. La micromovilidad mejora la accesibilidad al transporte masivo, sobre todo al metro o tren. La automatización ha optimizado radicalmente los tiempos de espera, la

confiabilidad, la comodidad (los pasajeros están mejor distribuidos entre los vehículos) y la satisfacción de los usuarios. La automatización y el transporte público a demanda han hecho que los servicios nocturnos y los servicios en zonas de baja densidad sean financieramente viables.

- La ciudad ya no está diseñada para los automóviles sino para las personas. La necesidad de espacios de estacionamiento ha disminuido hasta en un 80% (ITF, 2015): una menor cantidad de automóviles, pero compartidos y autónomos, dejan a los pasajeros en su destino y van en busca de los próximos pasajeros, encuentran estacionamiento en un lugar consolidado o vuelven a una base. Los antiguos carriles para estacionamiento se asignan al transporte activo y público, y el espacio antiguamente destinado a estacionamiento se utiliza ahora para desarrollos residenciales, de oficinas y de espacios verdes. Un aumento del transporte activo promueve y refuerza mejoras en la salud.
- La conectividad V2X permite un manejo eficiente y en tiempo real del tránsito por parte del sector público, proporciona advertencias sobre incidentes y opciones de rutas, mejora la supervisión del cumplimiento de reglas de uso de infraestructura segregada y facilita la recaudación de ingresos (por ejemplo, con tarifas viales dinámicas). Las torres de control municipales recopilan *big data* y utilizan poderosos *software* de inteligencia artificial (IA) para minimizar la congestión y maximizar el uso de infraestructura. En algunas ciudades la torre de control decide la ruta que cada vehículo debería tomar para llegar a su destino a tiempo, o incluso la hora del día en la cual debería comenzar el viaje. El tránsito de carga se concentra en algunas avenidas, dejando grandes zonas de la ciudad amigables para los peatones.
- Las políticas se coordinan para gestionar la oferta y la demanda de transporte. Esto incluye asegurar las sinergias entre la planificación del uso de la tierra y del transporte. Se promueve la densificación a través de políticas de uso de la tierra, produciendo ingresos que posibilitan la provisión de transporte público de alta calidad, financiado, entre otros instrumentos, por la captura del valor de desarrollos inmobiliarios u otros usos de la tierra. En su conjunto, la densificación, un mejor transporte público y una fijación de precios eficiente disuaden del uso de vehículos privados.
- La tecnología ha mejorado la eficiencia y la sostenibilidad en el transporte de carga, particularmente en la última milla (urbana).

La adopción generalizada de plataformas digitales y del Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés), junto con la IA, permiten una optimización en tiempo real de los procesos (por ejemplo, el diseño de las rutas de camiones, la gestión de la infraestructura) y una flexibilidad en la logística logrando costos más bajos, mayor trazabilidad y transparencia y mayor productividad. Gracias a las tecnologías ACES en la logística de la última milla, combinadas con una gestión integrada de la movilidad y la logística por parte de los planificadores urbanos, se ha logrado gestionar con éxito la escalada de entregas provenientes del comercio electrónico, equilibrando la satisfacción de los consumidores con objetivos sociales como la reducción de la congestión.

- Han surgido nuevos modelos de negocios (por ejemplo, plataformas digitales para compartir activos logísticos) que, a su vez, han creado nuevas oportunidades de empleo.

Gráfico 10.3
Superar los límites en las ciudades de América Latina y el Caribe



“Quedar rezagados”: todo sigue igual

Este escenario se presentó al comienzo de este capítulo y puede definirse en términos de hacer lo de siempre (*business as usual*) o como la situación actual de la movilidad urbana en la región. Retrata un escenario de baja adopción de tecnología y escasas medidas de políticas en el que las tecnologías ACES no están disponibles y las políticas no consiguen revertir las tendencias negativas en materia de transporte. En este escenario, es muy probable que sigan aumentando la motorización, la contaminación, la congestión y los índices de mortalidad en accidentes de tránsito en las ciudades de América Latina y el Caribe.

“Salir del paso”: las políticas disuaden en lugar de promover la adopción

En este escenario, se adoptan políticas pero que en lugar de promover la adopción de tecnología la desalientan. Los países ponen en marcha políticas que disuaden a las personas y empresas de adoptar nuevas tecnologías prometedoras para revertir las tendencias actuales de aumento de la motorización, la contaminación, la congestión y los índices de mortalidad en accidentes de tránsito. Algunos ejemplos podrían ser los siguientes:

- Prohibición gubernamental del despliegue de AV por preocupaciones en posibles impactos en seguridad y empleo.
- Altos impuestos a vehículos eléctricos por presión de fabricantes de automóviles y empresas petroleras o por miedo a perder ingresos provenientes de impuestos a la gasolina.
- Falta de acción para lograr un protocolo de comunicación común para las señales de V2X, lo cual impide un terreno común para la conectividad entre todos los posibles usuarios.
- Una fijación ineficiente de precios continúa subsidiando el uso del automóvil privado y desincentiva un uso más racional y equitativo de la infraestructura.
- Sobreprotección de la privacidad y miedo a los ciberataques.

“Malas noticias”: adopción rápida insuficientemente guiada por políticas

En este escenario la adopción de tecnología es alta, pero la intervención política es baja. Por lo tanto, la tecnología se adopta sin respuestas

políticas apropiadas.⁵ Este escenario puede incluso ser peor para la movilidad urbana que el escenario en el que “todo sigue igual”.

- El precio de los vehículos autónomos (niveles 4 y 5 de la automatización) ha disminuido significativamente y ahora están disponibles para el consumo masivo. Sin regulaciones, por ejemplo, para que los viajeros privados paguen por el uso de la infraestructura, los atractivos de la asequibilidad, y la conveniencia y comodidad aumentan las tasas de propiedad de vehículos y las VMT, lo que provoca aumentos considerables de la congestión y la extensión territorial de las ciudades. Las megaciudades ahora se extienden hasta 100 kilómetros y los ciudadanos pasan el doble de tiempo en sus vehículos. La deficiente respuesta de políticas crea incertidumbre respecto de la responsabilidad legal en casos de accidentes que involucren a vehículos autónomos.
- Las empresas de viajes a pedido utilizan automóviles autónomos en sus flotas, lo que reduce sus costos operativos (al eliminar el pago a un chófer) y baja los precios de los viajes. Esto induce a los pasajeros a migrar del transporte masivo, que queda sujeto a grandes presiones financieras para operar y mantener sus activos, y sin recursos para renovar flotas. Después de superar un período caótico de resistencia por parte de la industria del taxi, los últimos taxis son desplazados por los automóviles autónomos de las empresas de viajes a pedido, que tienen mayor eficiencia de costos. Debido a las fuertes reducciones de los costos de los viajes y a la falta de pago por el uso de infraestructura, no se ha estimulado la movilidad compartida, lo que perpetúa los viajes en automóviles con baja ocupación y aumenta la congestión. Las personas están menos inclinadas a utilizar modos activos de transporte, como caminar y andar en bicicleta, lo que contribuye a tasas de obesidad crecientes en la población.⁶
- El escaso desarrollo de las tecnologías e infraestructura de sensores y telecomunicaciones limita la capacidad para obtener beneficios del V2I y para mejorar significativamente el flujo del tránsito y la gestión de los activos de infraestructura, necesarios más que nunca

⁵ Debido a una serie de fallas de mercado, no se puede confiar en que los mercados sin regulación produzcan resultados sociales óptimos (Anderson et al., 2014; Cohen y Cavoli, 2019).

⁶ Se prevé que, hacia 2030, la obesidad afectará hasta el 60% de la población de América Latina y el Caribe (Global Health Intelligence, 2018).

debido a los mayores índices de VMT y de motorización. La falta de un marco de políticas de ciberseguridad deja a la infraestructura crítica y a los vehículos autónomos expuestos a los ciberataques. De la misma manera, la privacidad se ve comprometida por políticas laxas, lo que permite que los datos de los usuarios sean capturados y vendidos para actividades de marketing o delictivas.

- En algunos países la electromovilidad avanza rápidamente. Hacia 2022, los vehículos eléctricos tienen costos competitivos en relación con los vehículos a gasolina. Atraídos por los ahorros en combustible y mantenimiento y por la reducción de las emisiones locales, individuos, empresas y organismos públicos están adquiriendo vehículos eléctricos. Sin embargo, dada la ausencia de incentivos brindados por el sector público, la infraestructura de recarga solo está disponible en entornos urbanos, sobre todo en zonas de alta densidad y elevados ingresos, donde los inversionistas privados tienen un retorno asegurado. Esto provoca un doble problema: no se mitiga completamente la ansiedad de la autonomía, lo que limita el alcance del cambio hacia la electromovilidad, y la electromovilidad no está al alcance de todos, lo que crea un problema de equidad. Además, dado que no hay regulaciones que promuevan un uso más eficiente de la red eléctrica, se tiende a recargar los vehículos cuando la demanda de electricidad es más elevada, generando presión sobre la red, que no siempre está en condiciones de satisfacer dicha demanda. Por último, la disminución de ingresos por los impuestos a la gasolina limita la capacidad de los gobiernos para mejorar o incluso mantener la infraestructura.
- Ante la ausencia de una planificación integrada de pasajeros y carga, el auge del comercio electrónico (que se prevé que se multiplicará por seis hacia 2030 en América Latina y el Caribe) agrava seriamente la congestión en las megaciudades. A medida que se retrasa el despliegue de la tecnología de control del tránsito, se pierden oportunidades considerables para mejorar la gestión de los activos de infraestructura, lo que tiene como resultado una mayor congestión en las vías de acceso (particularmente en las ciudades portuarias) y en entornos urbanos. El uso no regulado de drones y de robots de entrega de mercancías aumenta las preocupaciones en torno a la seguridad, la privacidad y la protección de datos. Finalmente, unos 6 millones de personas de la región se arriesgan a perder su sustento debido a la falta de políticas para mitigar el impacto de la tecnología en el empleo en el sector logístico (OIT, 2018a).

Construir hoy para un mañana mejor

El desafío actual para los gobiernos de la región es identificar e implementar *hoy* las políticas necesarias para que *mañana* se alcance el escenario de “superar los límites”. Resolver ese desafío puede disminuir la congestión, la contaminación, el abandono del transporte público y la mortalidad en accidentes viales, todo lo cual empeorará si los gobiernos pierden el tren de la revolución tecnológica. También se requieren políticas efectivas para mitigar los riesgos planteados por la tecnología mientras se promueve su adopción, evitando así los escenarios de “malas noticias” y “salir del paso”.

Para lograr los mejores resultados los gobiernos deben actuar de manera coordinada e integrada en numerosos frentes, que se describen en las secciones que siguen y se resumen en el cuadro 10.4. Enfocarse en elementos aislados del sistema de transporte no alcanza. Además, algunas soluciones requerirán una sólida coordinación fuera del sector transporte (por ejemplo, con la planificación del uso de la tierra). La implementación de políticas activas no será una tarea fácil para los gobiernos. Por lo tanto, la secuencia de las acciones de políticas será clave para maximizar su efectividad y suavizar el impacto de las transiciones en el bienestar social. En efecto, se precisa un enfoque integrado, coordinado y secuenciado para superar los desafíos (financieros, políticos e institucionales) que pueden surgir mientras se implementan las políticas destinadas a alcanzar el escenario de “superar los límites”.

La mejora del transporte público: una prioridad máxima

Como ya se señaló, de acuerdo con la base de datos de Resultados de Tráfico 2018 de INRIX, cuatro de las 10 ciudades más congestionadas del mundo se encuentran en América Latina y el Caribe.⁷ Con los aumentos de la población, la motorización, las VMT y la contaminación proyectados para 2030, las ciudades que deseen evitar verse ahogadas por el tránsito deberán mejorar el transporte masivo, desplegando tecnología a tal fin. El transporte masivo es una solución eficiente para el movimiento de personas en ciudades medianas y grandes y en megaciudades. Un corredor de alta capacidad puede transportar aproximadamente 40.000 pasajeros por hora. Para alcanzar el mismo volumen por automóvil se requerirían más de 20 carriles paralelos, lo cual es geográficamente imposible en contextos urbanos.

⁷ En su índice de tráfico, la base de datos TomTom también sitúa cuatro ciudades de América Latina y el Caribe entre las 10 más congestionadas del mundo. De acuerdo con TomTom, la congestión aumenta los tiempos de viaje en un 63% en Bogotá, un 58% en Lima, un 52% en Ciudad de México y un 49% en Recife.

Por lo tanto, lo que se necesita es un transporte masivo de alta calidad y tecnológicamente avanzado, con buena conectividad intermodal desde los servicios que los alimentan (buses, bicicletas públicas, monopatines, instalaciones peatonales y vehículos), incluyendo sistemas de transporte a demanda. La importancia del transporte de superficie para la calidad de vida en las ciudades de América Latina y el Caribe debería reflejarse en cómo se asigna el espacio disponible entre peatones, bicicletas, transporte de carga, buses (o tranvías) y automóviles. Superar los límites de la movilidad requiere que las ciudades favorezcan el transporte público y los modos de alimentación del mismo más que el transporte privado. En el espacio asignado a vehículos privados, deberán aumentar los viajes de alta ocupación mediante, por ejemplo, carriles para vehículos de alta ocupación (HOV, por sus siglas en inglés), las sanciones monetarias por viajes de baja ocupación e, incluso, la prohibición de viajes en solitario en áreas de alta congestión. La tecnología puede ayudar a implementar, monitorear y supervisar el cumplimiento de estas medidas.

Las tecnologías ACES son particularmente importantes para mejorar la *calidad* del transporte público. Aunque la región ha ampliado su *stock* de activos de transporte (véase el capítulo 4), el desafío por delante es optimizar el desempeño de los servicios. La tecnología autónoma —ya presente en las líneas de metro automatizadas de São Paulo y Santiago de Chile— puede mejorar no solo la seguridad y el desempeño de costos del transporte masivo sino también la experiencia de los usuarios gracias a una conducción con menos interrupciones (muchas de ellas hoy muy bruscas). Dado que numerosos buses funcionan en corredores segregados bajo condiciones predecibles, el transporte público es el candidato principal para probar las tecnologías autónomas. Las autoridades de transporte deberían facilitar estas pruebas implementando espacios controlados de experimentación⁸ y elaborando directrices para las pruebas.

Las tecnologías conectadas pueden optimizar significativamente el desempeño del transporte público. La información en tiempo real sobre las flotas y el funcionamiento de la infraestructura, por ejemplo, puede contribuir a reducir las aglomeraciones, evitar tiempos de espera largos y mejorar la coordinación entre las opciones de transporte para proporcionar un sistema de transporte más predecible y sensible a la demanda. Las plataformas digitales constituyen otra manera de conectar a más personas

⁸ Un espacio controlado de experimentación (*regulatory sandbox*) es un marco establecido por el regulador para permitir pruebas a pequeña escala y en vivo de las innovaciones en un contexto controlado (funcionando bajo una exención o permiso especial o alguna otra excepción limitada) bajo la supervisión del regulador.

con el transporte público, proporcionando acceso a tarifas, información y servicios que mejoran la experiencia del usuario y aumentan el número de pasajeros. Esto requiere que los gobiernos establezcan las bases para un acceso abierto a los datos del transporte, la integración de tarifas y modos, los estándares para una mejor interoperabilidad y la disponibilidad de información en tiempo real. Las tecnologías digitales también proporcionan una manera efectiva de crear servicios alimentadores por demanda en zonas suburbanas y rurales, reemplazando servicios de rutas fijas que son más caros en zonas de baja densidad. En ciudades pequeñas, los servicios a demanda pueden brindar una solución alternativa que reemplace no solo los servicios de rutas fijas sino también la propiedad privada de automóviles. De la misma manera, estos servicios pueden hacer más viables los servicios de tránsito nocturno.

A pesar de los beneficios que los ACES pueden aportar a la movilidad urbana, las nuevas tecnologías plantean desafíos al transporte público y a los modos activos. Una de las principales causas de la tendencia decreciente del uso del transporte masivo en Estados Unidos ha sido la aparición de servicios de viajes a pedido, y la misma tendencia está emergiendo en ciudades de América Latina y el Caribe. Los datos disponibles para Boston muestran que el 42% de los viajeros de servicios a pedido habrían utilizado transporte masivo si aquellos servicios no hubiesen estado disponibles (Shaheen, Totte y Stocker, 2018). En Santiago de Chile y Bogotá, las cifras correspondientes ascienden a un 32,5% y un 33,8%, respectivamente (Granada, Pérez Jaramillo y Uribe-Castro, 2018; Tirachini y Gómez-Lobo, 2020). Estudios recientes también han sugerido que los servicios de viajes a pedido están contribuyendo a un aumento de las distancias recorridas en automóvil y a la congestión: los datos para San Francisco, Boston y la ciudad de Washington señalan que los vehículos de viajes a pedido representan el 13%, el 8% y el 7% respectivamente de todas las VMT en esas ciudades, y una tercera parte de esos porcentajes corresponden a distancias recorridas por vehículos vacíos (Balding et al., 2019).

Los efectos adversos potenciales de los viajes a pedido exigen la adopción de medidas de políticas. Bajo un marco regulatorio permisivo, hacia 2030 los kilómetros de viaje de los vehículos y las emisiones de CO₂ en América Latina y el Caribe podrían incrementarse un 6% y un 15%, respectivamente (ITF, 2019). Pero con una regulación eficiente que requiera altas tasas de ocupación en los trayectos de viajes a pedido, los servicios compartidos podrían contribuir a reducir el total de kilómetros recorridos en un 24% y las emisiones de CO₂ en un 3% (ITF, 2019). Algunas ciudades de América Latina y el Caribe han imitado a otras ciudades del mundo y han comenzado a cobrar a las empresas de viajes a pedido por el uso de la

infraestructura vial. São Paulo impone una tarifa inicial sobre la base de una estimación de las VMT, también conocida con el nombre de “créditos”, que serán usados por su flota de vehículos de pasajeros en un período de dos meses, más un recargo si se superan esos créditos. En Ciudad de México se aplica un cargo adicional de un 1,5% por viaje a los servicios de movilidad compartidos. La efectividad de estas políticas aún no se ha evaluado.

Más allá de estas políticas, se requiere una mezcla de medidas blandas y duras para promover que cada modo de transporte funcione de manera socialmente eficiente. En cuanto a los incentivos económicos, se requieren diversas políticas: poner un precio a los kilómetros por vehículo según la hora del día, determinar tarifas variables de estacionamientos según escasez y disponibilidad, y promover (subsidiando, especialmente sus costos de capital) las alternativas de transporte masivo.

Tarifas adecuadas

El futuro del transporte urbano en las ciudades de la región depende de una correcta fijación de precios. La práctica actual de subsidiar el uso del automóvil (al no cobrar por la utilización de la infraestructura ni de las externalidades negativas) es insostenible e injusta (Gössling et al., 2019). Aunque actualmente no hay datos disponibles para América Latina y el Caribe, los correspondientes a la Unión Europea muestran que los costos externos de los automóviles privados ascienden a US\$735.000 millones, lo que equivale al 3,3% del producto interno bruto (PIB) de Europa. Esto incentiva —e incluso subsidia— los viajes en solitario en automóviles privados, creando una competencia desleal para el transporte público y activo. Los efectos contraproducentes de este modelo, junto con un menor ingreso por el impuesto a los combustibles debido al aumento de la electromovilidad, brinda a los países la oportunidad de finalmente fijar precios adecuados por el uso de infraestructura mediante mecanismos facilitados por las tecnologías digitales. Con la adopción masiva de los vehículos eléctricos en el horizonte, los gobiernos tienen que reemplazar el impuesto a los combustibles como fuente de ingresos. Dicho impuesto hoy en día representa un monto significativo de los presupuestos de los gobiernos: 3% en Chile, 4% en Argentina y México, 6% en Colombia y 5% en Costa Rica.

Hasta el momento, la mejor herramienta para pagar por las externalidades provocadas por el uso del automóvil es la de las tarifas viales, a menudo implementadas como un precio por kilómetro recorrido. Estas políticas se pueden implementar gracias a los avances tecnológicos: ahora la localización de cada vehículo y su distancia recorrida pueden rastrearse de manera remota. En el futuro, será ubicua la tecnología que permita a

los gobiernos ajustar de forma dinámica la tarifa según el volumen real de tránsito en las carreteras, facilitando así el control del tránsito en tiempo real y promoviendo un uso más eficiente de la infraestructura. La utilización de cargos por congestión, que son tarifas viales, va en aumento, particularmente en Europa y Asia. Aunque al inicio suelen enfrentar resistencias y resultan polémicas, una vez que se implementan, los ciudadanos las evalúan favorablemente.⁹ La implementación exitosa en Singapur (15% menos vehículos entran en la zona acordonada después de la implementación de las políticas), Londres (33% menos) y Estocolmo (28% menos) muestran el camino (Lehe, 2019). Recientemente, Nueva York anunció un sistema de tasas por congestión para las zonas más transitadas de Manhattan. Las lecciones de la implementación de estas políticas podrían servir de referencia para las ciudades de América Latina y el Caribe. Poniendo en marcha tasas por congestión, las ciudades de la región podrían reducir la congestión entre un 24% y un 28% (Bocarejo, López Ghio y Blanco, 2018).

Los precios también deberían reflejar la mayor demanda de espacio en las aceras que ahora imponen los servicios de viajes a pedido, la micro-movilidad y los vehículos de reparto, y que pronto requerirán los vehículos autónomos compartidos. Idealmente, el espacio en los bordillos de las aceras debería asignarse en tiempo real para reflejar la demanda cambiante durante el día, otorgando prioridad a la movilidad compartida durante las horas pico y promoviendo la utilización nocturna de estos espacios por los vehículos de reparto.

Se ha demostrado que las tarifas de estacionamiento son otro instrumento que disuade el uso de automóviles privados. Cambiar de un estacionamiento gratuito a uno de pago suele reducir los viajes en solitario entre un 10% y un 30% (ITF, 2019).

La fijación de precios para el uso de carreteras, la congestión, el espacio en los bordillos y el estacionamiento se basa en la idea de la infraestructura como un servicio que debe pagarse mediante tarifas que cubran los costos para proporcionarla y que reflejen su valor para los usuarios. Las nuevas tecnologías facilitan la aplicación de este concepto, sobre todo porque permiten que las tarifas sean ajustables en tiempo real a las condiciones del tránsito. Dado que mejorar la calidad de los sistemas de tránsito requiere inversiones que no siempre pueden cubrirse con los ingresos de los servicios, los ingresos por tarifas podrían asignarse a la mejora de los sistemas de tránsito, mejorando también la equidad en la asignación de

⁹ Por ejemplo, las tasas por congestión se introdujeron en Estocolmo en 2006 como una prueba de siete meses, seguida de un referéndum en el que una mayoría (53%) votó a favor de mantener las tarifas.

recursos: se eliminan los subsidios para los usuarios de automóviles privados que tienen ingresos más altos y los recursos se utilizan para mejorar la calidad del transporte público más utilizado por la población pobre. Por ejemplo, con una tasa por congestión de US\$0,33 por km, Bogotá podría recaudar fondos suficientes para cubrir hasta el 15% de los costos operativos diarios del sistema integrado de transporte (Bocarejo, López Ghio y Blanco, 2018; TransMilenio, 2019).

Hay medidas externas al sector transporte que también pueden contribuir a fijar precios adecuados. Un ejemplo evidente es eliminar los subsidios a la compra de automóviles, que son parte de algunas políticas industriales de la región. Dichos subsidios incentivan la motorización y generan una competencia desleal para el transporte público y activo.

Sin embargo, fijar las tarifas adecuadas para las decisiones de movilidad no es tarea fácil. Hay numerosas externalidades involucradas y el debate puede generar malestar social, como se ha visto en París (desatado por un aumento del impuesto al diésel) en 2018, Ecuador (aumento del precio de los combustibles) y Santiago de Chile (aumento del precio del metro) en 2019. Por sí mismos, los incrementos de precios pueden penalizar a los ciudadanos de bajos ingresos o a quienes carecen de otras opciones de movilidad. Por ello, es esencial considerar la secuencia de las medidas de políticas: primero debería mejorarse la calidad, accesibilidad y flexibilidad del sistema de transporte colectivo (que abarca todo el transporte masivo, buses, servicios a demanda y micromovilidad) para proporcionar un servicio eficiente, confiable y con capacidad de respuesta, capaz para acomodar las diversas demandas de los ciudadanos. Normalmente es necesario combinar la fijación de nuevos precios con otras medidas, como subsidios al transporte público para ciudadanos de bajos ingresos, para quienes la movilidad consume una parte importante del ingreso mensual. La tecnología también puede desempeñar un papel para focalizar los subsidios. Hacer proyectos piloto de tarificación antes de su implementación a gran escala puede contribuir a aumentar la conciencia de los ciudadanos acerca de los beneficios previstos y ayudar a los responsables de las políticas públicas a realizar los ajustes necesarios.

Descarbonizar el transporte

Inventados en la década de 1820 (Administración de Información Energética de Estados Unidos, 2018), los automóviles eléctricos por fin se están convirtiendo en un actor relevante de la movilidad urbana, y ofrecen una oportunidad para revertir la contribución del sector transporte al cambio climático (véase el capítulo 7). En América Latina y el Caribe, el transporte

representa el 37% del total de las emisiones, y su huella de carbono es un 30% más alta que en los países de la OCDE (Isla et al., 2019). Hacia 2022, gracias a la disminución de los costos de las baterías, los automóviles eléctricos podrán competir en precios con los vehículos a gasolina. Al mismo tiempo, los menores costos operativos de los automóviles eléctricos acelerarán su adopción.

Sin embargo, se requerirán políticas ambiciosas para detener el crecimiento de las emisiones de CO₂ del sector transporte. Los gobiernos de América Latina y el Caribe pueden promover activamente la adopción de vehículos eléctricos —y cosechar así los beneficios de la matriz de energía más limpia de la región—, implementando buenas prácticas internacionales, como: i) renovar las flotas de transporte público con vehículos totalmente eléctricos; ii) crear zonas de bajas emisiones y eximir de ciertas restricciones a los vehículos eléctricos (carriles HOV y zonas de estacionamiento específicas); iii) incentivar o invertir directamente en infraestructura de recarga;¹⁰ iv) introducir incentivos para suavizar el consumo de energía y evitar los picos provocados por la recarga simultánea de vehículos; v) eliminar subsidios a los combustibles fósiles; vi) estimular la renovación de las flotas del sector privado (tanto para el transporte de carga como para el de pasajeros); y vii) eliminar gradualmente el uso de vehículos de combustibles fósiles hacia 2040 y prohibir su venta hacia 2030.¹¹

En una región donde una de cada dos personas todavía declara que no está dispuesta a utilizar un vehículo eléctrico, hace falta un fuerte impulso para promover la adopción de la electromovilidad;¹² sin embargo, varios países de América Latina y el Caribe han avanzado en este sentido (cuadro 10.3). Costa Rica se destaca en este campo con un plan de descarbonización que establece que hacia 2035 el 25% de la flota de vehículos ligeros debería ser eléctrica. Al promover la electromovilidad, los gobiernos deben tener cuidado al mismo tiempo de no inducir a una mayor motorización o de desalentar cambios modales que vayan en contra del transporte colectivo.

¹⁰ El nivel de infraestructura de recarga instalada en un determinado territorio está positiva y significativamente relacionado con la tasa de registro de vehículos eléctricos (Morton et al., 2018).

¹¹ Esto coincide con las medidas de políticas públicas adoptadas en otras regiones (por ejemplo, Europa y algunas ciudades de Estados Unidos) y su objetivo es evitar una avalancha de autos nuevos y viejos a gasolina y de bajo costo que no podrán circular en esas regiones. China ha establecido reglas que básicamente prohíben a partir de 2019 la inversión en nuevas fábricas de automóviles propulsados por combustibles fósiles.

¹² Véase la base de datos de Latinobarómetro 2017, Encuesta del Proyecto de Opinión Pública de América Latina (LAPOP).

Cuadro 10.3
Políticas para promover los vehículos eléctricos

	Argentina	Uruguay	Brasil	Paraguay	Chile	Ecuador	Colombia	Costa Rica	México
Rebaja/ exención fiscal por compra de vehículos eléctricos	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rebaja/ exención del IVA por compra de vehículos eléctricos	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rebaja/ exención de otros impuestos		X				X	X	X	X
Rebaja/ exención por tasas de registro, propiedad u otros		X	X			X	X	X	X
Tarifas de energía preferenciales o energía gratis	X	X		X	X			X	X
Vías prioritarias/ rebaja/exención de tarifas por uso de la carretera						X	X	X	
Estacionamiento preferencial					X	X	X	X	
Programas de e-taxi		X	X		X	X	X	X	X
Red de recarga eléctrica (número aproximado de estaciones)	4	47	200	10	55	15	40	50	900

Fuente: Isla et al. (2019).

Logística de la última milla

Con el crecimiento de la población urbana y del comercio electrónico que tendrán lugar en la próxima década, los métodos eficientes y sostenibles de entrega de última milla serán una de las principales metas de

los planificadores urbanos. Los planes de uso de la tierra rara vez integran los movimientos del transporte de carga en el control del tránsito individual y de buses de las ciudades de la región, lo cual tiene como consecuencia una extensión territorial de la logística, mayor movimiento del transporte de carga, mayor congestión, menor seguridad vial, daños a la infraestructura, ruido y contaminación del aire. En el futuro, los planes de uso de la tierra tendrán que acomodar el creciente flujo de transporte de carga creado por cadenas de suministro más rápidas e impulsadas por los consumidores.

La mayoría de las ciudades debería reevaluar la zonificación, debido a que el espacio disponible para instalaciones de distribución se ha reducido frente al crecimiento de la demanda inmobiliaria residencial. Esto ya ha producido una extensión territorial de la logística,¹³ aumentando las VMT, las emisiones y la congestión. Para revertir esta tendencia, los gobiernos deberían establecer un marco de políticas adecuado (zonificación, incentivos fiscales) para estimular al sector privado a desplegar sistemas de distribución de varios niveles que combinen el espacio logístico y las tecnologías de transporte con el fin de reducir las VMT y aumentar la tasa de utilización de los vehículos. Estos sistemas incluyen centros de consolidación/transferencia urbanos, centros de micro-procesamiento de pedidos, muelles de entrega y terminales automáticas de paquetes. La experiencia reciente en ciudades de Europa como Madrid y Londres ha demostrado que cuando hay espacio disponible para centros de micro-procesamiento en zonas urbanas, el inventario se puede almacenar más cerca del usuario final y las entregas se pueden realizar utilizando vehículos más eficientes e incluso compartidos. Estos cambios pueden descarbonizar las entregas y contribuir al mismo tiempo a ocupar el número creciente de locales minoristas vacíos en zonas céntricas y en los grandes centros comerciales, a medida que más consumidores pasan a realizar compras en línea.

La zonificación también puede promover la transición de las entregas de última milla hacia la energía limpia. La creación de zonas de bajas emisiones debería preparar a las ciudades para medidas audaces como las tomadas por París, Ciudad de México y Atenas, que apuntan a prohibir la circulación de camiones y automóviles diésel en sus carreteras para 2025. Las ciudades de América Latina y el Caribe deben contemplar políticas similares, asociándolas con el desarrollo de redes de recarga para alentar a las empresas de transporte a adoptar vehículos eléctricos y con el reforzamiento de las redes eléctricas para responder a una mayor demanda.

¹³ Por ejemplo, entre 1995 y 2015, la distancia desde las instalaciones de logística al centro de la ciudad de Belo Horizonte aumentó en 2 kilómetros (de Oliveira et al., 2018).

Los gobiernos también deben tomar medidas efectivas para integrar el transporte de carga con la movilidad y para aliviar la congestión mediante un uso más eficiente del espacio urbano disponible, actualmente facilitado por el despliegue de nuevas tecnologías. Las medidas incluyen:

- *Establecer ventanas de tiempo para entregas incentivando las entregas fuera de horas punta.* Por ejemplo, el programa de entregas fuera de horas punta de la ciudad de Nueva York ha logrado importantes beneficios económicos: los transportistas redujeron los costos operativos y las multas de estacionamiento en un 45%; las empresas disminuyeron los niveles de inventario gracias a entregas más confiables; los conductores de camiones redujeron su estrés y sus horas de trabajo gracias a una mayor facilidad de conducción y estacionamiento; y las emisiones bajaron en un 55%-67% en comparación con las entregas efectuadas en horas regulares (Holguín-Veras et al., 2018). De la misma manera, programas piloto implementados en Bogotá mostraron ahorros promedio de un 32% en los costos de los viajes, de un 42% en las emisiones de CO₂ (debido a una menor circulación para encontrar espacio de estacionamiento y viajes más rápidos durante las horas de poco movimiento) y de un 50% en los tiempos de descarga (ANDI, 2016).
- *Crear (y vigilar) zonas especiales de carga y descarga.* Proyectos piloto realizados en Querétaro, México, mostraron que la duración de los viajes y el estacionamiento de los vehículos de reparto podían reducirse en un 30% con un mejor uso de las zonas de carga/descarga (Fransoo, 2019). A través de la digitalización, la video-detección y la IA, la vigilancia se puede producir a gran escala, en tiempo real y con menos agentes de tránsito.
- *Aplicar una gestión inteligente del bordillo de las aceras con sistemas de programación de turnos y tarifas dinámicas.* Por ejemplo, Ámsterdam, Barcelona y Helsinki tienen sistemas de reservas de turnos que ofrecen información en tiempo real sobre los lugares de estacionamiento. Los conductores utilizan los sistemas para realizar reservas. Los espacios de estacionamiento están equipados con cámaras, sensores u otros dispositivos de localización para compartir información con conductores y planificadores urbanos.
- *Establecer espacios para casilleros de entrega de paquetes en zonas residenciales y en estaciones de transporte masivo, e implementar políticas para aumentar las tasas de utilización de los vehículos de reparto, disminuyendo así su número.* El factor de carga promedio actualmente es de un 30%-40%, y más del 20% de los kilómetros

recorridos se realizan con vehículos vacíos (Letnik et al., 2018). Desde una perspectiva fiscal, algunas políticas que se están implementando actualmente son: impuestos al carbono, tasas por congestión para carreteras y muelles de descarga, precios de estacionamiento diferenciados, impuestos vehiculares e impuestos a los paquetes.

- *Adaptar el peso, tamaño y tipo de vehículo a las características del tránsito y de las carreteras.* Los vehículos más pequeños, de energía limpia, deben constituir la norma para los repartos en zonas de baja circulación. En línea con la evidencia mundial, proyectos piloto en Rio de Janeiro que utilizan vehículos eléctricos para la entrega de última milla mostraron una disminución del 28% del costo por ruta de entrega, además de las reducciones en los GEI (Bandeira et al., 2019). La creación de zonas de bajas emisiones debe ir acompañada de otras medidas para incentivar la descarbonización del transporte y la renovación de las flotas, como las mencionadas más arriba.
- *Utilizar big data, IA y pagos digitales para permitir tasas por congestión dinámicas.* Gracias a estas tecnologías, Singapur ha mejorado la efectividad de su sistema de tasas por congestión ajustando dinámicamente las tarifas según los datos del tránsito en tiempo real más que por horas fijas (Lehe, 2019). Los recursos recaudados al cobrar por la congestión, el uso de los bordillos de las aceras y el estacionamiento pueden asignarse a la mejora de los sistemas de transporte de carga y pasajeros a nivel urbano.

Dado que en las ciudades a menudo convergen diversos niveles de gobierno, y puesto que hay múltiples entidades (planificación, transporte, obras públicas, policía, industria) que tienen mandatos relacionados con la logística urbana, la coordinación entre organismos es esencial para una implementación efectiva de las políticas. Sobre todo, se requiere una colaboración público-privada sólida y a largo plazo para mejorar la entrega de última milla.

Planificar: la clave para el éxito

Aunque nadie puede predecir con seguridad cómo será el transporte en el futuro, es evidente que los gobiernos ya deberían estar tomando medidas para maximizar los beneficios y reducir los riesgos que la transformación digital ya ha introducido en el sector. Para los gobiernos, el principal reto consiste en crear, modificar y vigilar el cumplimiento de los marcos de políticas en un contexto tecnológico rápidamente cambiante, y usar las

oportunidades que ofrece la tecnología para desarrollar un transporte eficiente, sostenible e inclusivo.

- *Se requieren nuevos métodos de planificación.* Los pronósticos tradicionales se han vuelto más difíciles en el contexto actual, en el que las tecnologías digitales y el cambio climático han provocado cambios radicales (véanse los capítulos 1, 7 y 13). La mejor respuesta ante esta incertidumbre pasa por estrategias que brinden buena cobertura contra diversos futuros y que son capaces de evolucionar a lo largo del tiempo a medida que aparece nueva información. La planificación de escenarios —utilizada por ejemplo por el gobierno británico y por la Agencia de Planificación del Área de la Bahía de San Francisco para orientar la política de transporte— debe convertirse en una herramienta clave de los responsables de políticas públicas.¹⁴ Las políticas efectivas son aquellas suficientemente flexibles para adaptarse a los desafíos que presentan diferentes escenarios.¹⁵
- *Los gobiernos deben apoyar los espacios de experimentación regulatoria (sandboxes) como mecanismos para desarrollar una normativa que se mantenga al día con la rápida evolución de la innovación.* Son particularmente de interés los campos de vehículos autónomos, micromovilidad, caravanas conectadas de camiones (*platooning*), drones y robots para entregas de última milla. Además, los reguladores deberían alejarse del modelo de “regular y olvidar”, adoptando un enfoque más dinámico y adaptativo que permita la experimentación y el cambio iterativo (ITF, 2019). Este es el enfoque que han elegido las autoridades de la aviación británica y de Estados Unidos a medida que integran los drones en el espacio aéreo. Siempre que se considere necesario u oportuno, ya sea debido a beneficios previstos de la tecnología o por motivos de seguridad o protección pública, los gobiernos deben colaborar con la industria para probar nuevas tecnologías y situarse en la mejor posición posible para regular. Varios estados

¹⁴ El gobierno británico contempla cuatro escenarios para el futuro de la movilidad: uno en el que el progreso continúa de manera incremental; uno en el que se permite que la tecnología domine; uno en el que los asuntos ambientales y sociales adquieren precedencia; y un cuarto escenario en el que compartir datos es menos predominante. Se sugieren políticas para cada escenario con el objetivo de producir resultados positivos para los usuarios del transporte.

¹⁵ Véase el capítulo 7 para evidencia empírica sobre la efectividad de la planificación de escenarios.

de Estados Unidos se han unido a los proyectos piloto de vehículos autónomos de las industrias automotrices. Las pruebas ayudan a los responsables de políticas públicas a evaluar el estado de los avances tecnológicos y brindan evidencia para el diseño de las políticas relacionadas con el despliegue de vehículos eléctricos.

- *Es crucial construir capacidad regulatoria.* Datos recientes sobre la adopción de vehículos autónomos sugieren que los países de América Latina y el Caribe están rezagados en la materia. Según el Índice de Preparación de AV de KPMG, que abarca 20 países, México y Brasil (los dos únicos países de América Latina incluidos en el índice) ocupan los lugares 19 y 20, respectivamente, en el componente de políticas y legislación. Los funcionarios públicos deben estar preparados para formular las preguntas adecuadas a los promotores y proveedores altamente especializados de tecnología. Los responsables de políticas públicas que participan de la puesta en marcha de nuevas regulaciones tienen que tener en cuenta cuál es la mejor manera de abordar la falta de correspondencia de habilidades entre el gobierno y la industria. Algunas de las principales agencias del mundo están atrayendo a antiguos empleados de empresas tecnológicas para comprender más adecuadamente las tendencias actuales y darles forma para que promuevan el interés público. Los gobiernos tendrán que evaluar si las disrupciones tecnológicas, que están borrando las fronteras entre transporte, planificación del uso de la tierra, energía y seguridad, requieren nuevas disposiciones institucionales para lidiar de manera más adecuada con los desafíos del futuro. Entre dichas disposiciones cabe citar la disponibilidad y gestión de datos: quién estará a cargo de los datos de transporte, qué uso hará de ellos y qué datos deberá compartir el sector privado son asuntos que los gobiernos tienen que abordar a la brevedad posible.
- *Se deben fortalecer las capacidades de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) de los organismos públicos.* Los avances tecnológicos permiten a los gobiernos adoptar decisiones más fundamentadas y basadas en datos. Para que esto ocurra, los organismos públicos deben mejorar radicalmente sus capacidades en tecnologías de la información. Las principales agencias del mundo (por ejemplo, Transport for London, Hamburg Port) lo han hecho creando los puestos de director de innovación y director de información, con presupuestos y personal especializados, para trabajar en los planes de transformación digital para el organismo y el sector que regula. Si bien es necesario abordar el desafío de

financiar estas inversiones, hacia 2030 los gobiernos deberían estar implementando de manera generalizada técnicas de gestión de infraestructura y tránsito en tiempo real para aumentar las tasas de utilización y reducir la congestión. Deberían basarse en procedimientos sin soporte de papel y en la IA para reducir los costos, acelerar las transacciones y proporcionar respuestas rápidas a las personas y las empresas; y deberían proporcionar datos de alta calidad e interoperables en tiempo real en portales consolidados que los actores interesados del sector transporte puedan utilizar en sus procesos de toma de decisiones.

- *Las nuevas tecnologías no pueden funcionar bien sin una infraestructura de telecomunicaciones y normas de interoperabilidad.* Aunque el sector privado debería tomar la iniciativa en ambos ámbitos, los gobiernos tienen un papel importante para asegurar que el entorno empresarial sea favorable a la inversión privada; que las redes cubran el territorio de forma adecuada y que los sistemas de diferentes fabricantes sean compatibles (véase el capítulo 5). Además, los gobiernos tienen un papel crucial que cumplir para minimizar los riesgos para la privacidad y la seguridad que pueden generar las nuevas tecnologías, incluyendo los ciberataques y los cibercriminosos. Si los sectores privado y público no abordan eficientemente estos desafíos, se podría socavar la confianza de los consumidores, lo que limitaría la adopción. Para enfrentarse a ellos, los gobiernos de América Latina y el Caribe deben actualizar o crear legislación sobre la protección del consumidor, la privacidad y la seguridad nacional, y asegurar el cumplimiento de las normas. Dado que muchos de estos ámbitos se sitúan fuera del sector transporte, los gobiernos tienen que mejorar la colaboración entre organismos para garantizar un contexto regulatorio consistente y predecible.
- *El transporte y la planificación del uso de la tierra deben coordinarse.* Las políticas para promover la densificación y el uso óptimo de la tierra son cruciales para impedir la extensión territorial y los aumentos asociados en VMT. Por ejemplo, los planificadores deberían exigir que el desarrollo en una determinada localización alcance una densidad mínima y contenga infraestructura específica y suficiente para asegurar un transporte sostenible, así como promover el desarrollo orientado al transporte público. También deberían instaurar mecanismos para capturar los aumentos de los valores inmobiliarios provenientes de mejoras en el transporte. Para que todo esto ocurra, las ciudades necesitan departamentos

de planificación sólidos con facultades adecuadas para asegurar su cumplimiento.

- *La coordinación entre organismos también es necesaria para mitigar los efectos en el empleo de la automatización y de la disrupción del mercado minorista, y abordar al mismo tiempo la escasez de capital humano en ciencia y tecnología, ingeniería y gestión de cadenas de suministro.* Los gobiernos tienen que definir las habilidades que necesita su fuerza laboral, analizar cómo se traducen estas demandas en una reforma de los programas de estudio, de la formación docente y del crecimiento profesional, y aprovechar las tecnologías para mejorar el acceso a la educación y la capacitación de alta calidad (por ejemplo, mediante cursos en línea y nuevos instrumentos de aprendizaje en la escuela) (Bosch, Pagés y Ripani, 2018).



Cuadro 10.4

Medidas de políticas para realizar el escenario de “superar los límites”

	Corto plazo 2020	Mediano plazo	Largo plazo 2030
Mejorar el transporte público	<ul style="list-style-type: none"> ● Espacios controlados de experimentación de ACES ● Inversión en transporte colectivo de alta calidad ● Reasignación del espacio de vehículos a modos públicos y activos ● Complementariedad de los servicios de viajes a pedido ● Aumento del financiamiento para mejorar calidad del transporte colectivo y modos secundarios 	<ul style="list-style-type: none"> ● Vías digitales para servicios de transporte 	
Tarificación adecuada	<ul style="list-style-type: none"> ● Aumento del financiamiento para mejorar calidad del transporte colectivo y modos secundarios 	<ul style="list-style-type: none"> ● Tarificación vial, congestión, acera y estacionamiento 	
Descarbonizar el transporte	<ul style="list-style-type: none"> ● Disponibilidad de estaciones de recarga de vehículos eléctricos ● Vías/zonas preferenciales para vehículos eléctricos 	<ul style="list-style-type: none"> ● No subsidios a combustibles fósiles 	<ul style="list-style-type: none"> ● Flotas de transporte público eléctrico ● Prohibición de venta de vehículos de combustión interna

(continúa en la página siguiente)

Cuadro 10.4 Medidas de políticas para realizar el escenario de “superar los límites”

(continuación)

	Corto plazo 2020	Mediano plazo	Largo plazo 2030
Abordar la logística de la última milla	<ul style="list-style-type: none"> ● Planes integrados de movilidad y logística 	<ul style="list-style-type: none"> ● Actualización de regulaciones de zonas ● Ventanillas horarias para entregas ● Gestión inteligente de zonas de carga y descarga 	
Planificar con perspectiva	<ul style="list-style-type: none"> ● Mejora de la infraestructura de telecomunicaciones ● Planificación de escenarios/ fortalecimiento de capacidad regulatoria e institucional ● Mejora de la cooperación entre agencias y público-privada ● Espacios controlados de experimentación 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gobierno digital 	

● Nivel nacional ● Ambos niveles ● Nivel de ciudad

Como sucedió con las innovaciones tecnológicas en el pasado, las tecnologías ACES podrían estar disponibles y ser ampliamente adoptadas antes de lo que pensamos. El sector transporte no es ajeno a estas innovaciones. Dos décadas después de que el presidente de la British Royal Society declarara que era imposible que máquinas más pesadas que el aire pudieran volar (1887), la primera línea aérea comercial estaba transportando pasajeros. Tres décadas después de que se asegurara a los inversionistas que el automóvil era solo una moda pasajera, Estados Unidos había superado la tasa de motorización que tienen hoy los países de América Latina y el Caribe (216 vehículos por cada 1.000 habitantes). Por lo tanto, ante la nueva revolución tecnológica que se acerca a toda velocidad en el sector transporte, los países deben utilizar el tiempo de transición disponible para experimentar y aprender, así como para moldear tecnologías para alcanzar un sistema de transporte eficiente, sostenible e inclusivo. La adopción de las medidas adecuadas de políticas para el futuro del transporte comienza hoy.



Un nuevo paradigma en la gestión del agua

América Latina y el Caribe tiene casi una tercera parte de los recursos mundiales de agua y solo cerca del 8,5% de la población mundial. Aun así, la geografía y la estructura económica de la región complican el manejo de la aparente abundancia de agua. Una gran producción agrícola y minera, numerosas zonas metropolitanas extensas (muchas de ellas lejos de los recursos hídricos) y la población más urbanizada de las regiones en desarrollo plantean muchos desafíos para los servicios de agua y saneamiento. Quizá debido a la gran disponibilidad de agua que había en el pasado, la gestión tradicional del sector, a través de sistemas centralizados, ha sido muy ineficiente. Los sistemas centralizados se enfocan en la provisión de servicios de agua y saneamiento. Sin embargo, las instituciones a través de las cuales funcionan son débiles, y se ha prestado escasa atención a la sostenibilidad económica del sector, y a mantener el recurso hídrico. Además, ha aparecido un conjunto de nuevos desafíos. La demanda aumenta y es probable que cada vez más zonas sufran escasez de agua. Las reservas naturales están volviéndose cada vez más contaminadas y no aptas para muchos usos. Debido al cambio climático, ciertas zonas se están volviendo más áridas (Uhlenbrook et al., 2018), mientras que otras zonas experimentan eventos extremos, como inundaciones y sequías, con mayor frecuencia. Se requiere un nuevo paradigma en la gestión del agua. Hay que gestionar los recursos hídricos de una manera integral con un enfoque holístico. Las necesidades humanas, agrícolas e industriales deben equilibrarse con los aspectos ambientales. Las nuevas tecnologías ofrecen una mayor flexibilidad, facilitan la descentralización y, por lo tanto, propician una oportunidad para cambiar de raíz el modelo centralizado tradicional.¹

¹ Este nuevo paradigma, aunque aprovechando datos y métodos innovadores, refleja la filosofía de los recursos hídricos de un pasado distante, y permitirá que la región aborde los problemas persistentes de los últimos años y se enfrente a los desafíos del futuro.

Montados en la ola de un mundo cambiante

El mundo que dio lugar a los sistemas tradicionales de distribución del servicio de agua y saneamiento está experimentando profundos cambios. Entre los que tendrán las mayores consecuencias se encuentran la amenaza creciente de escasez de agua y la ocurrencia más frecuente de eventos extremos, como desastres naturales y otros provocados por el hombre. La amenaza de la escasez de agua responde a muchas causas. El aumento de la población y de la actividad económica está ejerciendo cada vez más presión sobre los limitados recursos hídricos, sobre todo en los centros urbanos. El cambio climático está alterando el ciclo hidrológico, provocando que algunas zonas del planeta pierdan recursos hídricos y otras los ganen. Las inundaciones y la sedimentación resultante pueden inutilizar el agua para muchos usos. En algunas zonas se han experimentado episodios tanto de exceso como de falta de agua a lo largo de un mismo año debido a una mayor variabilidad estacional. El viejo modelo de provisión de servicios está mal preparado para lidiar con estas nuevas condiciones.

Un sistema antiguo, un mundo nuevo

El desarrollo del actual sistema de los servicios de agua y saneamiento pasó por diversas etapas (Daigger, 2019). La primera consistió en sistemas locales de distribución de agua. Debido al aumento de las enfermedades transmitidas por el agua a través de fuentes locales contaminadas por aguas residuales, estos sistemas se expandieron para incorporar agua más limpia de fuentes más distantes. Sin embargo, esto no hizo más que aumentar el volumen de agua local contaminada. Esto llevó a una tercera etapa en la que se creó un sistema para transportar las aguas residuales lejos de los centros urbanos, provocando problemas ambientales y más contaminación. La respuesta fue el tratamiento del agua; el agua pasó a ser tratada antes de su distribución, para hacerla potable para el consumo, y como parte de los sistemas de alcantarillado, para evitar una mayor contaminación de las masas de agua. Los sistemas centralizados a gran escala que se desarrollaron a lo largo de estas etapas requirieron inversiones cuantiosas; fueron diseñados con horizontes de largo plazo; y son intensivos en energía, dado que tanto el agua potable como el agua residual deben transportarse largas distancias. En la mayoría de las zonas urbanas con tratamiento de aguas residuales, transportar el agua representa aproximadamente entre el 70% y el 80% de los costos totales (Otterpohl, Braun y Oldenburg, 2003).

En la mayoría de los países hay sistemas centralizados grandes con un enfoque lineal del uso del agua. Fueron diseñados para extraer agua

de fuentes naturales, distribuirla para su consumo, recoger las aguas residuales para eliminar los contaminantes y luego desecharla. Aunque estos sistemas se denominan “centralizados”, debido a su escala y alcance, los diferentes componentes de la cadena de servicios suelen gestionarse de forma independiente (Mejía-Betancourt, 2015). Si bien suelen estar centralizados, a menudo están divididos, en el sentido de que suelen tener cadenas de suministro separadas para extraer y tratar el agua para su distribución, drenaje, manejo de aguas pluviales y alcantarillado.

Aunque estos sistemas centralizados se benefician de la escala, están mal preparados para lidiar con ciudades en rápida expansión, con patrones cambiantes de disponibilidad del agua natural y con eventos climáticos extremos. Ampliar estos sistemas en zonas urbanas y periurbanas resulta costoso y engorroso. Muchos de estos sistemas son viejos, caros de mantener y tienen pendiente una rehabilitación a gran escala (Johnson Foundation at Wingspread, 2014). El carácter centralizado de sus componentes los vuelve vulnerables a desastres naturales. Una vez afectados, es muy costoso recuperarlos tanto en términos de tiempo como de dinero (Sherpa et al., 2014; Vázquez-Rowe, Kahhat y Lorenzo-Toja, 2017).

El enfoque lineal del uso del agua tiende a crear dependencia de nuevas extracciones desde fuentes de agua naturales, normalmente agua superficial o subterránea. Esto es riesgoso en condiciones de cambio climático y frente a eventos climáticos extremos, cuando estas fuentes pueden secarse o volverse inutilizables debido a la sedimentación producida por inundaciones. También dificulta la sostenibilidad del recurso, dado que se deben extraer mayores cantidades de agua para satisfacer la demanda creciente. Cuando las fuentes locales son insuficientes, el agua debe traerse de lugares más lejanos, lo que requiere una infraestructura cara y genera costos operativos más altos, sobre todo el uso de energía para transportar el agua (McDonald et al., 2016). Las transferencias masivas de agua también perturban el ciclo hidrológico y ponen en peligro la disponibilidad futura.

El componente del sistema de alcantarillado de los sistemas tradicionales presenta dificultades similares. Al centralizar el tratamiento de aguas residuales de múltiples fuentes, el proceso se vuelve complejo y costoso. Las fuentes de aguas residuales contienen diferentes compuestos (aceites, nutrientes) y tipos de contaminantes (patógenos, productos farmacéuticos) cuya eliminación requiere distintos métodos y tecnologías. En muchos casos, es más eficiente tratarlos por separado. Las aguas grises que provienen de cocinas, lavadoras de ropa y duchas, por ejemplo, representan el grueso del agua usada (cerca de dos terceras partes) y están relativamente poco contaminadas. Podrían reutilizarse directamente para lavar calles o regar jardines en lugar de enviarlas a plantas de tratamiento. Incluso

las aguas residuales de los inodoros no son todas iguales. La orina es muy rica en nutrientes que se pueden extraer para su reventa, mientras que el agua que entra en contacto con materia fecal contiene bacterias dañinas y patógenos que se eliminan de forma más segura mediante el tratamiento convencional. Los sistemas tradicionales no solo mezclan todas las aguas residuales de diferentes fuentes en un solo flujo, sino que a menudo también acaban incorporando el agua de lluvia en la mezcla. El problema habitual de desborde de los desagües, debido a que se comparten las tuberías de los sistemas de drenaje y alcantarillado, provoca que parte de las aguas residuales no tratadas se filtre a los ríos y que el agua residual llegue diluida a las plantas de tratamiento. Como las plantas están adaptadas a la composición específica del agua residual, su dilución puede comprometer su eficiencia (tasa de eliminación de los contaminantes) y puede agravar la contaminación.

El tercer problema de los sistemas lineales es su falta de “circularidad”. El enfoque centralizado tradicional no aprovecha el potencial de recuperación y reutilización del recurso. Desecha el agua tratada y todo lo que se eliminó de ella durante el proceso de tratamiento, contribuyendo así al agotamiento de los recursos naturales. En lugar de reutilizar parte de los nutrientes eliminados como fertilizantes, por ejemplo, estos se desechan, mientras que se usan nuevos recursos para producir más fertilizantes. También se descartan grandes cantidades de agua fresca que se podrían reincorporar al sistema, lo que obliga a extraer más agua de la naturaleza para satisfacer la demanda. La falta de integración entre los diferentes componentes de la cadena de servicios impide que el sistema aproveche sinergias que pueden resultar útiles para enfrentarse a la escasez de agua, como la integración de sistemas de aguas residuales como fuente alternativa de suministro.

Por último, estos sistemas fueron diseñados para funcionar independientemente de otros sectores que también dependen del agua como un insumo crucial. Los servicios de agua y saneamiento son solo uno de los muchos usos que compiten por el agua. La agricultura,² la minería, la producción de energía y los ecosistemas requieren agua en cantidad y calidad suficiente para funcionar. Las cantidades utilizadas por cualquier sector y la calidad resultante de los recursos hídricos influyen en la capacidad de otros sectores para llevar a cabo sus propias actividades. Decisiones independientes de cada sector pueden provocar fácilmente el agotamiento del recurso cuando la suma de las extracciones supera la disponibilidad, y causar el deterioro de la calidad del agua cuando los usuarios aguas arriba no tienen en cuenta los

² Como se muestra más adelante en este capítulo, el sector agrícola es responsable de cerca del 70% de las extracciones totales de agua.

requisitos de calidad de los usos aguas abajo. Todos los usuarios deben responsabilizarse por la salud y la disponibilidad del recurso y tomar decisiones coordinadas sobre las extracciones y la descarga de contaminantes.

Un enfoque integrado de los servicios de agua y saneamiento

A diferencia del sistema tradicional centralizado, el nuevo enfoque de servicios de agua y saneamiento debería unir todo el ciclo del agua bajo un sistema. Esto requiere integrar todos los componentes del sector de los servicios y el manejo de los recursos hídricos en diferentes sectores (agua y saneamiento, agricultura, minería, energía) y con los ecosistemas (gráfico 11.1). Para alcanzar este nivel de integración, los “sistemas distribuidos” tienen que combinarse con, o en algunos casos sustituir a, los sistemas tradicionales centralizados. Los sistemas distribuidos son instalaciones de escala más pequeña situadas cerca del lugar de uso o en el sitio mismo, y cubren uno o más componentes de la cadena de servicios. Pueden ser sistemas descentralizados para recoger y suministrar agua, como los sistemas de recolección del agua de lluvia. Pueden ser sistemas locales de reutilización, como un sistema de tuberías dentro de un edificio que redirige las aguas grises a usos no potables como las cisternas de inodoros y la irrigación de jardines. También pueden ser sistemas de tratamiento reducidos, como los humedales artificiales, que utilizan la gravedad, las plantas y la tierra para filtrar las aguas residuales.

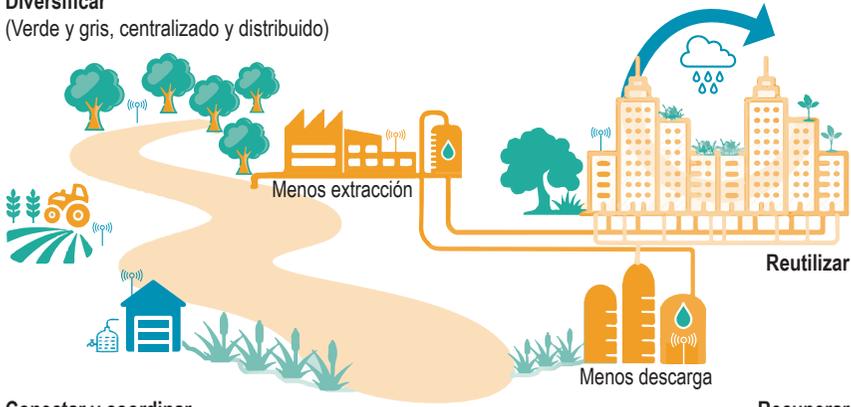
Las tecnologías digitales son facilitadores clave de la integración de sistemas centralizados y distribuidos, y de los múltiples usuarios de los recursos hídricos. Pueden modernizar el funcionamiento de los sistemas tradicionales centralizados mediante una red de sensores y medidores sumados a instrumentos analíticos para el procesamiento de datos. Estos “ecosistemas” digitales se denominan Tecnologías Inteligentes de Infraestructura de Agua (SWIT, por sus siglas en inglés, *Smart Water Infrastructure Technologies*). En segundo lugar, pueden conectar los sistemas centralizados y distribuidos mediante plataformas compartidas que contienen información sobre el servicio. En tercer lugar, pueden integrar este nuevo sistema holístico de servicios en el manejo más amplio de los recursos hídricos, mediante plataformas digitales que contienen datos y análisis hidrológicos, del clima y del uso del agua.

Las tecnologías inteligentes del agua están comenzando a revolucionar el suministro del servicio. Mientras que las empresas proveedoras tradicionales dependían del trabajo manual para llevar a cabo simples actividades de monitoreo del sistema, como comprobar los niveles de los reservorios, cerrar válvulas para controlar la presión del agua y leer los contadores para calcular el consumo o enviar las facturas a los clientes, las

Gráfico 11.1 Servicios de agua y saneamiento del futuro

Diversificar

(Verde y gris, centralizado y distribuido)



Conectar y coordinar

(Tecnologías digitales)

Recuperar

(Energía, nutrientes, agua potable)

Fuente: Elaboración del autor.

empresas proveedoras de servicios que adoptan las SWIT están completamente automatizadas. Se basan en medidores y en la robótica, funcionan en una plataforma integrada con recopilación de datos en tiempo real, computación en la nube y analítica de datos para monitorear y operar el sistema de manera remota. El enfoque de “agua inteligente” está pasando de la gestión reactiva, a la eficiencia operativa proactiva. Los sensores y los contadores pueden integrar información de manera continua para monitorear los flujos de agua, la presión, e incluso cambios en los niveles de calidad. Estos datos pueden servir de base para intervenciones puntuales para impedir fugas y priorizar la reparación de tuberías antes de que estas colapsen, reduciendo las pérdidas de agua y los costos de mantenimiento.

El cliente inteligente de los servicios de agua puede encontrar en los servicios de agua y saneamiento la misma interfaz de usuario que caracteriza a la electricidad y otros servicios digitalizados (véanse los capítulos 5 y 9). Los contadores inteligentes permiten a los clientes realizar un seguimiento de la calidad del agua que reciben, monitorear su consumo, conocer sus patrones de uso del agua, definir maneras de ser más eficientes y comprender mejor sus facturas. Las evaluaciones de los efectos de la retroalimentación del consumo de los contadores inteligentes en el uso del agua todavía son incipientes. Si bien la herramienta es prometedora (Yoeli et al., 2017), se ha observado que tiene efectos modestos y de corta duración (Sønderlund et al., 2016), a menos que proporcione información en tiempo real que genere una respuesta inmediata en la conducta

(Tiefenbeck et al., 2018). Con la digitalización, esta última opción es cada vez más probable. A su vez, las plataformas de servicios al cliente brindan opciones de pago convenientes y abren canales para expresar problemas y preocupaciones. Permiten que las empresas proveedoras se comuniquen con los usuarios sobre sus patrones de consumo y las condiciones generales de las fuentes de suministro y para promover el uso y la reutilización racional mediante incentivos y concientización.

El avance tecnológico fortalecerá la adopción de los sistemas distribuidos. Las viviendas y los edificios del futuro se construirán con tecnologías que permitan separar las aguas grises para reutilizarlas en inodoros, en la irrigación de jardines y otros usos que no requieren agua potable. La reutilización doméstica e industrial puede reducir drásticamente la demanda de agua de los sistemas tradicionales (Otterpohl, Braun y Oldenburg, 2003) y, por lo tanto, los costos de transporte y tratamiento. Así se podrá asegurar el suministro durante sequías y reducir las descargas contaminantes. Los usuarios desempeñarán un papel clave en el servicio de agua y saneamiento del futuro (Otterpohl, Braun y Oldenburg, 2003). Al estar más empoderados por las herramientas tecnológicas, podrán ser cuidadosos en sus decisiones de consumo. Conscientes del valor de proteger el medio ambiente, favorecerán los jabones y detergentes sostenibles para reutilizar las aguas grises de manera más segura y fácil y comprarán productos con una huella hídrica baja (véase el recuadro 11.1) en cantidades que reduzcan el desperdicio.

Recuadro 11.1

La huella hídrica

Habitualmente se piensa en el consumo de agua doméstico en términos de cantidades de agua suministradas por la empresa para satisfacer las necesidades de los hogares. Esta visión no toma en cuenta los mucho mayores niveles de consumo indirecto a través de los alimentos y productos manufacturados que compran los hogares. En 2011, Mekonnen y Hoekstra (2011) calcularon cuánta agua se utiliza para producir un gran número de alimentos en todo el mundo. Estas estimaciones, conocidas como “huella hídrica”, son la suma de los diferentes tipos de agua necesarios para producir esos bienes. Estos tipos de agua son: “agua verde” (agua de lluvia); “agua azul” (agua superficial y subterránea); y la denominada “agua gris”, que es la cantidad de agua fresca requerida para diluir los contaminantes generados en el proceso de producción, de modo que la masa de agua en que se descargan no sufra una disminución de su calidad. En otras palabras, cuantos más productos químicos y otros contaminantes se utilicen en la producción, más agua se requerirá para diluir estas sustancias para proteger los ríos y acuíferos cercanos e impedir que disminuya la calidad del agua.

Sobre la base de estas estimaciones, un desayuno simple servido en la región, consistente en una taza de café y dos rebanadas de pan de trigo, puede requerir entre 389 y 920 litros de agua. Estas cifras son altas en comparación con las estimaciones de agua requeridas para satisfacer la mayoría de las necesidades de consumo humano básico, que pueden variar entre 50 y 100 litros por persona al día (Ki-moon y Asamblea General de las Naciones Unidas, 2015). Estos cálculos aproximados ponen de relieve la importancia de la concientización de los consumidores y de sus decisiones para ayudar a abordar la escasez de agua.^a

Gráfico 11.1.1 Huella hídrica de alimentos seleccionados

A. Pan de trigo



B. Café



Fuente: Elaboración del autor en base a Mekonnen y Hoekstra (2011).

Nota: Los datos corresponden a la huella hídrica promedio entre 1996 y 2005. La huella hídrica de los países varía debido a diversos factores, entre otros, el clima de la zona, la superficie de siembra, las prácticas de irrigación y fertilización y el rendimiento de los cultivos.

^a Suponiendo 21,2 gramos de café molido por tasa de 12 onzas y 20 onzas de pan de trigo en hogaza de pan de 20 rebanadas. Estas estimaciones se basan fundamentalmente en modelos calibrados basados en datos para el mundo desarrollado y adaptados a las condiciones de América Latina y el Caribe utilizando los limitados datos disponibles (De Oliveira et al., 2009).

La práctica de la reutilización en hogares, edificios y en la industria también reduce las cantidades de aguas residuales que requieren tratamiento. Pero aun donde el uso de plantas de tratamiento de aguas residuales es necesario, las instalaciones que procesan los residuos para proteger el ambiente están convirtiéndose en plantas de recuperación de recursos hídricos (Energetics, 2015). Estas plantas convierten los nutrientes y la materia orgánica de las aguas residuales en valiosos recursos, como combustibles y fertilizantes, y recuperan el agua purificada. Por ejemplo, Singapur obtiene actualmente una tercera parte de su agua potable a partir de aguas residuales tratadas (Leong y Li, 2017).

La infraestructura verde (IV) (capítulo 8) y otros tipos de sistemas distribuidos serán más comunes en el futuro. En lugar de depender únicamente del agua proporcionada por las empresas proveedoras de servicios, los edificios comerciales y residenciales, por ejemplo, estarán equipados para recolectar y tratar el agua de lluvia. Además de lograr ahorros en los costos de transporte, la recolección de agua de lluvia excedente podrá contribuir a alimentar los acuíferos mediante una infiltración controlada, mitigando así las inundaciones y la contaminación provocada por escorrentías fuera de control. Las terrazas verdes y los humedales artificiales —sistemas de ingeniería que utilizan componentes naturales (tierra, plantas, organismos) para filtrar el agua— contribuirán a embellecer las zonas urbanas reduciendo al mismo tiempo los efectos de islas de calor provocadas por las grandes cantidades de hormigón. En su conjunto, estas tecnologías y prácticas aumentan la capacidad de satisfacer una demanda creciente, sin grandes perturbaciones y con mayor resiliencia ante eventos extremos (Daigger, 2012; Howard y Bertram, 2010; Smith, 2009).

Los usuarios que se encuentran fuera del alcance de sistemas tradicionales, como quienes viven en zonas rurales remotas, ya no estarán aislados en el futuro. A menudo, estas zonas pertenecen a la jurisdicción del proveedor urbano, pero acaban desatendidas debido a la distancia y a la baja densidad demográfica. Bajo el nuevo enfoque, las necesidades de comunidades alejadas podrán ser satisfechas mediante sistemas distribuidos similares a los usados en los centros urbanos, que podrán ser monitoreados estrechamente mediante tecnologías digitales, como los sensores que recopilan información sobre la disponibilidad y el consumo de agua, y sobre la operación de la red. Esto les permitirá estar conectados a la plataforma urbana logrando un suministro del servicio integrado en todo el territorio.

Este monitoreo de la red también podrá integrarse con datos externos sobre las fuentes hídricas aguas arriba, los patrones pluviales y las fluctuaciones de temperatura, para mitigar los impactos de fenómenos climáticos extremos en la calidad y disponibilidad del agua y en las redes de

alcantarillado y drenaje. La redundancia creada por la combinación de sistemas tradicionales y distribuidos significa que habrá servicios de respaldo disponibles en caso de que alguno de los componentes se vea alterado.

Bajo el nuevo enfoque, los servicios de agua y saneamiento del futuro estarán plenamente integrados con el uso del agua en la agricultura, la producción de energía, la minería y los ecosistemas para garantizar la calidad y disponibilidad en las fuentes. El uso del recurso será planificado y monitoreado mediante sensores remotos y medidores en el terreno para contar con datos sobre el clima, la calidad del agua y la extracción. En particular, los sensores remotos abarcarán un gran espectro de tiempo y extensión geográfica, además de ser públicos, transparentes y políticamente neutros. Por lo tanto, actividades como la deforestación, el agotamiento de las aguas subterráneas (NASA, 2020) y ciertos tipos de contaminación del agua superficial (Schaeffer et al., 2013) ya no podrán ocultarse. Esta información cada vez más precisa (Karimi y Bastiaanssen, 2015) luego será analizada científicamente con modelos hidrológicos, climáticos y económicos para producir proyecciones del suministro y de la demanda de agua. Para una persona común, esta complejidad técnica podrá simplificarse mediante simulaciones realistas y plataformas que permitan a los responsables de la toma de decisiones explorar los efectos de diversas políticas, como la toma de decisiones bajo métodos de incertidumbre profunda (capítulo 6).

Una región con un mar de oportunidades

El nuevo enfoque integrado ofrece muchas oportunidades para que los países de América Latina y el Caribe aborden problemas que persisten desde hace tiempo preparándose al mismo tiempo para el futuro. Al nivel de la provisión de servicios, integrar los componentes de la cadena de servicios, incorporar sistemas distribuidos y adoptar tecnologías digitales puede contribuir a cerrar las brechas de acceso, mejorar la calidad del servicio y aumentar las tasas de tratamiento de aguas residuales. También puede hacer que el suministro de servicios sea más resiliente a eventos extremos y esté mejor preparado para manejar la creciente demanda de agua. Sin embargo, el suministro del servicio seguiría dependiendo de, y tendría un efecto en, las cantidades y la calidad de los recursos hídricos disponibles. La integración de los servicios de agua y saneamiento con otros usos del agua, en particular con los ecosistemas, es vital. La adopción de un enfoque integrado de gestión de los recursos hídricos, adecuadamente alimentado con datos y análisis, puede ayudar a los países de la región a mejorar la planificación y asignación de recursos, aumentar la eficiencia del uso del agua, y reducir la contaminación hídrica.

Recuadro 11.2

Escenarios para el futuro

El futuro del sector de agua y saneamiento se puede proyectar en un mapa de cuatro escenarios, dependiendo por un lado de la organización del suministro del servicio y de la gestión de los recursos hídricos, y por el otro de condiciones climáticas y socioeconómicas. El primer factor depende de la decisión o voluntad política y se centra en la organización del sector. El segundo es una función de tendencias más amplias de población, crecimiento económico, cambios de estilo de vida, tecnologías y consecuencias para las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Es en gran parte exógeno al sector del agua, aunque es una función de las políticas para mitigar el cambio climático.

Si no se hace mucho en relación con el cambio climático y las tendencias de población y de estilo de vida siguen su curso (columna pesimista) y el sector del agua continúa con una baja integración, la escasez de agua aumentará y se profundizará. El sector seguirá siendo ineficiente y cada vez más vulnerable ante eventos extremos, sobre todo si la infraestructura se deteriora.

Si la mitigación del cambio climático es más agresiva (columna optimista) y las tendencias en el estilo de vida se moderan pero la integración dentro del sector sigue siendo baja, con algo de suerte la escasez de agua, y la vulnerabilidad a eventos extremos, podrían no aumentar demasiado. Aunque este escenario les permite a los países ganar tiempo, de todos modos eventualmente será necesario hacer cambios porque las trayectorias no son sostenibles. El sector seguiría siendo profundamente ineficiente y la sostenibilidad seguiría amenazada.

Un cambio en el paradigma hacia una mayor integración de los componentes de la cadena de servicios y la gestión de los recursos hídricos puede mejorar la eficiencia. Incluso bajo condiciones climáticas y socioeconómicas más pesimistas, este nuevo paradigma de la organización del sector podría contribuir a mitigar los impactos del cambio climático y de las tendencias socioeconómicas, y a aumentar la resiliencia frente a eventos climáticos extremos.

En condiciones climáticas y socioeconómicas optimistas y con el nuevo paradigma de la integración, con políticas consistentes en todos los aspectos del sector del agua, la eficiencia del sector mejoraría, se reduciría la vulnerabilidad ante eventos extremos y aumentaría la sostenibilidad.

Cuadro 11.2.1 Los escenarios

		Condiciones climáticas y socioeconómicas	
		Pesimista	Optimista
Nivel de integración de los servicios y gestión de los recursos hídricos	Bajo	Escasa, vulnerable e ineficiente	Ineficiente y tentando nuestra suerte
	Alto	Mitigación y resiliencia	Sostenible y eficiente en recursos

Limpiar el servicio de agua y saneamiento

Los déficits en el acceso al servicio, la calidad y las tasas de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas y en otras zonas más remotas han sido tradicionalmente abordados por separado. Estos dos mundos difieren mucho, sobre todo bajo la perspectiva tradicional, dado que las zonas remotas no se acoplan adecuadamente a los sistemas centralizados. Bajo el nuevo enfoque integrado, las zonas urbanas versus las rurales diferirán sobre todo en la medida en que utilizan los sistemas distribuidos versus los centralizados. Las tecnologías digitales hacen cada vez más fácil monitorear estrechamente los sistemas distribuidos y conectarlos con la plataforma urbana para una provisión de servicios integrada en todo el territorio. Los ejemplos abarcan desde sensores que miden y transmiten información sobre la calidad del agua de lluvia recolectada en depósitos o los efluentes de los humedales artificiales, hasta ingeniosos dispositivos que recopilan información sobre las tasas de uso y las prácticas de higiene. Un ejemplo es la utilización de sensores para realizar un seguimiento de las prácticas de higiene en hogares rurales remotos. Numerosos proyectos de agua y saneamiento rurales fracasan debido al uso inadecuado y a la deficiente gestión y mantenimiento de la infraestructura. Los nuevos dispositivos que registran el uso de jabón junto con las descargas permiten a los analistas monitorear tanto el funcionamiento del sistema como la práctica asociada de lavarse las manos, lo cual es esencial para que los hogares reciban los beneficios para la salud que se derivan de la provisión de servicios (Thomas et al., 2018).

Abordar los desafíos: cómo puede ayudar el nuevo enfoque en zonas rurales

En zonas rurales el acceso y la calidad del servicio tienden a ser bajos (capítulo 4). Estas zonas son sensibles ante las amenazas de la escasez de agua y de eventos climáticos extremos, y sufren el problema de fuentes de agua de mala calidad debido a la falta de manejo adecuado de las aguas residuales (Kresch, Lipscomb y Schechter, 2019; Thebo et al., 2017). Ofrecer servicios de alta calidad en zonas remotas o de difícil acceso es un desafío. Los sistemas centralizados tradicionales no son adecuados, y estas zonas tienden a caracterizarse por bajos ingresos, bajo nivel educativo y alta vulnerabilidad. La construcción de infraestructura rara vez resulta suficiente para asegurar que la población obtenga los beneficios del suministro del servicio. Esto puede ser consecuencia de la falta de aceptación por motivos sociales (Kresch, Lipscomb y Schechter, 2019) o culturales (Verbyla, Oakley

y Mihelcic, 2013) o de dificultades para operar y mantener el sistema (Álvarez Prado, 2015; Altafin, 2020; Kresch, Lipscomb y Schechter, 2019).

El nuevo enfoque integrado de provisión de servicios puede contribuir a asegurar el acceso a servicios de calidad, incluido un tratamiento adecuado de aguas residuales, mediante una variedad de sistemas distribuidos. Un ejemplo es la recolección del agua de lluvia para las reservas de agua. Desde 2003, el gobierno federal de Brasil ha financiado la construcción de depósitos de agua para la recolección y el almacenamiento de agua pluvial, centrándose en hogares rurales de bajos ingresos que viven en zonas de escasez de agua (Ministério da Cidadania, 2020). Se ha demostrado que este tipo de intervención disminuye la vulnerabilidad de los hogares pobres, además de reducir las prácticas clientelistas (Bobonis et al., 2017). La tecnología de filtros de estos sistemas todavía necesita mejoras para lograr mayor calidad del agua potable. Las prácticas de almacenamiento de los hogares también deben ser monitoreadas para evitar la contaminación (Meera, 2006). Este sistema ha sido evaluado para ser utilizado en otros países en la región, como El Salvador (recuadro 11.3).

Recuadro 11.3

¿Dinero del cielo? Un sistema de captación de agua de lluvia en El Salvador

Los sistemas de captación de agua de lluvia (RHS, por sus siglas en inglés) recolectan y almacenan agua pluvial para consumo doméstico. Se trata de un tipo de sistema distribuido que puede ser de mejor calidad que muchas fuentes de agua subterránea y superficial. Los costos de capital de los RHS son bajos en comparación con las alternativas, como la ampliación de la red de agua desde zonas urbanas, o el desarrollo de sistemas locales a partir de pozos o perforaciones. Los costos operativos para los hogares son bajos en relación con el costo de buscar agua en fuentes distantes o de comprar agua de proveedores comerciales. Por lo tanto, los RHS tienen el potencial para mejorar la equidad en el acceso y la calidad de los servicios de agua (Rovira, Sánchez y Rovira, 2020).

Algunos de sus defectos potenciales son la contaminación proveniente de partículas en la atmósfera y de material acumulado en los tejados y las alcantarillas (incluyendo excrementos de pájaros y material orgánico); la vulnerabilidad ante sequías; y los costos de mantenimiento y reparación. Rovira, Sánchez y Rovira (2020) evaluaron el potencial de este sistema para convertirse en una fuente de agua alternativa en comunidades sin servicios fiables de agua en El Salvador. Los resultados de un modelo aplicado a tres localidades distintas sugieren que los RHS pueden satisfacer todas las necesidades de agua de un hogar durante la estación lluviosa, pero que es un recurso limitado durante la estación seca. Sin

embargo, se trata de una fuente de agua eficiente en costos, incluso cuando se combina con agua comprada para cubrir la demanda durante la estación seca.

Cuadro 11.3.1 **Costo por metro cúbico según la alternativa (US\$)**

	San Salvador	Comalapa	San Miguel
Captación de agua de lluvia	2,20	2,15	2,10
Agua comprada	5,00	10,00	7,50
Ampliación de la red de agua	10,48	10,48	10,48
Agua obtenida de una fuente cercana (menos de 500 metros)	15,62	15,62	15,62
Agua obtenida de una fuente alejada más de 500 metros del hogar (4 horas por 200 litros)		31,25	31,25
RHS (sistemas de captación de agua de lluvia) más agua comprada (por m ³)	3,60	5,97	4,67

Fuente: Elaboración del autor en base a Rovira, Sánchez y Rovira (2020).

Para aumentar las tasas de tratamiento de las aguas residuales, los humedales artificiales están emergiendo como soluciones sostenibles, de alta calidad y bajo mantenimiento que pueden ser sumamente costo-efectivas (Altafin, 2020; Kivaisi 2001; Rovira, Sánchez y Rovira, 2020). Tienen resultados particularmente buenos en climas tropicales, donde se encuentra la mayoría de los humedales naturales. Son fáciles de mantener y se vuelven financieramente sostenibles si se utilizan para crear productos con valor económico para las comunidades. Dos ejemplos son Ponte Dos Leites en Brasil y el Lago de Pátzcuaró en México. En el primer caso, el humedal produce plantas flotantes, que son usadas por una comunidad cercana para producir artesanías y un fertilizante sostenible mediante el compostaje del exceso producido (Franco y Moura, 2017). En el caso de México, el humedal incluye nenúfares y plantas que se pueden utilizar para tejer cestos, lo cual produce una fuente extra de ingresos (García García, Ruelas Monjardín y Marín Muñiz, 2015).

Abordar los desafíos: cómo puede ayudar el nuevo enfoque en zonas urbanas

En zonas urbanas, la universalización de los servicios de calidad, incluyendo el tratamiento de aguas residuales, también tiene sus dificultades. Actualmente, la mayoría de los hogares y de las industrias urbanas es abastecida por sistemas centralizados tradicionales. Por lo tanto, la cobertura y la calidad del servicio dependen del desempeño de estos sistemas. Sin embargo, a menudo su desempeño no alcanza su potencial, principalmente

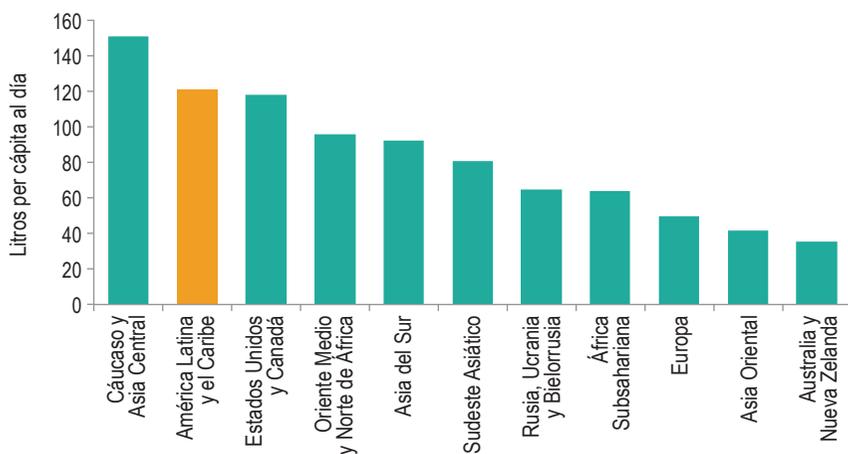
debido a malas prácticas de gestión (Cox y Börkey, 2015). Pero incluso los sistemas centralizados con mejores resultados están mal equipados para solucionar por sí solos los crecientes problemas de la ampliación urbana desordenada, que aumenta la demanda de agua, y los eventos extremos. Además de racionalizar el manejo de los sistemas tradicionales existentes, la provisión de servicios en las ciudades de América Latina y el Caribe podría beneficiarse de sistemas distribuidos y de la integración de todos los componentes de la cadena del servicio —suministro, drenaje y saneamiento— para reutilizar el agua y recuperar los recursos.

Una gran parte de las empresas proveedoras de agua y saneamiento de la región se encuentra en un círculo vicioso. Una infraestructura que envejece, a menudo junto con prácticas deficientes de operación y mantenimiento, significa altas tasas de agua sin facturar, es decir: la cantidad de agua producida que se pierde debido a fugas en la distribución, o que se consume pero no se factura. Esto genera un mal servicio, con frecuentes interrupciones, agua de menor calidad e ingresos decrecientes para el proveedor. Como consecuencia, la satisfacción de los clientes disminuye, lo que significa un aumento del riesgo de falta de pago. Al no poder recuperar los costos o ganar lo suficiente para invertir en la rehabilitación y ampliación de la red, los problemas empeoran, amenazando así la sostenibilidad financiera de la provisión de servicios (Cox y Börkey, 2015), la cobertura, la calidad y la confianza del consumidor. El agua se desperdicia, mientras su valor se reduce, dañando aún más la sostenibilidad del recurso.

Los datos sobre el desempeño de las empresas proveedoras de la región son escasos, y a menudo solo están disponibles para pequeñas muestras de empresas dispuestas a proporcionar la información voluntariamente. Pero incluso en esas muestras, la magnitud del problema puede ser asombrosa (gráfico 11.2). Según Liemberger y Wyatt (2019), América Latina y el Caribe pierde un promedio de 120 litros de agua per cápita al día, lo que corresponde aproximadamente al consumo promedio (entre 100 litros y 250 litros per cápita al día). La Asociación Internacional del Agua sugiere establecer el nivel aceptable de agua sin facturar en el punto en que los costos de recobrar el agua perdida sean iguales al valor de las cantidades recuperadas. Por lo tanto, el umbral varía por ciudad dado que depende de la disponibilidad del recurso, de los costos de producción y de los avances tecnológicos. En los países de mejor desempeño, como Singapur, las pérdidas pueden alcanzar niveles cercanos al 5% del agua producida, o a 16 litros al día por persona. En Brasil, la variación entre las ciudades es enorme, y oscila entre el 10% y el 75% del agua producida. El promedio para el país es casi del 38%, cifra que corresponde a pérdidas anuales equivalentes a 14 años (2004-17) del total de inversión en el sector (TrataBrasil, 2019).

Las tecnologías inteligentes del agua pueden contribuir a sacar a las empresas proveedoras de este círculo vicioso (Wyatt, 2018). Pueden contribuir a aumentar la conciencia de los clientes acerca de la importancia de la conservación del agua (Sønderlund et al., 2016) y a mejorar la eficiencia y transparencia de la provisión de servicios. En uno de los barrios ricos de Brasilia, la instalación de contadores inteligentes y la utilización del aprendizaje automático (*machine learning*) para identificar las fugas ha ayudado a reducir el agua sin facturar del 60% al 15% (Edreira, 2020). En las Bahamas, tecnologías inteligentes similares han reducido el agua sin facturar en un 58% en tres años, aumentando la razón de costo-recuperación de 0,65 a 0,82, y han disminuido en un 63% las transferencias públicas a la empresa proveedora (Wyatt, 2018).³

Gráfico 11.2
Agua no facturada, 2016



Fuente: Liemberger y Wyatt (2019).

Nota: Datos estimados para 2016.

AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE ES LA SEGUNDA REGIÓN DEL MUNDO CON MAYOR DESPILFARRO DE AGUA.

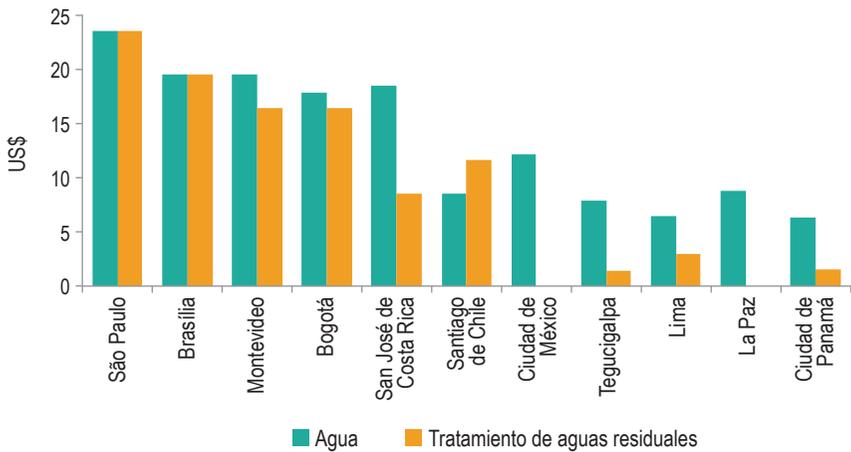
Tratamiento de aguas residuales: nada de desperdicio

La región también sufre de bajas tasas de tratamiento de aguas residuales, estimadas en entre un 30% y un 40% de las aguas residuales recolectadas

³ La referencia para la recuperación de costos en el sector es de aproximadamente 1,3 (Ducci y García, 2013).

(Rodríguez et al., 2020).⁴ Estas bajas tasas, junto con una dependencia primaria de plantas tradicionales de tratamiento de aguas residuales, implican que muchas localidades de América Latina y el Caribe se enfrentan a un alto riesgo de contaminación. El tratamiento de las aguas residuales es un proceso costoso que rara vez se factura de forma adecuada. Los servicios de tratamiento suelen suministrarse sin un precio explícito para los usuarios o se basan en una tarifa plana. Independientemente del sistema de tarifas utilizado, la factura suele ser más barata para el tratamiento que para la provisión de agua (gráfico 11.3), aunque el tratamiento es considerablemente

Gráfico 11.3
Costo estimado del agua y del tratamiento de aguas residuales, 2019



Fuente: Datshkovsky y Machado (2020).

Nota: Los costos estimados se basan en 18 m³ de agua suministrados y 18 m³ de aguas residuales tratadas. Las cantidades se calculan a partir de la tarifa más reciente de la empresa proveedora local y luego se ajustan según la inflación a los precios de 2019.

A MENUDO, LA TARIFA POR EL SERVICIO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ES MENOR QUE LA DE PROVISIÓN DE AGUA AUN CUANDO ES UN SERVICIO MÁS COSTOSO DE PROVEER.

más costoso. Las percepciones de los clientes son clave en este sentido; en particular, la voluntad de pago por el tratamiento de aguas residuales.

La operación y el mantenimiento de sistemas de alcantarillado convencionales a menudo adolecen de múltiples problemas (Pacheco-Vega, 2015).

⁴ En los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el 77% de las personas están conectadas a una planta de tratamiento de aguas residuales (Rodríguez et al., 2020).

Se pone escaso énfasis en la capacitación de los operadores para asegurar una gestión adecuada a largo plazo, no se asignan suficientes recursos para el mantenimiento de las instalaciones, y rara vez se cumple con la recuperación de costos (Metcalf, Guppy y Qadir, 2018). Según un estudio de UNEP (UNEP, 2016), la eficiencia estimada de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la región, en términos de tasas de contaminantes eliminados, asciende a un 47%. En otras palabras, más de la mitad de los contaminantes de las aguas residuales acaban siendo descargados en cuerpos de agua. Estos datos ubican a la región por debajo de la eficiencia estimada de las plantas de tratamiento de África.

El nuevo enfoque integrado puede contribuir a romper este círculo negativo aprovechando la reutilización y la recuperación del recurso, combinados con el poder de la transformación digital (Energetics, 2015). La recuperación de los recursos de las aguas residuales puede generar un nuevo flujo de ingresos para las empresas proveedoras y ayudar a compensar los costos de tratamiento, reduciendo al mismo tiempo el desperdicio de recursos y la contaminación ambiental de manera considerable. Como en el caso de las zonas rurales o remotas, los sistemas distribuidos a pequeña escala pueden ser una solución más asequible (Nansubuga et al., 2016) y más resiliente allí donde no existen plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales.

Una ventaja importante del nuevo enfoque integrado es que promueve la diversificación de fuentes de agua. Las fuentes de agua no tienen que limitarse al agua superficial y subterránea; con el enfoque integrado pueden incluir la captación de agua de lluvia, las plantas de desalinización, agua reutilizada y aguas residuales tratadas, de las cuales incluso se puede extraer agua potable. Las opciones de tratamiento se amplían para incluir sistemas locales a pequeña escala, además de sistemas centralizados a gran escala. La diversificación de fuentes puede aumentar el acceso a los servicios y la calidad de estos al ampliar la oferta, creando redundancias por si hay mal funcionamiento de un componente del sistema, y construyendo resiliencia frente a eventos extremos que afectan fuentes localizadas. Se trata de ventajas importantes en una región que se considera la segunda más propensa a desastres naturales en todo el mundo (OCHA, 2020).

La transición, gota a gota

Hay muchos desafíos que enfrentar para cambiar el paradigma que orienta al sector y para adoptar nuevas tecnologías y soluciones alineadas con el enfoque integrado. Los desafíos abarcan desde grandes reformas

institucionales y de políticas hasta prácticas de gestión de las empresas proveedoras y las percepciones y actitudes de las personas.

Ambiente institucional y de políticas

A un nivel amplio institucional y de políticas, un desafío clave es establecer los incentivos adecuados y asegurar los medios para adoptar el nuevo enfoque. Esto incluye recursos financieros (Cox y Börkey, 2015; Sønderlund et al., 2016) pero también la capacidad de seleccionar e implementar soluciones (Aguilar-Barajas, 2015; Mejía-Betancourt, 2015). Una regulación sólida puede contribuir a establecer los incentivos mediante metas de servicio claras y sujetas a vigilancia y normas de calidad. Bajo el nuevo paradigma, el sistema tiene más componentes que requieren regulación (Johnson Foundation at Wingspread, 2014), sobre todo la reutilización y la recuperación del recurso. Sin embargo, en muy pocos países la regulación aborda el uso “adecuado al propósito” para que la recuperación de recursos y la reutilización sean prácticas legales.

La regulación también puede promover la eficiencia a través de la recopilación de datos detallados de las empresas proveedoras, lo que hace más transparente la provisión de servicios, posibilita ejercicios de *benchmarking* (Cox y Börkey, 2015) y otorga fundamento al cálculo de las tarifas para que cubran los costos operativos. Para mantenerse al día con la transformación digital, las empresas proveedoras deben sentirse obligadas a adoptar las tecnologías (normalmente para ganar eficiencia), ser capaces de elegir las tecnologías adecuadas, y poder pagarlas. Para cumplir todas estas condiciones, es necesario que tanto la regulación como la gestión de la empresa proveedora sean profesionales y autónomas; es decir, que no estén sujetas a interferencias políticas.

La región varía enormemente en función de dónde se sitúa el sector en cada una de estas condiciones. Muchos países, estados y municipios carecen de un regulador (Ferro, 2020). Allí donde hay un regulador presente, no siempre está libre de presiones políticas o es capaz de definir, monitorear y vigilar el cumplimiento de las reglas. Por ejemplo, Chile, tiene un regulador nacional que establece parámetros del servicio y está facultado para monitorear y vigilar su cumplimiento. Sin embargo, aun cuando el desempeño del sector es el mejor de la región (al menos medido en acceso, tratamiento de aguas residuales y cobertura de costo de la provisión del servicio), el director del organismo se nombra de manera directa y puede ser apartado del cargo por el presidente (Ferro, 2020).

Otros países, como Brasil y Argentina, no tienen un regulador nacional; en su lugar, hay reguladores estatales y municipales que no cubren todo el

territorio nacional. Los parámetros de calidad del servicio y la capacidad institucional de estos diferentes organismos regulatorios varían de forma considerable en estos países. Solo Brasil, Chile y Colombia tienen una base de datos con información básica sobre los proveedores de servicios, pero la práctica de llevar a cabo algún tipo de ejercicio de *benchmarking* no es frecuente. Bolivia ha desarrollado un sistema de indicadores para el desempeño técnico y comercial, y Chile utiliza una empresa proveedora modelo para establecer tarifas y promover la eficiencia (Arias, Rud y Ruzzier, 2019). Los desafíos regulatorios a los que se enfrentan los países de la región abarcan desde la creación hasta el fortalecimiento y la estandarización de la regulación a nivel nacional.

La adopción del nuevo enfoque integrado también requiere un contexto de políticas que sea favorable a la innovación. Esto implica eliminar varios obstáculos para la adopción de tecnologías con altos retornos potenciales pero elevados riesgos en su implementación. Las empresas locales que intentan llevar a cabo el cambio pueden identificar fácilmente dichos obstáculos. Puede tratarse de leyes de adquisiciones que no son suficientemente flexibles para permitir la adopción de prácticas y tecnologías innovadoras riesgosas, o pueden ser normas de calidad no realistas para productos que pueden recuperarse de las aguas residuales para su reventa, como la energía, los fertilizantes e incluso la propia agua tratada.

Gestión de las empresas de servicios

La mayoría de las empresas proveedoras de servicios de agua y saneamiento de la región son de propiedad estatal. Si bien hay muchas modalidades de gestión pública, en la mayoría de los casos los ejecutivos son nombrados o removidos por los líderes políticos. Por ejemplo, en Brasil el 59% de las empresas proveedoras están directamente bajo gestión estatal. Para una muestra aleatoria de empresas que cubren alrededor de tres cuartas partes de la población brasileña, Gómez-Vidal, Machado y Datshkovsky (2020) muestran que en la mitad de las mismas el alcalde o el gobernador nombran directamente al director ejecutivo y a los gerentes. Además, muchas empresas dependen de transferencias públicas para cubrir sus costos de operación y mantenimiento, sus necesidades de inversión o ambos (Cox y Börkey, 2015). La autonomía financiera y de toma de decisiones de las empresas es esencial, como también lo es la existencia de tarifas que permitan recuperar los costos, para que las empresas proveedoras tengan la capacidad de cubrir los costos de adquisición de nuevas tecnologías.

Es de fundamental importancia que la gerencia de dichas empresas tenga la capacidad para elegir entre las innumerables tecnologías disponibles. Para ello, la gestión tiene que estar en manos de personas capaces,

con las habilidades adecuadas. Para que las nuevas tecnologías y la innovación produzcan beneficios tienen que ser escogidas para solucionar los problemas prioritarios de las empresas proveedoras. Un buen ejemplo de innovación inspirada en problemas en la región es el de Pitch-Sabesp (SABESP, 2020). Cada año, la empresa, que brinda servicios a la megaciudad de São Paulo, Brasil, publica una convocatoria para presentar soluciones innovadoras para una lista de problemas que fueron priorizados por la empresa. Las propuestas ganadoras, escogidas por un panel de expertos que incluye a académicos y profesionales del sector, reciben apoyo financiero para desarrollar pilotos para sus ideas; en caso de ser exitosos, los pilotos pueden ser adoptados por la empresa proveedora. Esto no solo invita a la presentación de innovaciones que satisfacen las necesidades de la empresa, sino que también promueve el surgimiento de tecnologías nuevas y necesarias para mejorar la calidad de los servicios.

La implementación del nuevo enfoque también requeriría repensar las modalidades de gestión y los mecanismos de financiamiento para incorporar tecnologías distribuidas a la función de producción de las empresas prestadoras de servicios. La inversión en capacitación y desarrollo de habilidades es clave. Las instalaciones distribuidas pueden ser de propiedad privada, lo que implica compartir de manera bien definida la responsabilidad por su mantenimiento y operación. En términos de financiamiento, los sistemas distribuidos a pequeña escala difieren en gran medida de los tradicionales. Son más riesgosos, requieren menos capital inicial y tienden a ser planificados para un plazo más corto, en lugar del horizonte de décadas de los sistemas tradicionales. Los mecanismos tradicionales de financiamiento también son inadecuados. Perú ha ideado una fuente interesante de financiamiento para proyectos que proporcionan servicios ambientales, como la IV. Los fondos se recaudan mediante una tasa añadida a las tarifas del servicio (véase el recuadro 11.4).

El comportamiento de los consumidores

Por último, aunque no menos importante, las personas desempeñan un papel clave en la transición hacia un nuevo enfoque. Se requiere un cambio de la percepción, los hábitos y los incentivos para promover la protección y conservación de los recursos en general (Tiefenbeck et al., 2018) y la adopción de sistemas distribuidos en particular (Johnson Foundation at Wingspread, 2014). Por un lado, las intervenciones educativas y conductuales pueden contribuir a aumentar la conciencia sobre los riesgos que amenazan la sostenibilidad de los recursos hídricos y promover decisiones que se alineen con su conservación (Yoeli et al., 2017). Por otro lado,

Recuadro 11.4

Financiamiento de servicios ambientales en Perú

Perú ha adoptado dos enfoques novedosos para lidiar con la degradación ambiental y los desafíos del cambio climático. En 2013 aprobó la Ley No. 30.045, que permite a las empresas de agua incluir una tasa de servicio ambiental en las tarifas. Los ingresos de esta tasa se asignan a una cuenta de propósito especial y solo se pueden utilizar en proyectos de inversión para restaurar y proteger fuentes de agua, incluidas las plantas rurales de tratamiento de aguas residuales. El último proceso de fijación de tarifas para SEDAPAL, la empresa proveedora de agua de Lima, estableció un plan de inversión en servicios ambientales para el período 2015–20 que incluía el desarrollo de infraestructura verde (IV) y el tratamiento de ríos. Aunque la escala de esta tasa ambiental todavía es modesta (el monto total que será invertido en el período 2015–20 es apenas superior a los US\$12 millones, cifra que representa el 0,4% de los ingresos previstos de la empresa durante el período), se trata de un mecanismo interesante que puede aumentar su escala y ser utilizado para financiar proyectos para proteger a las fuentes de suministro de agua de los efectos negativos del cambio climático (SUNASS, 2020).

los incentivos fiscales, como los aplicados en California, pueden promover medidas específicas, como la adopción de IV en propiedades privadas. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos enumera cinco tipos de programas de incentivos que se pueden adaptar a las necesidades y condiciones locales (EPA, 2020). Estos comprenden desde incentivos de procesos, como acelerar la concesión de permisos y tarifas más bajas para promotores que construyen IV, hasta subsidios y descuentos. La educación también es un aspecto clave para promover un cambio en las prácticas. Como parte de sus esfuerzos para combinar infraestructura “gris” y “verde”, muchas empresas proveedoras de servicios (Thames Water, 2020; DC Water, 2020) y organismos públicos orientan a los consumidores sobre cómo ahorrar agua e implementar sistemas como la captación de agua de lluvia y las terrazas verdes, incluyendo la venta de kits de instalación.

Navegar los desafíos de la gestión de los recursos hídricos

Una buena provisión de servicios de agua y saneamiento depende de la calidad y la disponibilidad de los recursos hídricos. Esto significa que los proveedores de servicios tienen una responsabilidad hacia la sostenibilidad del recurso que comparten con otros usuarios del agua. Para evitar el agotamiento y la contaminación del conjunto común de recursos, la coordinación de las actividades relacionadas con el agua en diferentes sectores

es un aspecto clave del nuevo enfoque integrado de gestión de los recursos hídricos.

El agua es un recurso descentralizado difícil de manejar. Los límites político-administrativos no coinciden con los de las cuencas de agua, que constituyen la demarcación más adecuada para gestionar el recurso y sus diferentes usos. Diversos sectores dependen del agua y compiten por ella, pero suelen estar regulados y gestionados independientemente unos de otros (Dutra, 2020; Mejía-Betancourt, 2015; Aguilar-Barajas, 2015). Dado que el agua es un recurso limitado, es fácil que las necesidades de un sector infrinjan las de otro. Sin embargo, los aspectos de la distribución son solo una parte del problema; la localización de usos que compiten entre sí también importa. El agua fluye en un solo sentido. Esto significa que los usuarios aguas arriba disfrutan, en relación con los usuarios aguas abajo, de una ventaja que debe ser monitoreada y gestionada adecuadamente.

La capacidad de las prácticas de gestión de recursos hídricos en la región para lidiar con estas complejidades es muy limitada (Mejía-Betancourt, 2015). La región se caracteriza por jurisdicciones que se solapan y por responsabilidades dispersas, donde cada entidad o grupo toma decisiones independientemente del otro y siguiendo sus intereses particulares. A menudo esto genera el agotamiento del recurso y conflictos entre los usuarios, sobre todo cuando las extracciones combinadas superan la disponibilidad. Además, las decisiones de asignación suelen llevarse a cabo por orden de llegada, en lugar de priorizar la eficiencia, y sin datos ni estimaciones sobre la disponibilidad presente y futura.

La mala gestión de los recursos también es perjudicial para la calidad del agua. La región se caracteriza por una mala planificación de la tierra, con asentamientos informales en zonas de conservación ambiental o cerca de masas de agua donde hay un alto riesgo de inundaciones y contaminación por aguas residuales no tratadas. Las decisiones adoptadas localmente sin coordinación producen resultados subóptimos. En un estudio sobre Brasil, Lipscomb y Mobarak (2017) muestran que la descentralización aumenta la contaminación a medida que los ríos se acercan a las fronteras municipales aguas abajo, y que este problema empeora a medida que aumenta el número de jurisdicciones involucradas en las decisiones. Un ejemplo de decisiones perjudiciales adoptadas es la tendencia de los gobiernos municipales a permitir asentamientos informales, que a menudo carecen de servicios de agua y saneamiento, aguas abajo.

El estado de situación descrito plantea una amenaza de escasez de agua que podría parecerle irrelevante a la segunda región del mundo más rica en este recurso (FAO, 2020). En efecto, América Latina y el Caribe posee cerca del 33% de los recursos de agua dulce renovable del planeta y recibe cerca

del 29% de las precipitaciones globales (Flachsbart et al., 2015). Sin embargo, una mirada más detallada revela una realidad diferente y más desalentadora. El recurso está distribuido de manera desigual. Mientras que la disponibilidad estimada en Perú duplica el promedio regional (5.921 m³), la de Haití asciende a unos exiguos 1.231 m³. Pero incluso en Perú, la fuente más rica del país —la cuenca amazónica— está escasamente poblada. La mayor parte de su población vive en la costa del Pacífico, más caliente y mucho más árida. De hecho, muchas zonas de gran actividad económica y densidad demográfica de la región están situadas en lugares con limitada disponibilidad de agua. Lo mismo ocurre en México, República Dominicana, Chile, Perú y todos los países de Centroamérica.

Pero el riesgo de escasez de agua no se limita a estas zonas. La alta demanda, la mala planificación y el despilfarro pueden agotar los recursos, aun cuando las fuentes son abundantes. Además de las grandes cantidades de agua perdidas en el suministro residencial, la región muestra importantes ineficiencias en el uso del agua para fines agrícolas. El sector agrícola es responsable de cerca del 70% de las extracciones totales de agua. Según los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO), el tipo más habitual de irrigación en América Latina y el Caribe es el riego superficial,⁵ que representa más de tres cuartas partes de la superficie irrigada en la mayoría de los países. La irrigación superficial depende de la superficie del terreno y su pendiente para distribuir el agua a los cultivos. Tiende a ser muy intensiva en agua. En cambio, el riego por aspersión, el tipo de riego en el que se puede lograr la mayoría de los aumentos de eficiencia con las nuevas tecnologías, representa solo cerca del 11% de la tierra irrigada. Esta es la tasa más baja de todas las regiones del mundo.

Los incentivos para utilizar menos agua en la agricultura están estrictamente vinculados a los derechos y a los precios del agua. La mayoría de los derechos del agua se asignó en tiempos en que la escasez del recurso no era una preocupación. Tienden a ser generosos y suelen basarse en el principio de “se usa o se pierde”; o están vinculados al territorio, brindando al propietario el derecho de explotar plenamente tanto el agua superficial como subterránea dentro de los límites de una propiedad. Tomar o recomprar estos derechos adquiridos es políticamente difícil, lo cual hace que sea cada vez más importante el establecimiento de incentivos para un uso racional. Las tarifas por el agua utilizada en la agricultura son bajas en la región, lo que ofrece escasos incentivos para ahorrar agua. Si bien la agricultura representa la mayor parte del uso del agua, tiende a ser el sector que paga las

⁵ Con la excepción de Brasil, Ecuador y Trinidad y Tobago.

facturas más bajas, y a veces no paga nada. Por ejemplo, en Brasil la agricultura consume alrededor del 60% al 70% del agua, pero representa un mero 1% al 5% del total de las tarifas de agua recaudadas (Dutra, 2020).

La región también enfrenta importantes problemas de calidad. Según un estudio de UNEP (2016), de acuerdo con datos de entre 1990 y 2010, los niveles de contaminación disminuyeron considerablemente en el mundo desarrollado pero en América Latina se incrementaron de manera significativa. Cerca de una cuarta parte de los tramos de los ríos de América Latina contenía niveles excesivos de materia fecal coliforme, el 10% mostraba niveles severos de contaminación orgánica y un buen porcentaje sufría de sobrecarga de fósforo y nitrógeno, lo que provoca el crecimiento excesivo de plantas y la disminución del oxígeno en el agua, matando la vida animal.

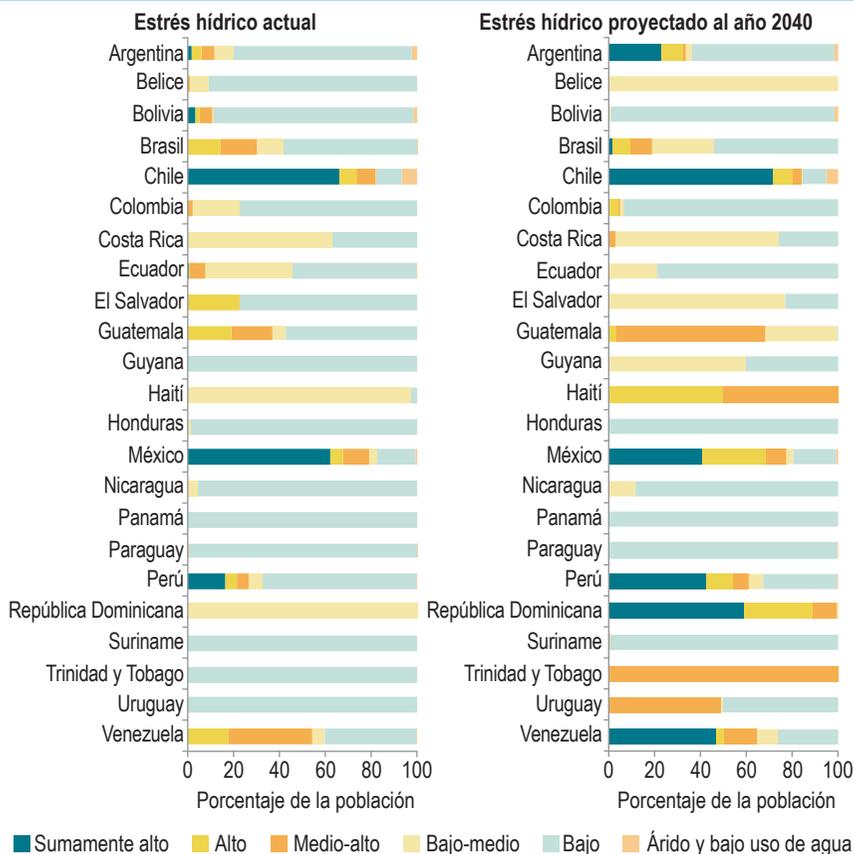
Estimaciones más recientes de la contaminación por la agricultura muestran una severa sobrecarga de fósforo y nitrógeno en los ríos en las zonas de México y Centroamérica y a lo largo de la costa de América del Sur (Mekonnen et al., 2015). Según datos del Ministerio de Salud de Brasil recopilados entre 2014 y 2017, una de cada cuatro ciudades de Brasil suministra a los consumidores agua que contiene 27 tipos diferentes de pesticidas (Aranha y Rocha, 2019). Es preocupante que muchas de estas muestras se encontraban dentro de los límites autorizados por la ley, que es mucho menos estricta que la europea. De los 27 pesticidas aprobados en la legislación brasileña, 21 están prohibidos en Europa debido a sus riesgos para la salud y el ambiente. Además, Brasil tiene límites independientes para cada tipo de pesticida —que pueden ser entre 300 y 5.000 veces superiores a los de Europa (Bombardi, 2017)— en lugar de imponer límites a la suma total.

Otra fuente sustancial de contaminación antropogénica es el desmonte de tierras y la deforestación, que pueden aumentar la frecuencia y severidad de las inundaciones, que generan sedimentación de las masas de agua. Aunque la sedimentación es un proceso natural, cuando es excesiva puede alterar el curso de las vías fluviales y la turbidez, que puede matar a peces y plantas acuáticas. El proceso de eliminación de los sedimentos es complejo y costoso. Sin embargo, aún más importante es que la eliminación de la cubierta vegetal deja al agua subterránea y superficial más vulnerable a todo tipo de contaminación, incluida la escorrentía de la agricultura. Las tierras desmontadas son despojadas de las cualidades de la vegetación como filtro en general y de ecosistemas específicos, como los humedales.

Como resultado de todas estas prácticas, a pesar de la abundancia general de agua, la región se enfrenta a grandes amenazas para la disponibilidad de dicho recurso. Considerando la línea de base de las estimaciones de estrés hídrico del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) (Hofste et al., 2019) —el *ratio* de extracciones domésticas, industriales y agrícolas en

relación con el total de recursos disponibles—, actualmente cerca del 15% del territorio de América Latina y el Caribe y el 35% de su población están situados en zonas de niveles de estrés hídrico moderado a extremo. En un escenario de hacer lo de siempre (*business as usual*), hacia 2040 cerca del 43% de la población de la región vivirá en zonas de estrés hídrico moderado a extremo (gráfico 11.4). Estas estimaciones no tienen en cuenta la calidad

Gráfico 11.4
Proporción de la población que vive en cuencas con estrés hídrico



Fuente: Elaboración del autor en base a estimaciones de estrés hídrico del Aqueeduct 3.0 del WRI (Hofste et al., 2019). La distribución de la población proviene de Worldpop (2020).

Nota: Los valores indican el porcentaje de la población que vive en zonas de estrés hídrico (la proporción de demanda/disponibilidad), oscilando entre estrés hídrico extremadamente alto (> 80%), alto (40%-80%), medio-alto (20%-40%), bajo-medio (10%-20%) y bajo (<10%); y regiones áridas con escaso uso del agua. Los datos que representan “la actualidad” emplean los últimos datos disponibles, que abarcan de 2015 a 2017. Los datos de 2040 corresponden al escenario “como de costumbre” según lo modelado por Aqueeduct 3.0 del WRI utilizando el escenario de cambio climático RCP del IPCC 8.5 (“aumento de las temperaturas de entre 2,6°C y 4,8 °C hacia 2100 en relación con los niveles de 1986-2005”). El estrés hídrico proyectado para 2040 para Trinidad y Tobago ha sido previsto para el 95% de la población, debido a restricciones de datos.

del agua disponible, la fortaleza e idoneidad del marco institucional y regulatorio ni los riesgos de eventos extremos, como inundaciones y sequías. Teniendo en cuenta todos estos factores —el índice de “riesgo general de agua” del WRI—, se estima que hoy en día el 44% del territorio y el 61% de la población de la región están situados en zonas de estrés hídrico moderado a extremo.

La adopción del nuevo paradigma puede contribuir a abordar estos problemas integrando a todos los usuarios del agua mediante plataformas digitales y tecnologías innovadoras para recopilar y procesar los datos necesarios. Los medidores en el terreno combinados con imágenes satelitales se pueden utilizar para recopilar información sobre el clima y las condiciones hidrológicas, y el uso de la tierra y el agua para todos los sectores y cuencas. Cuando se procesan a través de modelos hidrológicos, climáticos y económicos, estos datos proporcionan información crucial que contribuye a la posibilidad de planificar la asignación de recursos y el manejo de vertidos contaminantes, así como al monitoreo de las decisiones. Esta información se puede utilizar para estimar las necesidades de agua y encontrar oportunidades para reducir el uso excesivo del agua. Se puede comunicar a los responsables de la toma de decisiones mediante plataformas de fácil acceso que traducen las complejidades de los modelos en escenarios de políticas de fácil visualización. Y, lo que es aún más importante, el nuevo paradigma incorpora un sector que ha sido excluido durante mucho tiempo de las decisiones relacionadas con el agua: el medio ambiente.

El camino hacia el futuro: navegando en aguas tormentosas

El nivel de integración impulsado por el nuevo paradigma requiere papeles, responsabilidades y principios rectores claramente definidos, junto con la capacidad de monitorear y vigilar el cumplimiento (Aguilar-Barajas, 2015). El conjunto de reglas y principios rectores debería preferiblemente establecerse a nivel de todo el país, para asegurar la coherencia entre diferentes cuencas del territorio nacional y facilitar la cooperación en el manejo de las cuencas transfronterizas. El conjunto de la organización tiene que contar con datos abundantes, experiencia analítica, y herramientas de decisión que contribuyan a un enfoque de gestión basado en evidencia.

Las decisiones sobre el uso del agua —en particular, el establecimiento de límites de extracción y asignación para diferentes usos que compiten entre sí— y sobre la calidad del agua tienen que basarse en datos robustos, en una comprensión adecuada de los flujos de agua y de los patrones de disponibilidad y en mecanismos de asignación claros y transparentes. No obstante, los medidores en el terreno y los observatorios para recopilar

datos no abundan en la región. En su ausencia, las tecnologías para capturar y procesar imágenes por satélite están mejorando mucho la capacidad de los gobiernos para monitorear los recursos hídricos. Esto también permite a los países llevar un registro de la cobertura forestal, monitorear los cambios a lo largo del tiempo y estimar los efectos de la política de conservación y reforestación. Los sensores remotos por satélite y su uso en modelos hidrológicos, climáticos y económicos pueden ayudar a la región a compensar algunos vacíos de la información requerida para una toma de decisiones, pero no son suficientes para proporcionar un cuadro completo del estado de los recursos hídricos. Es necesario invertir en medidores y observatorios en el terreno.

El nuevo enfoque también exige establecer los incentivos correctos para un uso eficiente y no perjudicial de los recursos hídricos. Un instrumento clave son los precios. Fijar los precios de una manera que refleje la escasez del recurso y promueva el uso eficiente es una empresa compleja, sobre todo debido a la variabilidad e incertidumbre sobre la disponibilidad del recurso y a la necesidad de obtener información privada sobre la valoración del recurso por parte de diferentes usuarios. Una solución, adoptada en distintos lugares del mundo con diversos grados de éxito (Olmstead, 2010), es la creación de mercados de agua. Basados en los mismos principios de limitación y comercio (*cap and trade*, como se conoce en inglés) de los mercados de emisión de carbono, compradores y vendedores comercian derechos de agua, de manera permanente o con plazos fijos, y el agua fluye hacia el uso que tenga el mayor rendimiento económico, promoviendo así ganancias de eficiencia. Estos mercados se pueden crear dentro de un sector determinado, como los mercados de agua para la agricultura bien desarrollados en la cuenca Murray-Darling en Australia, o utilizarse para asignar agua a diferentes sectores.

Para que funcionen de manera adecuada, estos mercados requieren: instituciones sólidas (derechos y límites hídricos bien definidos y monitoreados); buena gobernanza (para que haya competencia justa y reglas claras); una plataforma tecnológica bien diseñada (para ajustes precisos de precios); y la infraestructura física necesaria para transferir agua entre vendedores y compradores. También es crucial contar con instituciones fuertes y capaces para poder abordar los asuntos de equidad y garantizar un flujo mínimo allí donde se necesita el agua aunque no sea redituable para los proveedores abastecerla. Algunos ejemplos son la preservación de los ecosistemas y el consumo de las personas de bajos ingresos. Esto suele requerir que se establezcan límites de extracción de agua para sectores como la agricultura por debajo de los derechos anteriormente concedidos.

Generar incentivos para mejorar la calidad de los recursos hídricos es algo aún menos sencillo, en particular en lo que hace a la contaminación proveniente de la agricultura. Un primer paso es revisar los productos permitidos y reforzar la capacidad de los gobiernos para vigilar el cumplimiento de las reglas. Sin embargo, aquello no impediría la contaminación producto del uso excesivo de sustancias permitidas. Imponer una prohibición sobre las cantidades de pesticidas y fertilizantes, por ejemplo, dañaría a los productores cuyos cultivos, suelos o terrenos exigen mayores cantidades. La degradación de los suelos y el desmonte de tierras también contribuyen a la contaminación. Se logra disminuir mejor la contaminación adaptándose a las condiciones locales, como los tipos de suelos, la inclinación de los terrenos y la proximidad a masas de agua. Por lo tanto, es sumamente difícil diseñar y monitorear una política adecuada. Para hacerlo, se precisaría la participación voluntaria de productores agrícolas (Centner et al., 1999). Sin embargo, muchas de las mejores prácticas para reducir la contaminación mediante el uso excesivo de sustancias permitidas demandan inversiones privadas costosas sin más beneficio que el hecho de atenuar la contaminación para todos los usuarios del agua. Al igual que en el caso de la provisión de servicios, esto requiere una mayor conciencia individual y la voluntad de las personas para contribuir con lo que les corresponde.

En general, la adopción exitosa de un sistema de gestión de recursos hídricos integrado requiere algo más que un marco institucional adecuado, y medidores y plataformas para recopilar los datos necesarios. Implica una gran capacidad para procesar la información recopilada y para tomar decisiones sobre la base de la evidencia producida. Además de las inversiones necesarias en recopilación de datos, los países deben fortalecer y ampliar la capacitación de su fuerza laboral para satisfacer la demanda creciente de altas capacidades técnicas. Un mundo en constante evolución necesita personas adecuadamente capacitadas, pero también comprometidas, que puedan convertir las lecciones aprendidas y la información en mejores prácticas. Se precisa entre 15 y 20 años para que las nuevas tecnologías se implementen completamente en el sector del agua (Daigger, 2019). Pero los cambios en las preferencias y las prácticas que se requieren para su adopción generalizada pueden demorar mucho más. Los gobiernos, las industrias y los ciudadanos en general tienen un papel fundamental que cumplir para que esta transición se convierta en realidad.

12

Cavar más profundo: descubriendo el impacto de los servicios en el crecimiento y el bienestar

Las empresas necesitan infraestructura para funcionar y los consumidores para vivir vidas sanas y productivas. Por lo tanto, no es de extrañar que muchas investigaciones hayan intentado cuantificar hasta qué punto la inversión en infraestructura impulsa el crecimiento económico.¹ Si bien la construcción de activos de infraestructura puede apoyar el crecimiento económico, el impacto de la infraestructura en la economía excede a la inversión. Los sectores de infraestructura están conectados con el resto de la economía de diversas maneras.² Los servicios de infraestructura se utilizan como insumos intermedios de producción en otros sectores económicos con distintas intensidades. Si el suministro de electricidad es intermitente, por ejemplo, los sectores que utilizan energía de manera intensiva tienen costos de producción más altos y, por lo tanto, son menos competitivos. De la misma manera, los trabajadores sin acceso a servicios de agua potable y saneamiento en el hogar pueden

¹ El objetivo de la mayoría de los trabajos de investigación ha sido evaluar cuánta inversión adicional en infraestructura se requiere para aumentar el crecimiento y/o cerrar las brechas de infraestructura en países que han quedado rezagados. Un meta-estudio (García et al., 2017) identificó más de 150 trabajos publicados desde la década de 1990 que estiman los efectos de los aumentos de la inversión en infraestructura en la tasa de crecimiento de la economía.

² La inversión en infraestructura tiene un impacto en el crecimiento económico directamente como un elemento de la formación bruta de capital fijo, e indirectamente como un medio para aumentar la productividad (esto es, permitiendo que los factores de producción se vuelvan más productivos; facilitando la acumulación de capital humano; proporcionando servicios básicos que permiten que la economía funcione; y complementando la inversión privada).

ser menos sanos y productivos en el trabajo, lo que les perjudica a ellos y a sus empleadores.

Este capítulo evalúa el impacto de aumentos en la eficiencia de los sectores de infraestructura sobre la economía y expande el conjunto de resultados económicos a considerar. En primer lugar, el capítulo se enfoca en el potencial para incrementar el crecimiento económico que tienen las mejoras de los servicios a través de las ganancias de eficiencia. Los resultados complementan la evidencia sobre la importancia que invertir más en infraestructura tiene en el proceso de crecimiento, lo cual ha recibido gran atención en la literatura.³ En segundo lugar, este capítulo examina el impacto de las mejoras en los servicios sobre la producción a nivel sectorial y sobre la distribución del ingreso. Estas facetas, menos exploradas en la literatura, determinan cómo y bajo qué condiciones la infraestructura contribuye a economías fuertes, productivas y más equitativas.⁴ Finalmente, los capítulos anteriores han analizado de qué manera las disrupciones tecnológicas más importantes que se esperan en los sectores de transporte, energía y agua y saneamiento pueden cambiar la forma de operar de esos sectores en el futuro. Este capítulo complementa el análisis mediante una evaluación de los costos y beneficios de las disrupciones tecnológicas sobre la economía, centrándose en el crecimiento económico, la producción a nivel sectorial y la distribución del ingreso.

Ganancias de eficiencia: impulso al crecimiento y reducción de la desigualdad

La infraestructura puede apoyar a la economía de diversas maneras. Por ejemplo, una carretera nueva puede impulsar el crecimiento

³ Hay una cantidad significativa de estudios que han analizado los efectos de la inversión en estructuras sobre la economía. Véanse, por ejemplo, Calderón y Servén (2016) y Estache y Garsous (2012). En García et al. (2017) se proporciona un meta-análisis de investigación relacionada. En América Latina y el Caribe en particular, investigaciones previas identificaron a la infraestructura como la prioridad más importante para aumentar la probabilidad de alcanzar un mayor nivel de ingreso per cápita para los países de ingresos medios (véase Izquierdo et al., 2016).

⁴ Ahumada y Navajas (2019) proporcionan una revisión bibliográfica de los pocos estudios que evalúan el impacto de la inversión en infraestructura a nivel sectorial. También evalúan cómo los shocks de productividad laboral a nivel sectorial en tres sectores relacionados con la infraestructura impactan en la productividad laboral de otros sectores de la economía, utilizando una base de datos de 25 países de todo el mundo. La literatura sobre los efectos distributivos de la infraestructura es extensa (véase, por ejemplo, Hooper, Peters y Pintus, 2018); sin embargo, la mayoría de los análisis se basa en evidencia de las economías avanzadas.

económico aumentando la demanda de insumos de construcción, estimulando la demanda de vehículos para utilizarla, y reduciendo los tiempos de viaje. Al mismo tiempo, una carretera nueva puede abrir nuevos mercados, hacer que las empresas implementen modelos de negocios innovadores y facilitar el comercio, todo lo cual puede beneficiar a la economía más allá de la inversión inicial. De la misma manera, los servicios de uso compartido de automóviles mediante plataformas digitales, cuya popularidad está aumentando en todo el mundo, crean medios de transporte nuevos y potencialmente más eficientes. Diferentes proveedores de servicios han puesto en marcha nuevos modelos de negocios que generan empleos; los servicios que proveen pueden ahorrar tiempo y dinero a los usuarios, mejorando así su calidad de vida.

Los modelos CGE descritos en el recuadro 12.1 ofrecen una forma de cuantificar la ganancia potencial que representa para la economía una mayor eficiencia de los sectores de infraestructura. El proceso de producción de cada sector utiliza una combinación de factores productivos (trabajo, capital físico y financiero, tierra) e insumos intermedios (bienes producidos por otros sectores). El ejercicio estudia tres tipos de mejoras de eficiencia que se materializan de manera simultánea en los sectores relacionados con la infraestructura. El primer tipo corresponde a mejoras de eficiencia que inducen al ahorro de costos de insumos en los sectores de infraestructura. Los ahorros reducen la demanda de insumos intermedios por unidad de producto en esos sectores. Un ejemplo en el sector de la energía es una planta de generación térmica que emplea una tecnología más eficiente y, como resultado, utiliza menos gas para producir la misma cantidad de electricidad. El segundo tipo corresponde a mejoras de eficiencia productiva en los sectores de infraestructura que reducen la demanda de factores productivos por unidad de producto en esos sectores. Un ejemplo es una planta de generación térmica que implementa una tecnología que ahorra mano de obra (o capital) y, como resultado, produce más con la misma cantidad de mano de obra (o capital). El tercero proviene de externalidades positivas de la infraestructura en otros sectores: gracias a servicios de mejor calidad, otros sectores económicos requieren menos insumos intermedios de sectores relacionados con la infraestructura para producir una unidad de producto. Tomando el sector de las manufacturas como ejemplo, los beneficios de las mejoras en la calidad de los servicios de infraestructura se pueden interpretar de dos maneras: i) el sector manufacturero recibe energía eléctrica de mejor calidad (es decir, con menos interrupciones/apagones) y, por lo tanto, puede producir la

misma cantidad de producto utilizando menos insumos, o en menos tiempo; o ii) el sector manufacturero mejora el proceso de producción, por ejemplo, adoptando equipos eficientes en energía y, como resultado, demanda menos electricidad.⁵

Recuadro 12.1

Una mirada a vuelo de pájaro sobre la infraestructura y la economía

Una economía es un conjunto complejo de conexiones entre personas, empresas, gobiernos e instituciones. Para evaluar el impacto de los servicios de infraestructura en la economía, este capítulo utiliza un modelo de equilibrio general computable (CGE, por sus siglas en inglés) (véase Bricchetti et al., 2020). El modelo proporciona un instrumental para evaluar los posibles impactos y se ha simulado para las siguientes economías de la región: Argentina, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Chile, Ecuador, Jamaica y Perú. Estos casos constituyen un conjunto de países con diferentes experiencias de crecimiento y estructuras económicas, y para los cuales estaban disponibles los datos necesarios para el análisis.

La estructura básica del modelo consiste en aproximadamente 30 sectores productivos del lado de la oferta, incluyendo cuatro sectores de infraestructura: i) producción y distribución de energía, ii) agua y saneamiento, iii) transporte y iv) telecomunicaciones.^a Del lado de la demanda hay cinco hogares representativos (con diferentes niveles de ingreso) y el gobierno. Las economías están abiertas al intercambio comercial y financiero con el resto del mundo y se supone que son economías pequeñas (que, por lo tanto, no pueden influir en los precios internacionales). En cada uno de los mercados, las funciones de producción y de utilidad del consumo gobiernan los comportamientos que determinan cómo interactúan productores y consumidores. Los precios de los bienes y servicios se calculan en cada período para permitir igualar la oferta y la demanda en todos los mercados simultáneamente. Los productores y consumidores intercambian bienes y factores productivos. Por ejemplo, del lado de la producción, las empresas compran insumos intermedios de otros sectores, perciben ingresos de sus

⁵ Los aumentos de eficiencia se pueden lograr de diferentes maneras, incluyendo mejoras tecnológicas, optimización de procesos de producción y cambios de comportamiento/normas sociales. Véase Fay et al. (2017) para un debate sobre el tema en América Latina y el Caribe. Véanse también Ferraro y Price (2013), Fielding et al. (2012), Habyarimana y Jack (2011), Schultz et al. (2007) y Datta et al. (2015) para diversas perspectivas de intervenciones de la economía del comportamiento para aumentar la eficiencia o disminuir la demanda de infraestructura.

ventas, remuneran los factores de producción y pagan impuestos. Del lado de la demanda, los trabajadores reciben sus salarios —que son un componente importante del ingreso de los hogares—, consumen e invierten. El gobierno recauda los impuestos y consume e invierte. El modelo estima los cambios en los precios relativos necesarios para igualar la oferta y la demanda en los mercados. Esos cambios en los precios, a su vez, influyen en la senda de crecimiento económico de cada economía al reasignar los recursos entre los sectores económicos. También generan modificaciones en la estructura de la economía y en la distribución del ingreso.^b

El primer paso para “calibrar” el modelo en un país consiste en construir una Matriz de Contabilidad Social (MCS). La MCS es una representación del flujo de todas las transacciones económicas que tienen lugar en una economía a lo largo de un año. Se trata básicamente de una representación matricial de las cuentas nacionales de un país.^c Las MCS se refieren a un solo año y proporcionan un cuadro estático de la economía, que es el punto de partida para el análisis. Para los modelos usados en este informe el año base es 2015.^d

Utilizando la MCS de cada país^e se obtiene un sendero inicial (o equilibrio) para las variables, lo que proporciona una línea de base para el crecimiento en un horizonte de 10 años. En esta solución del modelo, los parámetros calibrados que rigen las funciones de producción de los sectores (es decir, la “eficiencia” con que se producen los bienes y servicios) están determinados por las matrices de insumo-producto del país y por las cuentas nacionales, según se refleja en la MCS correspondiente. En otras palabras, el equilibrio inicial es el escenario de “las cosas siguen igual” (o base). Proporciona una base de comparación contra la cual se pueden contrastar los escenarios contrafactuales. En los contrafactuales, se simulan equilibrios diferentes considerando una diversidad de shocks de productividad y tecnológicos que alteran el escenario base.

La ventaja de los modelos de CGE es que brindan un marco de equilibrio general que permite realizar un seguimiento del impacto de los cambios en la economía teniendo en cuenta la interconectividad de las partes por la vía de las restricciones presupuestarias y los precios. Por consiguiente, es posible evaluar los impactos de los cambios tecnológicos simulados del lado de la demanda y de la oferta de la economía al mismo tiempo.

^a En algunos casos, los sectores se dividen en subsectores según la MCS del país.

^b El modelo es dinámico recursivo, lo que significa que el crecimiento económico es el resultado de los ahorros de los agentes que, a su vez, toman decisiones de inversión según su ingreso actual (en lugar del ingreso futuro o anticipado) y la remuneración de los factores.

^c La MCS se representa bajo la forma de un cuadro (o matriz) de doble entrada con el ingreso de cada sector en las filas y los gastos en las columnas.

^d La contabilidad de las entradas en la matriz debe cumplir con las restricciones presupuestarias básicas: es decir, ingreso igual a gastos.

^e Una Matriz de Contabilidad Social (MCS) representa los flujos de todas las transacciones económicas que tienen lugar en una economía.

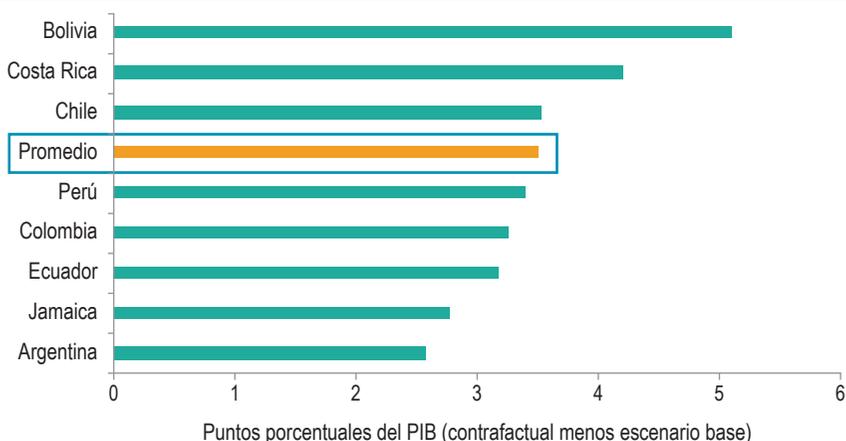
Para cada uno de los ocho países para los que se calibró el modelo se obtuvo un equilibrio inicial que proporcionó una base de comparación para el crecimiento del producto interno bruto (PIB) en un horizonte de 10 años. Se trata del escenario de “las cosas siguen igual”. En los ejercicios contrafactuales, se simuló un nuevo equilibrio suponiendo mejoras de eficiencia en los sectores de infraestructura equivalentes a aumentos del 5% en los coeficientes tecnológicos de las funciones de producción a partir del primer año de simulación. Esos aumentos se acumulan en las tres dimensiones descritas de manera simultánea: mejoras de eficiencia que inducen al ahorro de costos, mejoras de eficiencia productiva y mejoras de calidad en los servicios. Esto implica que los países incrementan la eficiencia del suministro de servicios de infraestructura reduciendo la demanda de insumos intermedios en los cuatro sectores de infraestructura en un 5%, disminuyendo los requisitos de mano de obra y capital por unidad de producto en los sectores de infraestructura en un 5% y mejorando la calidad de los servicios prestados, de modo que todos los sectores económicos reduzcan los costos relacionados con infraestructura en un 5% por debajo del equilibrio inicial.

Los resultados muestran que estos aumentos relativamente pequeños en la eficiencia pueden arrojar importantes beneficios para el crecimiento (gráfico 12.1). En promedio, las tasas de crecimiento de los países seleccionados experimentarían un aumento acumulado de 3,5 puntos porcentuales a lo largo de un período de 10 años. Extrapolando para toda América Latina y el Caribe, esto representa cerca de US\$200.000 millones de incremento del producto a lo largo de una década.⁶ Alrededor del 40% de los aumentos promedio estimados se debe a mejoras de la eficiencia productiva, mientras que el 60% restante se reparte por igual entre las mejoras de eficiencia de ahorro de costos y las mejoras de calidad (30% cada uno). Los impactos varían según los países, y dependen de diversos factores, incluyendo sus estructuras económicas, el peso de los servicios de infraestructura en las cestas de consumo y la demanda de insumos intermedios para otros sectores económicos, la medida en que es factible la reasignación de recursos entre diferentes sectores productivos, la eficiencia de la inversión, y las tasas de crecimiento de cada país. Estos beneficios pueden ser de hasta 4 y 5 puntos porcentuales de crecimiento incremental en Costa Rica y Bolivia.

⁶ Basado en las cifras del PIB de América Latina y el Caribe de 2019.

Gráfico 12.1

Impacto de las ganancias de eficiencia en infraestructura sobre el crecimiento del PIB



Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del PIB, del escenario contrafactual (es decir, el escenario con mejoras de eficiencia) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años.

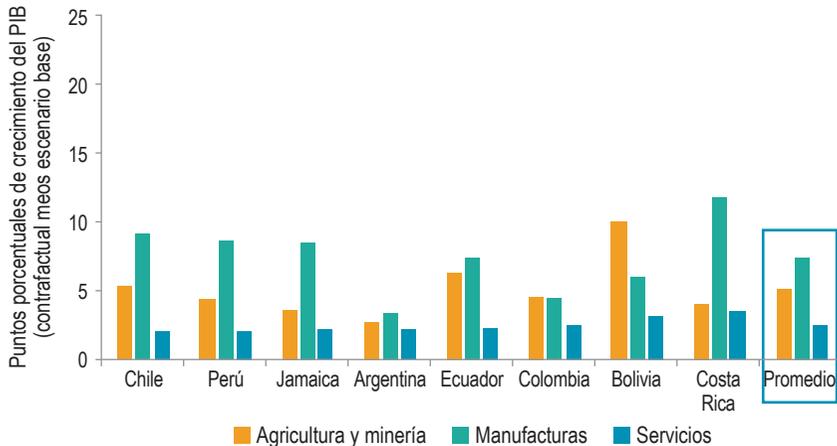
Los impactos positivos estimados de una mayor eficiencia en los sectores de infraestructura serían mayores en los sectores manufactureros de todos los países excepto en Bolivia (gráfico 12.2), donde predomina el sector minero. Estos impactos estimados coinciden con las ponderaciones de los sectores de infraestructura (que son insumos intermedios en otros sectores productivos) en relación con el valor de la producción de los tres sectores agregados.⁷ En otras palabras, el sector manufacturero es el que más utiliza los servicios de infraestructura en el proceso de producción, según las MCS de los países y, por consiguiente, es el sector que más se beneficia de una mayor eficiencia en la provisión de servicios.⁸ Por lo tanto, la mejora de la eficiencia genera beneficios adicionales al aumento de las tasas de crecimiento económico en el corto plazo; constituye además un

⁷ Las ponderaciones del producto de los sectores de infraestructura en el valor agregado de otros sectores son: 5,5% para agricultura y minería, 6,5% para manufacturas y 4,3% para servicios.

⁸ Cabe una advertencia: la relevancia de los servicios de infraestructura sobre otros sectores económicos puede estar subestimada en las cuentas nacionales. En el caso de las industrias extractivas, así como en la agricultura, una gran parte de los servicios de infraestructura es de producción propia y, por lo tanto, no se incorpora en la MCS (véase Coremberg, 2018).

vehículo para aumentar el potencial de crecimiento de largo plazo, porque el sector manufacturero es un sector de alta productividad en todo el mundo.⁹

Gráfico 12.2 Impacto de las ganancias de eficiencia en el PIB a nivel sectorial



Fuente: Elaboración de los autores.

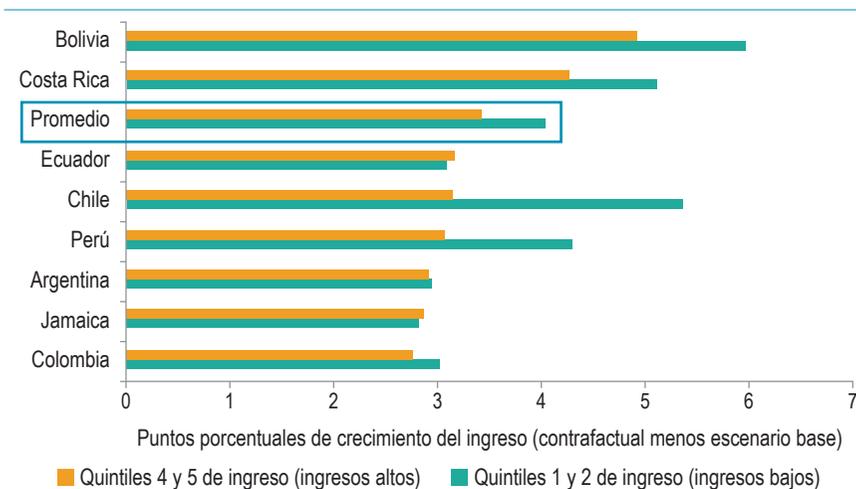
Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales de la producción a nivel sectorial, del escenario contrafactual (es decir, el escenario con mejoras de eficiencia) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años.

Los resultados también muestran que las mejoras de eficiencia en los servicios de infraestructura aumentan el ingreso real de cada quintil de la distribución del ingreso, oscilando entre 2,8 puntos porcentuales para el ciudadano promedio de Jamaica y 5,4 puntos porcentuales en Bolivia. Pero además, la mejora de la eficiencia en infraestructura beneficia a los hogares de bajos ingresos más que a los hogares de ingresos altos (véase

⁹ Véase Ahumada y Navajas (2019) para un análisis más detallado. Sin embargo, nótese que el carácter del ejercicio de Ahumada y Navajas es diferente y, por lo tanto, los resultados no son directamente comparables. Ahumada y Navajas estudian el impacto del crecimiento de la productividad laboral en sectores de infraestructura sobre el crecimiento de la productividad laboral en otros sectores económicos. Su estudio es útil para evaluar qué inversiones (es decir, en qué sectores) pueden contribuir a reducir las brechas de productividad en la economía. El ejercicio de este capítulo es diferente porque evalúa el impacto de los aumentos de la eficiencia en el valor agregado a nivel sectorial, sin implicación directa para el crecimiento de la productividad en otros sectores y, por lo tanto, en las brechas de productividad entre los sectores.

el gráfico 12.3). Para todos los países de la muestra, excepto Jamaica y Ecuador,¹⁰ el ingreso de los dos quintiles más pobres aumenta proporcionalmente más que el de los dos quintiles más ricos. La diferencia del crecimiento relativo a favor de los pobres es de un 28% en promedio. Este efecto es particularmente notable en Chile (donde los incrementos de los ingresos del 40% más pobre de la población superan en un 70% al de los dos quintiles más altos) y en Perú (40%).

Gráfico 12.3
Impacto de las ganancias de eficiencia en el ingreso de los hogares



Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del ingreso real, del escenario contrafactual (es decir, el escenario con mejoras de eficiencia) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años.

Varios factores se combinan para explicar por qué los ingresos reales de los pobres aumentan más que los de los ricos. Por un lado, el gasto de los hogares en servicios de infraestructura representa una mayor proporción de los ingresos del quintil más pobre que de los del quintil más rico; por lo tanto, los hogares pobres se benefician más de la caída en los precios que genera una mayor eficiencia en los sectores de infraestructura. Además, los mercados laborales se recalientan a medida que la economía crece con mayor celeridad, aumentando más los ingresos reales, especialmente los de los pobres, que obtienen una mayor proporción

¹⁰ Jamaica y Ecuador son excepciones: los quintiles superiores reciben beneficios ligeramente mayores de los aumentos de eficiencia que los hogares de ingresos más bajos.

de sus ingresos del trabajo.¹¹ Por último, todos los países analizados tienen algún tipo de transferencia condicionada enfocada en la población más pobre. Por lo tanto, estas transferencias focalizadas aumentan a medida que aumenta la recaudación por mayor crecimiento económico, beneficiando así a la población que recibe esas transferencias.

En definitiva, los resultados muestran de manera consistente que las mejoras de eficiencia en la infraestructura probablemente aumentarían el crecimiento económico, apoyarían a los sectores de alta productividad de la economía y reducirían la desigualdad del ingreso.

Regulación: la clave para compartir los beneficios de una mayor eficiencia

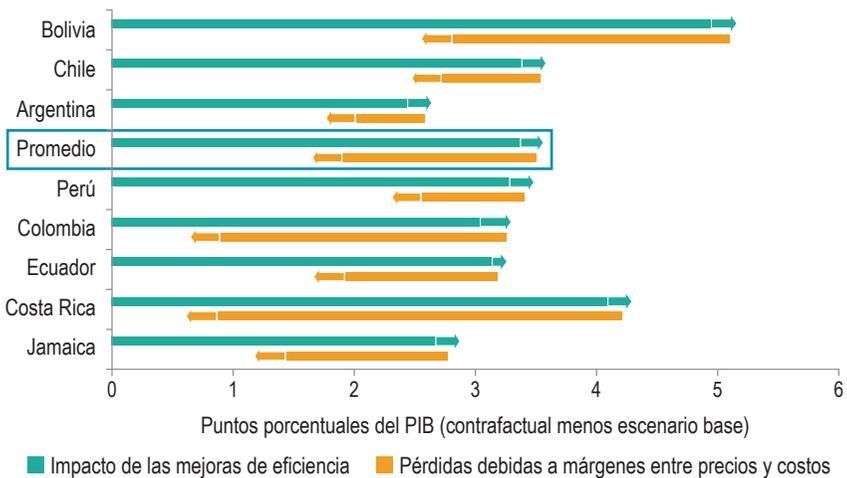
El ejercicio anterior supone que las mejoras de eficiencia se transmiten al resto de la economía a través de menores precios de los servicios de infraestructura. A su vez, se supone que la economía funciona con un mecanismo de formación de precios competitivos en todos los sectores. Sin embargo, los servicios de infraestructura suelen suministrarse en mercados regulados con precios fijados contractualmente que pueden inhibir que las mejoras de eficiencia se traduzcan rápidamente en precios más bajos para los usuarios. Esta sección explora las implicancias de mejoras de eficiencia en el contexto de un mecanismo de formación de precios alternativo al de competencia. En este ejercicio se llevan a cabo simulaciones contrafactuales que restringen las reducciones de precios asociadas con las mejoras de eficiencia. Concretamente, se supone que los proveedores de servicios de infraestructura imponen márgenes entre precios y costos de un 15% sobre los costos marginales de producción (es decir, en el escenario contrafactual, los precios por los servicios son un 15% más altos que los precios que predominarían si estos fueran plenamente flexibles y los mercados fueran competitivos). Este mecanismo permite a los proveedores de servicios de infraestructura “capturar” una parte de las mejoras de eficiencia, restringiendo la transmisión de las mejoras de eficiencia a los consumidores mediante la reducción de los precios de los servicios.

El gráfico 12.4 muestra la diferencia en las trayectorias de crecimiento, en puntos porcentuales, entre el escenario de base (es decir, las mejoras de eficiencia sin márgenes entre precios y costos) y el escenario de un 15% de margen (es decir, mejoras de eficiencia con márgenes entre precios

¹¹ En promedio, los dos quintiles más pobres de la población de los países analizados reciben un 72% de su ingreso del trabajo y transferencias mientras que el quintil más rico recibe solo el 47% de esas fuentes.

y costos). En promedio, en el escenario contrafactual con márgenes, los países pierden 1,8 puntos porcentuales del PIB a lo largo de 10 años en comparación con el caso sin márgenes. Las pérdidas alcanzarían los 3,5 puntos porcentuales en Costa Rica y los 2,5 puntos porcentuales en Bolivia y Colombia. Cabe señalar que los países más perjudicados son aquellos que más se beneficiarían de las mejoras de eficiencia simuladas con mercados competitivos y con plena flexibilidad de precios. La intuición es que el traspaso a los precios en toda la economía gracias a las mejoras de eficiencia en infraestructura disminuye cuando predominan los márgenes entre precios y costos de producción de los servicios de infraestructura. Si esas condiciones de mercado no competitivas se mantienen a lo largo del tiempo, el resultado es un menor crecimiento del PIB.

Gráfico 12.4 Impacto de las ganancias de eficiencia en el crecimiento del PIB con y sin márgenes entre precios y costos



Fuente: Elaboración de los autores.

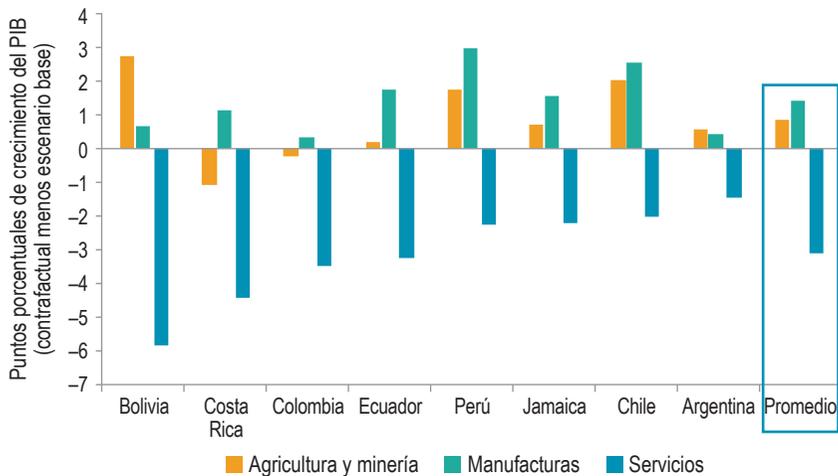
Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del PIB, del escenario contrafactual (es decir, una mayor eficiencia con los márgenes entre precios y costos) menos el escenario base (es decir, una mayor eficiencia sin los márgenes entre precios y costos) a lo largo de 10 años.

A nivel sectorial, el sector servicios es el más afectado por la introducción de márgenes entre precios y costos porque los precios más altos de los servicios de infraestructura —que forman parte del sector de servicios de la economía en sentido amplio— los hacen menos atractivos para los consumidores. Por consiguiente, se reduce la demanda de los mismos (véase el gráfico 12.5).



Gráfico 12.5

Impacto de las ganancias de eficiencia en el PIB a nivel sectorial con márgenes entre precios y costos



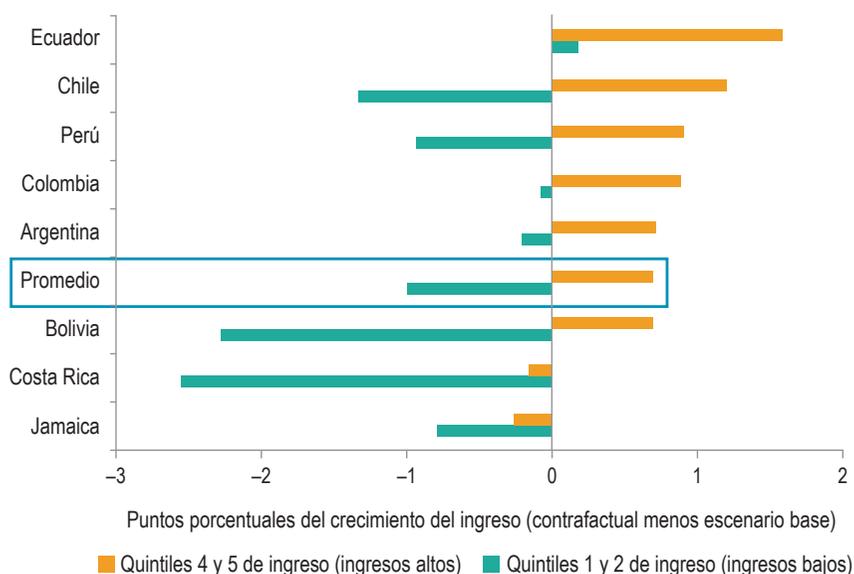
Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del producto a nivel sectorial, del escenario contrafactual (es decir, una mayor eficiencia con los márgenes entre precios y costos) menos el escenario base (es decir, una mayor eficiencia sin los márgenes entre precios y costos) a lo largo de 10 años.

Como consumidores, todos los hogares se verían negativamente impactados en el escenario contrafactual con márgenes entre precios y costos, porque los precios que pagan los consumidores aumentarían en comparación con el escenario de base. Los hogares más pobres verían disminuir su ingreso real, dado que los precios de los servicios serían más altos con márgenes que sin ellos (gráfico 12.6). En los hogares más ricos, el impacto es más complejo. Los hogares de altos ingresos son dueños de una parte mayor de los *stocks* de capital y, por lo tanto, se beneficiarían de las rentas más elevadas generadas por los márgenes entre precios y costos. En seis de los ocho países considerados el aumento del ingreso debido a los márgenes sería lo suficientemente grande como para contrarrestar los impactos negativos causados por los mayores precios al consumidor y, como resultado, los ingresos reales del estrato socioeconómico más alto aumentarían en términos netos. Esto, a su vez, implica que el impacto distributivo de los márgenes entre precios y costos es regresivo.

Estos resultados ponen de relieve la necesidad de una regulación adecuada que equilibre los incentivos de los proveedores de servicios a buscar y lograr mejoras de eficiencia con la necesidad de que aquellas mejoras se traduzcan en precios más bajos para los consumidores. Sin ese equilibrio,

Gráfico 12.6 Impacto de las ganancias de eficiencia en el ingreso de los hogares con márgenes entre precios y costos



Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del ingreso real, del escenario contrafactual (es decir, una mayor eficiencia con los márgenes entre precios y costos) menos el escenario base (es decir, una mayor eficiencia sin los márgenes entre precios y costos) a lo largo de 10 años.

las mejoras de eficiencia podrían no materializarse, o el impacto de esas mejoras de eficiencia sobre la economía podrían reducirse o incluso revertirse. Alcanzar el equilibrio no es un asunto trivial en la práctica, lo que resalta que la regulación de los servicios de infraestructura es un componente indispensable de la política pública (véase el capítulo 13).

Las tecnologías disruptivas: un puente hacia el futuro

Por su propia naturaleza, es difícil predecir los cambios tecnológicos disruptivos. Sin embargo, los expertos coinciden en que una mayor digitalización de los servicios puede generar mejoras considerables en su eficiencia. Los expertos también esperan que los proveedores de servicios adopten cada vez más tecnologías “limpias” para la generación de electricidad y apoyen las opciones de transporte limpio y eficiente.¹²

¹² Véase Administración de Información Energética de Estados Unidos (2019); AIE (2019b); AIE (2019c); IRENA (2019).

En los ejercicios anteriores se suponía que las mejoras de eficiencia simuladas eran exógenas; esto es, se introducían en el análisis como si fueran “regalos” para la economía. Sin embargo, en la práctica, los proveedores de servicios o el gobierno o ambos tendrían que invertir recursos para implementar los cambios tecnológicos que dieran lugar a esas mejoras de eficiencia. Las simulaciones anteriores son útiles para explorar el impacto potencial de dichas ganancias, pero son incompletas porque no tienen en cuenta los costos inherentes para alcanzarlas. Por ejemplo, la adopción de la tecnología solar requiere invertir en equipos de paneles fotovoltaicos; también requiere mejorar la transmisión de energía y las redes de distribución e invertir en mantenimiento y reparaciones de la tecnología solar. Por lo tanto, para evaluar costos y beneficios para la economía provenientes de mejoras de la eficiencia en los servicios de infraestructura de manera integral, hay que identificar los cambios tecnológicos que pueden generar las ganancias y evaluar los costos asociados con esos cambios.

Esta sección evalúa los posibles impactos en la economía de tres disrupciones tecnológicas incipientes con potencial para cambiar la manera en que se suministran los servicios de infraestructura, llevando a mejoras de eficiencia en los sectores. Estas disrupciones son: i) aumento de la digitalización de los servicios de infraestructura; ii) adopción de una mayor proporción de fuentes renovables no convencionales en la matriz de generación de electricidad; iii) introducción de vehículos eléctricos y servicios de uso compartido de automóviles a través de plataformas digitales.

Digitalización de los servicios de infraestructura

La digitalización de los servicios de infraestructura incluye tecnologías digitales para ampliar la oferta de dichos servicios, para mejorar la gestión de la demanda, y para mejorar la calidad de los servicios prestados.¹³ El concepto comprende, entre muchas otras, tecnologías como medidores inteligentes para controlar y gestionar el consumo de electricidad residencial, aplicaciones de *smartphones* para monitorear el consumo de electrodomésticos, sensores digitales remotos para medir y controlar la presión del agua¹⁴ y pantallas digitales en las paradas de buses, metro y

¹³ Véase Milner y Yayboke (2019).

¹⁴ El uso de redes de micro-medidores y macro-medidores conectados a sistemas de gestión operativa ha permitido a Aguas Andinas, el proveedor de agua potable y servicios de saneamiento de Santiago de Chile, controlar mejor las pérdidas y realizar un mantenimiento predictivo (“reparar antes de que se rompa”), mejorando así la productividad, reduciendo costos y conservando el agua (véase Aguas Andinas, 2015).

trenes para informar a los pasajeros sobre la llegada del próximo vehículo (véase el capítulo 5).

Diversos factores afectan la probabilidad de adopción de las tecnologías digitales. Por ejemplo, es más probable que las tecnologías digitales se adopten si ayudan a los proveedores a ahorrar en costos de insumos intermedios (esto es, mejoras de eficiencia de ahorro de costos) o a aumentar el producto por unidad de trabajo y capital (es decir, ganancias de eficiencia productiva).¹⁵ Por lo tanto, en los ejercicios que se presentan más adelante se supone que la digitalización de los servicios de infraestructura produciría mejoras de eficiencia de ahorro de costos y ganancias de eficiencia productiva equivalentes al 15% por encima de los estándares de la industria en los sectores de infraestructura a lo largo de un período de 10 años.

Para que los proveedores puedan adoptar tecnologías digitales se requerirán inversiones; se necesitarán equipos nuevos (esto es, medidores inteligentes) e infraestructura digital (esto es, construcción de redes 5G). Teniendo esto en cuenta, se supuso —sobre la base de las previsiones de la industria— que las necesidades de capital aumentarían en un 10% por encima de los niveles iniciales a lo largo de 10 años en los sectores de infraestructura.

Con la adopción de tecnologías digitales, la demanda de servicios de telecomunicaciones se elevaría por encima de los niveles iniciales. Por lo tanto, se supuso que la demanda de servicios de telecomunicaciones —que es uno de los más de 30 sectores productivos de la economía según la MCS de cada país— se incrementa en un 2% en relación con el escenario base durante los primeros tres años de simulación; luego asciende al 3,5% en los tres años siguientes y finalmente llega al 5% en los últimos años de la década.

Las magnitudes específicas se basan en evaluaciones de escenarios inciertos realizadas por especialistas y, por lo tanto, están sujetas a errores de pronóstico y a sesgos de los expertos. Pero más allá de los dilemas inherentes a cualquier decisión de modelación, los resultados proporcionan una primera aproximación al posible impacto que puede tener en la economía el uso de tecnologías digitales en servicios de infraestructura, teniendo en cuenta la interconectividad entre sectores y otras complejidades de las que se da cuenta en un marco de equilibrio general.

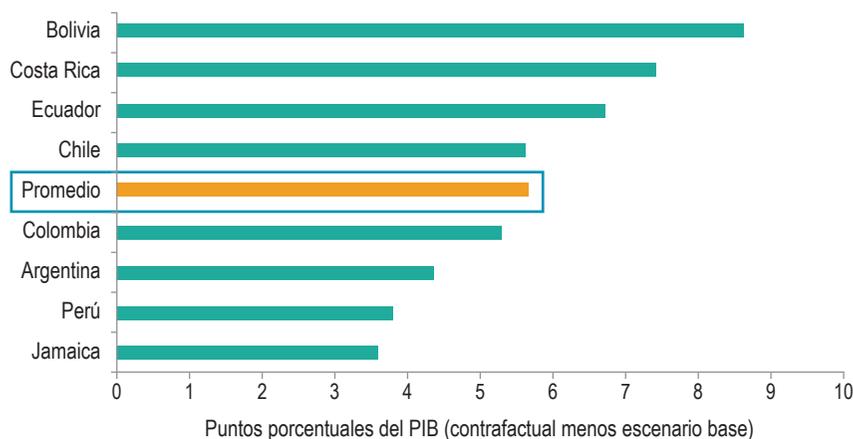
Los resultados muestran que la digitalización de los servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe puede impulsar el crecimiento

¹⁵ Sería poco práctico modelar los beneficios y costos previstos de cada uno de esos desarrollos por separado. En cambio, el camino que se sigue aquí consiste en incorporar algunas características comunes de esos cambios en los parámetros de los modelos de equilibrio general para generar un conjunto de simulaciones contrafactuales basadas en la adopción de las disrupciones tecnológicas en los sectores de infraestructura.

económico y favorecer al mismo tiempo a los más pobres. El panel A del gráfico 12.7 muestra que, en el escenario contrafactual, el PIB aumentaría en todos los países de la región. La expansión estimada se incrementaría a lo largo del tiempo. En promedio, el PIB disminuye 0,10 puntos porcentuales en comparación con la línea de base en el primer año de simulaciones, debido a los mayores costos de inversión (gráfico 12.7, panel B). A partir de allí, las mejoras de eficiencia comienzan a materializarse durante el segundo año y se acumulan a lo largo del tiempo hasta alcanzar 5,7 puntos porcentuales de aumento del crecimiento, en promedio, en 10 años. Bolivia, Costa Rica, Ecuador y Chile muestran un desempeño superior al promedio, acumulando respectivamente 8,6; 7,4; 6,7 y 5,6 puntos porcentuales del PIB por encima de su crecimiento de tendencia.¹⁶ La mayor tasa de crecimiento se ve acompañada de mejoras en la distribución del ingreso. Los modelos muestran que en todos los países, en promedio, los ingresos reales de los dos quintiles más pobres aumentarían un 16% más que los ingresos de los dos quintiles más ricos (gráfico 12.8).

Gráfico 12.7 Impacto de la digitalización de los servicios de infraestructura en el PIB

Panel A. Impacto acumulado con un horizonte temporal a 10 años



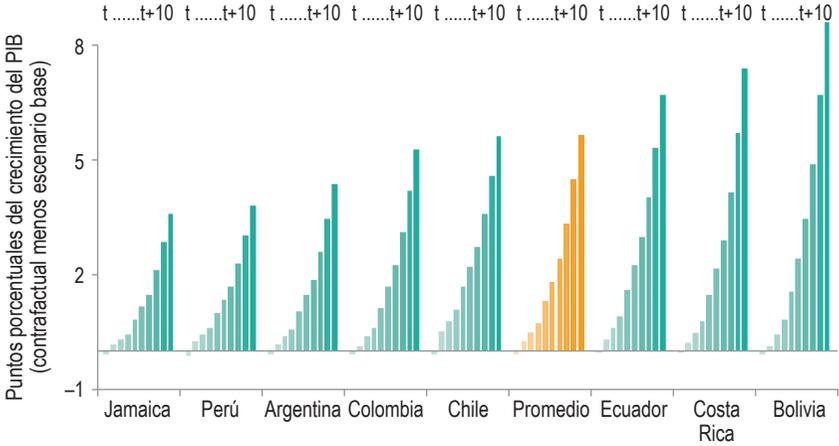
Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del PIB, del escenario contrafactual (es decir, el escenario de digitalización de los servicios) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años.

¹⁶ Los impactos estimados de la digitalización varían por sector económico. En promedio, son mayores en las manufacturas (sectores industriales), a excepción de Bolivia, donde predomina la minería, y menos importantes en los servicios.

Gráfico 12.7
Impacto de la digitalización de los servicios de infraestructura en el PIB
(continuación)

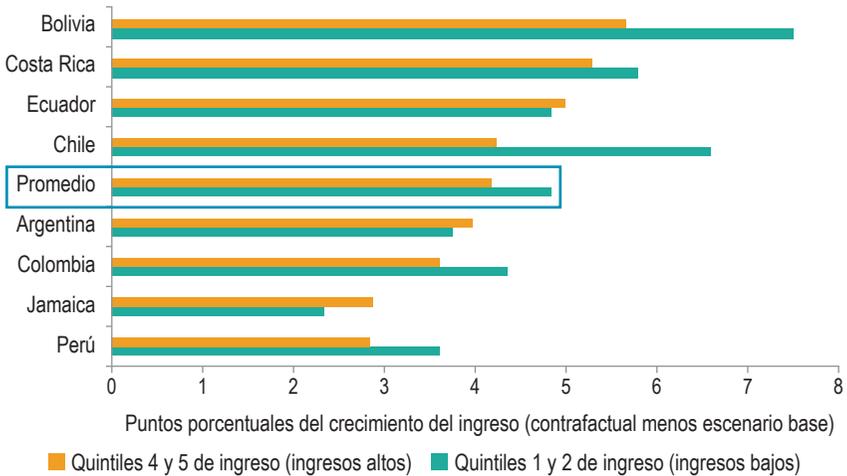
Panel B. Impacto de la digitalización en el PIB a lo largo del tiempo



Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio anual, en puntos porcentuales del PIB, del escenario contrafactual (es decir, el escenario de digitalización de los servicios) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años.

Gráfico 12.8
Impacto de la digitalización en el ingreso de los hogares



Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del ingreso real, del escenario contrafactual (es decir, el escenario de digitalización de los servicios) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años.

Teniendo en cuenta los posibles impactos en el producto y en la distribución del ingreso, el escenario de digitalización es un ejemplo de lo que en una sección anterior se denominó “aumento de eficiencia” en la economía. La digitalización de los servicios de infraestructura afectaría a la economía a través de una combinación de factores que son equivalentes a esas ganancias de eficiencia. Por ejemplo, es probable que los pobres se beneficien más que proporcionalmente de la disminución de los precios de los servicios gracias a la digitalización, porque dichos hogares gastan una proporción mayor de su ingreso en servicios de infraestructura que los ricos.¹⁷ Además, el mayor crecimiento económico provocado por la digitalización reduciría la tasa de desempleo y aumentaría el ingreso laboral, que es la principal fuente de ingreso de los pobres.

En definitiva, la digitalización de los servicios de infraestructura tiene el potencial para generar mejoras de eficiencia que benefician a la economía, aun considerando sus costos de adopción. La digitalización podría impulsar el crecimiento económico; podría contribuir a aumentar el crecimiento de largo plazo apuntalando el crecimiento de los sectores económicos de alta productividad; y probablemente favorecería a los más pobres. Este campo, por lo tanto, requiere un marco de políticas que asegure que los beneficios potenciales se materialicen y se distribuyan en toda la economía.

Renovables no convencionales: una alternativa poderosa

América Latina y el Caribe está aumentando rápidamente el porcentaje de fuentes renovables no convencionales en su matriz energética (véase el capítulo 7). La decisión de promover las fuentes renovables no convencionales responde a la necesidad de descarbonizar las economías y cumplir con las metas de mitigación establecidas en el Acuerdo de París. La introducción de fuentes de energía renovables no convencionales, particularmente la solar y la eólica, promete una revolución en la estructura de costos del sector al permitir que la energía eléctrica se genere a un costo marginal bajo.

Esta sección evalúa los posibles impactos en la economía de incrementar el porcentaje de energía eólica y solar en la matriz de generación de electricidad de América Latina y el Caribe, desde un promedio del 5% en el primer año de simulaciones, hasta un 40% del total a lo largo de

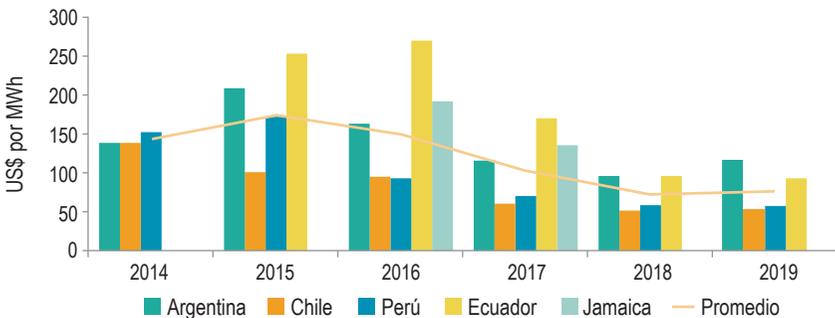
¹⁷ En promedio, el gasto total en servicios de infraestructura (transporte, energía y agua y saneamiento) representa el 14,1% del ingreso disponible de los dos quintiles más pobres, mientras que equivale a solo el 11% para el 40% más rico de la población.

10 años.¹⁸ El ejercicio supone que a medida que el sector eléctrico utiliza cada vez más energía solar y eólica, ahorra en combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) el equivalente a la cantidad de generación con fuentes no renovables que es desplazada cada año por las fuentes renovables. Esta proporción varía por país según la matriz energética, dependiendo del tipo de combustibles fósiles utilizados y de la capacidad instalada de renovables en el momento de las simulaciones.^{19,20}

Las simulaciones varían también según la inversión requerida para incorporar las fuentes renovables no convencionales a la matriz de generación eléctrica. No hay una única manera de calibrar las necesidades de inversión porque los costos de las tecnologías renovables disminuyen a lo largo del tiempo, en algunos casos rápidamente (gráfico 12.9), lo que genera incertidumbre en relación con los costos futuros de las fuentes renovables no convencionales.

Gráfico 12.9 Costo de las renovables no convencionales

Panel A. Costo nivelado de la energía para la generación eléctrica solar fotovoltaica sin seguidor solar



(continúa en la página siguiente)

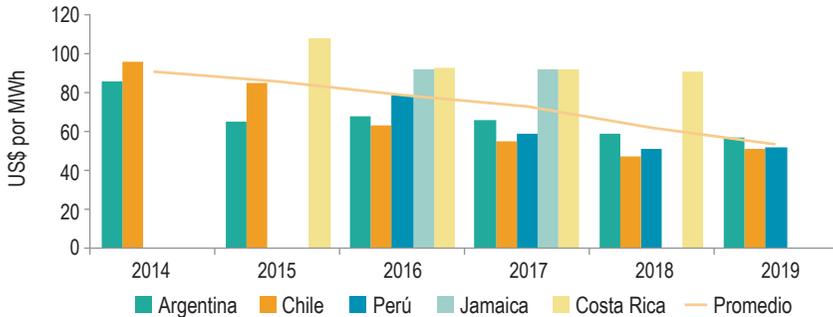
¹⁸ La opción de una porción de 40% de renovables no convencionales en la matriz eléctrica responde al objetivo de converger a una matriz eléctrica plenamente renovable para cumplir con el Acuerdo de París y una economía de cero emisiones netas. En 2018, las fuentes renovables superaban el 55% en América Latina y el Caribe (véase el capítulo 9), en gran medida debido al uso de energía hidroeléctrica. El 40% situaría entonces a América Latina y el Caribe cerca, o en la meta, de una matriz plenamente renovable. El promedio regional oculta diferencias entre países; sin embargo, se utilizó el mismo supuesto para todos los países para facilitar la estimación del modelo.

¹⁹ Véase Brichetti et al. (2020).

²⁰ Costa Rica queda exenta de este ejercicio dado que ya ha realizado su transición a una matriz de generación eléctrica plenamente renovable.

Gráfico 12.9 Costo de las renovables no convencionales (continuación)

Panel B. Costo nivelado de la energía para generación eléctrica eólica con molinos terrestres



Fuente: Bloomberg New Energy Finance (BNEF).

Nota: El costo nivelado de la energía representa el precio del consumo a largo plazo sobre una base de MWh requerida para recuperar todos los costos del proyecto y alcanzar una tasa de rentabilidad mínima sobre la inversión. Para los mercados solares fotovoltaicos y eólicos terrestres más competitivos, BNEF utiliza los índices de precios propietarios para construir supuestos de gastos de capital integrales, emparejados con datos específicos de las regiones para el financiamiento, la macroeconomía y los recursos. El gasto de capital total también da cuenta de los costos de los permisos y de adquisición de tierras. Para los proyectos fotovoltaicos y eólicos terrestres en mercados menos competitivos, BNEF utiliza una combinación de costos a nivel de proyecto reportado (según lo capturado en la base de datos Bloomberg Power Plant, aportaciones locales de analistas regionales y datos de fuentes a disposición del público).

En este contexto, se llevan a cabo dos simulaciones. La primera utiliza estimaciones basadas en el costo del capital al momento de hacerse las simulaciones en las diferentes economías; la segunda estima una reducción del 40% de los costos de capital a lo largo de un período de 10 años. Para el primer escenario se supuso que debían aumentar las inversiones de capital entre un 5% y un 7,5% del PIB a lo largo de una década con el fin de incorporar las fuentes renovables.²¹ En el segundo escenario, el incremento de la inversión de capital varía entre un 3% y un 4,5% del PIB; este valor es mucho más bajo debido al supuesto de costos 40% menor de la tecnología necesaria.

²¹ Para llevar a cabo los cálculos de necesidades de inversión se requieren dos tipos de datos: por un lado, el llamado “factor de capacidad”, que determina la capacidad instalada necesaria para generar la potencia eléctrica requerida (nótese que el factor de capacidad es más bajo en las energías renovables, dada la intermitencia en la generación); por otro lado, es necesario estimar un costo del capital por megavatio (MW) de capacidad instalada utilizando tecnologías renovables. Para este ejercicio, la fuente para ambos tipos de datos es el Model for Electricity Technology Assessments (META), del Banco Mundial, para el año 2012. Véase Brichetti et al. (2020).

Los impactos estimados en el PIB de aumentar el porcentaje de energía solar y eólica hasta el 40% de la matriz de generación eléctrica varían según los países: en Argentina el PIB aumenta en aproximadamente 0,5 puntos porcentuales por encima del equilibrio inicial en 10 años; en Bolivia y Jamaica el incremento es menor. Por otro lado, el PIB se contraería en relación con el equilibrio inicial en cerca de 2 puntos porcentuales en Perú y Chile, y en 0,2 puntos porcentuales en Colombia (gráfico 12.10, panel A).²² Estos resultados reflejan el impacto específico sobre los costos de la matriz eléctrica en base a los recursos desplazados en estos países (el carbón en Chile y Colombia y el gas en Perú). Al desplazar fuentes de energía contaminantes pero actualmente baratas con renovables no convencionales, los beneficios en términos de ahorro de costos de pasar a una matriz de generación eléctrica “limpia” se reducen.²³ Los impactos estimados en los productos sectoriales y en la distribución del ingreso también varían en diferentes países de la región.

El panel B del gráfico 12.10 muestra que, cuando las necesidades de inversión son un 40% más bajas que en el panel A, los impactos estimados en el PIB de aumentar el porcentaje de fuentes de energía renovables de la matriz de generación eléctrica son mayores que en el panel A, particularmente en Ecuador, Chile y Perú.

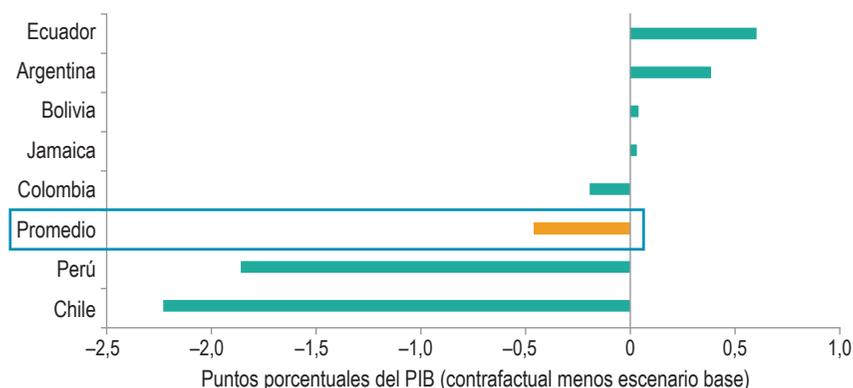
El motivo por el que los resultados varían refleja dos fuerzas contrapuestas. Por un lado, una menor dependencia de combustibles fósiles redundaría en menores precios de la electricidad; por otro lado, como se requieren nuevas inversiones de capital, los precios deben aumentar para generar retornos que atraigan dichas inversiones. En cada simulación prevalece una de las dos fuerzas dependiendo de condiciones específicas de cada país. Además, la necesidad de aumentar la inversión en el sector eléctrico para transformar la matriz de generación compite con las necesidades de inversión en otros sectores de la economía y puede crear tensiones en la economía que impactan en un menor crecimiento.

²² Esto implica que la economía crecería menos que en el escenario base, lo cual no es equivalente a que las tasas de crecimiento serían necesariamente negativas.

²³ En este ejercicio, la capacidad de generación con combustibles fósiles ya existe; por lo tanto, los resultados se pueden interpretar como una consecuencia secundaria del problema de “los activos en desuso” (*stranded assets*). Además, a medida que el costo de la generación eléctrica con fuentes renovables no convencionales siga disminuyendo, las disparidades de costo entre las fuentes renovables y no renovables también lo harán (véase el capítulo 9).

Gráfico 12.10 Impacto del aumento de las renovables en el PIB

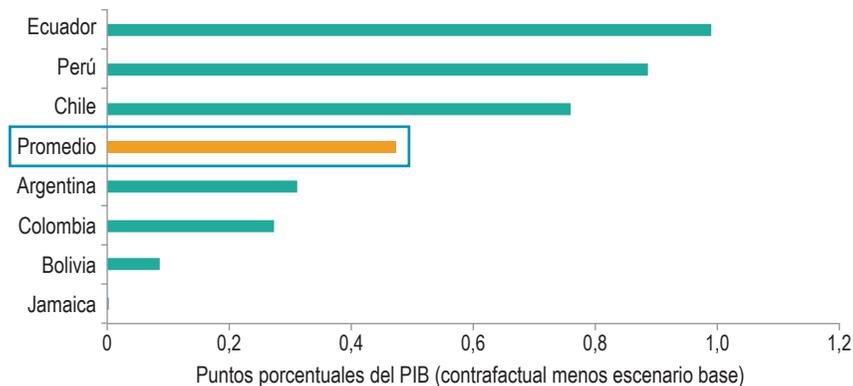
Panel A. Con costos de capital actuales



Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del PIB, del escenario contrafactual (es decir, aumentando el porcentaje de renovables hasta el 40% del total) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años.

Panel B. Con costos de capital reducidos en un 40%



Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del PIB, del escenario contrafactual (es decir, aumentando el porcentaje de generación con energías renovables no convencionales hasta el 40% del total asumiendo necesidades de inversión inferiores a las del panel A) menos las tasas de crecimiento del escenario base (es decir, el escenario contrafactual del panel A) a lo largo de 10 años.

A pesar de la dificultad intrínseca de estimar con precisión las necesidades futuras de inversión, los avances en el mercado de la energía renovable sugieren que las necesidades de inversión pueden disminuir rápidamente a medida que la tecnología se desarrolla. Los costos de las tecnologías renovables han descendido considerablemente y de manera

continúa en la región en la última década. Por ejemplo, en 2017 Chile marcó un hito al obtener uno de los contratos más baratos de energía solar del mundo, a un precio promedio de US\$32,5 por MWh. Es probable que los avances tecnológicos, junto con mejoras en las capacidades institucionales, reduzcan las necesidades de inversión, lo que a su vez permita adoptar un mayor porcentaje de fuentes renovables no convencionales en la región a lo largo del tiempo. Esto implica que puede volverse cada vez más factible y rentable realizar la transición, generando ganancias de crecimiento y de bienestar por encima de las estimadas en este ejercicio.

Nuevos caminos en el sector del transporte

En los escenarios del capítulo 10 se prevé que parte de la flota de vehículos con motor a combustión se va a sustituir por vehículos eléctricos, y que los servicios de uso compartido de automóviles generarán mejoras de eficiencia en el sector transporte. Los nuevos modelos de vehículos eléctricos pueden viajar mayores distancias por unidad de energía que los vehículos comparables de motores a combustión²⁴ y los servicios de uso compartido de automóviles pueden aumentar la productividad del sector al incrementar el número de viajeros por trayecto y liberar tiempo de los pasajeros para el trabajo o el ocio.²⁵

Los ejercicios de esta sección evalúan los impactos económicos potenciales de aumentar la proporción de vehículos eléctricos, y de la difusión de los servicios de uso compartido de automóviles en América Latina y el Caribe. Las dos disrupciones tecnológicas son independientes una de otra; sin embargo, ambas tienen un impacto directo en el sector transporte y, por lo tanto, se evalúan conjuntamente. Los supuestos son que el porcentaje de vehículos eléctricos aumentará hasta el 30% del total de la flota de vehículos y buses en 10 años²⁶ y que a lo largo del mismo período el 50% de los viajes en automóviles privados se hará utilizando alguna modalidad de transporte compartido. Los vehículos

²⁴ De acuerdo con EPA/DOE (2020), los vehículos eléctricos más eficientes del mercado en 2019 (BMW i3 BEV) podrían llegar hasta 124 millas por galón equivalente, mientras que los vehículos a combustión promedio vendidos en la actualidad (Ford Fusion) podrían recorrer solo 25 millas por galón.

²⁵ Véase Luan et al. (2018) para una lista completa de los beneficios de las tecnologías de automóviles compartidos.

²⁶ Se trata de un supuesto optimista basado en estimaciones para la Agencia Internacional de la Energía (AIE) (AIE, 2019b).

eléctricos reducirán la demanda de combustibles fósiles y elevarán el consumo de electricidad pero su introducción requerirá inversiones en equipos para construir la flota e inversiones adicionales para mejorar las redes de distribución de energía. Para lograrlo, en las simulaciones se prevé que el sector transporte eleve las inversiones en un 10% en comparación con el escenario base.

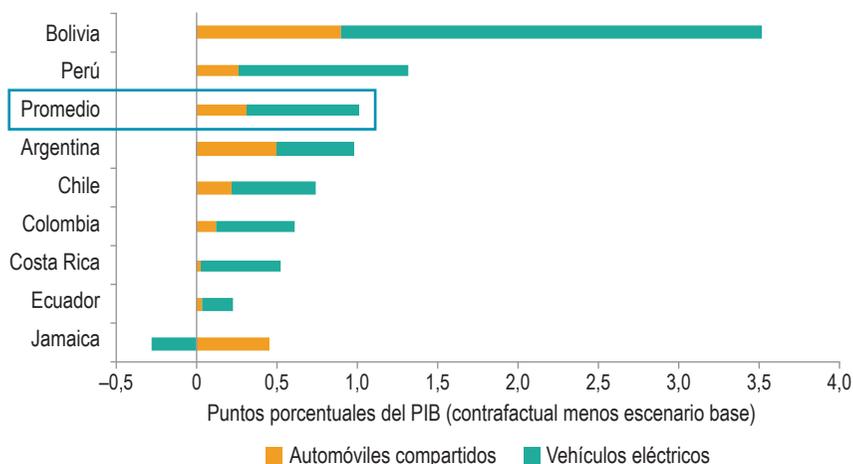
A su vez, la expansión de los servicios de uso compartido de automóviles reducirá la demanda de vehículos y de combustible por hogar (porque algunos usuarios dejarán de tener un vehículo para usar vehículos de flota tipo Uber o Cabify) y aumentará la productividad en el transporte mediante un uso más intensivo de los vehículos (es decir, más viajeros por trayecto).²⁷ Los costos asociados abarcan la inversión requerida por las empresas de transporte para acomodar el aumento de viajeros y las tarifas que estos pagan por los servicios de transporte. Se supone que el aumento de las inversiones del sector equivale al 50% de la reducción de la demanda de automóviles por parte de los hogares. Este supuesto refleja la idea de que bajo la modalidad del automóvil compartido se requerirían menos vehículos porque cada uno llevaría más pasajeros que los automóviles privados.

Los resultados de las simulaciones se recogen en los gráficos 12.11 a 12.13. Se prevé que el aumento de la proporción de vehículos eléctricos y la expansión de los servicios de automóvil compartido tengan un impacto positivo pero cuantitativamente pequeño en el PIB de América Latina y el Caribe a lo largo de 10 años (gráfico 12.11). En promedio, hacia finales del décimo año, el PIB sería 1,2 puntos porcentuales más alto en las economías incluidas en este ejercicio en relación con la línea de base. El pequeño impacto cuantitativo en el PIB no es de extrañar dado que el peso del sector transporte, el más afectado por estos cambios, es en promedio de alrededor del 5% del PIB de América Latina y el Caribe. Sin embargo, puede que esto esté subestimado porque las cuentas nacionales no consideran los servicios de transporte por cuenta propia de los hogares y las empresas, que aumentarían el peso relativo del sector transporte en alrededor de un 50% en las cuentas nacionales (Coremberg, 2018; véase el recuadro 12.2).

Los impactos distributivos del aumento de la proporción de vehículos eléctricos y de la difusión de los servicios de uso compartido de automóviles en América Latina y el Caribe son cuantitativamente pequeños y

²⁷ Para las simulaciones se supuso que la productividad en el sector transporte aumentaría en un 15% a lo largo de 10 años en relación con el año base.

Gráfico 12.11 Impacto de los vehículos eléctricos y de los servicios de uso compartido de automóviles en el PIB



Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del PIB, del escenario contrafactual (es decir, con vehículos eléctricos y servicios de uso compartido de vehículos) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años.

Recuadro 12.2

Medición de la magnitud económica de los servicios de infraestructura

¿Se mide adecuadamente el papel de los servicios de infraestructura en la economía en América Latina y el Caribe? La respuesta es "no" y el problema reside en la metodología de reporte utilizada por las oficinas estadísticas nacionales. Los reportes de todos los sectores de infraestructura (energía, transporte, agua y saneamiento) subestiman ampliamente la magnitud de los servicios de infraestructura prestados. Coremberg (2018) calculó el papel de dichos servicios en Argentina, Brasil y México, economías que en conjunto representan el 55% del PIB de la región. Tomando prestados los términos técnicos de la metodología de cuentas nacionales, Coremberg compiló una "cuenta satélite de servicios de infraestructura" reclasificando las actividades (producción, consumo e inversión) que llevan a cabo empresas y hogares, a través del mercado o por cuenta propia, en cada uno de los servicios de energía, transporte, telecomunicaciones y agua y saneamiento. La compilación de Coremberg de la cuenta satélite marca el primer ejercicio de este tipo en América Latina y el Caribe.

La contribución de los servicios de infraestructura al PIB aumenta casi un 50%, pasando del 7,25% al 11% cuando se consideran los servicios suministrados por propia cuenta: es decir, cuando se le imputan al sector de infraestructura en lugar de imputárselos al sector económico al que pertenece la empresa que suministra el servicio (por ejemplo, minería).

Cuadro 12.2.1 **Magnitud económica de los servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe, por modo de provisión (como porcentaje del PIB)**

	Energía		Transporte		Agua y saneamiento		Total		
	Suministro		Suministro		Suministro		Suministro		
	Contratado	propio	Contratado	propio	Contratado	propio	Contratado	propio	Total
Argentina	2,35	0,01	4,79	2,96	0,17	N/A	7,31	2,97	10,28
Brasil	1,8	0,01	4,82	3,57	0,84	N/A	7,46	3,58	11,03
México	1,13	0,03	5,61	4,53	0,35	N/A	7,09	4,56	11,65

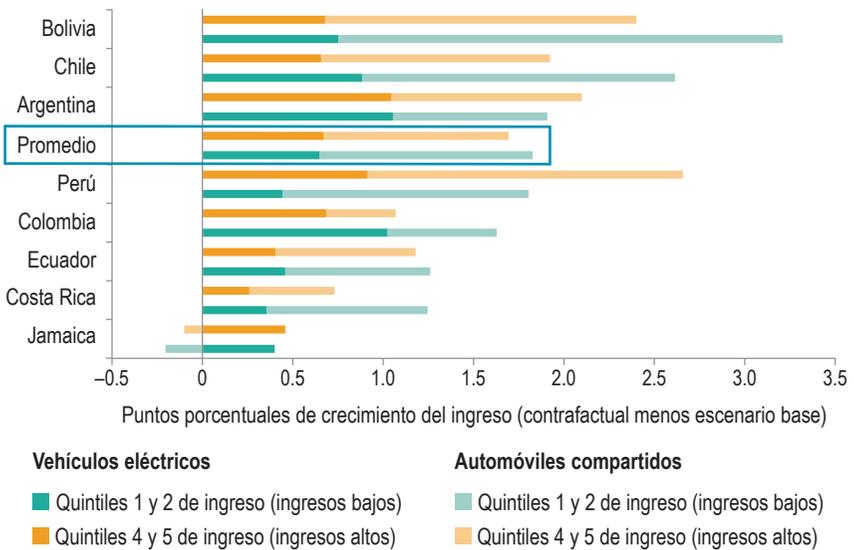
Fuente: Coremberg (2018).

Nota: Las cuentas nacionales clasifican los servicios de infraestructura de suministro interno (los que proporciona la empresa) no en el sector de infraestructura correspondiente sino en el sector de la empresa que se autosumministra el servicio.

El mayor peso de los sectores de infraestructura en la economía se explica en gran parte por el sector transporte. Hay resultados similares para los pocos países desarrollados para los que se han calculado cuentas satélite de transporte (Bélgica, Canadá, Francia y Estados Unidos). En cambio, el valor estimado de la energía suministrada por cuenta propia es comparativamente bajo porque: i) los costos de los insumos para la generación interna de electricidad, sobre todo combustibles, se registran como gastos generales en las cuentas corporativas y, por lo tanto, no pudieron ser identificados adecuadamente en el ejercicio; y ii) hasta 2012, el año para el cual se compiló la cuenta satélite, la autogeneración de electricidad con tecnología no convencional (es decir solar y eólica) tenía valores muy bajos en los tres países analizados. Se prevé que en el futuro la autogeneración de electricidad a nivel de empresa y de los hogares también aumentará. Es probable que esto afecte los cálculos y, por lo tanto, los tamaños estimados del sector de la energía y del sector transporte en el PIB, ya sea por el aumento de servicios por cuenta propia o por la electrificación del transporte en el futuro (véanse los capítulos 9 y 10).

heterogéneos.²⁸ En promedio, la introducción de vehículos eléctricos tiene un sesgo progresivo, aumentando más que proporcionalmente los ingresos reales de los quintiles más pobres en comparación con los quintiles más ricos hacia el final del período de simulación; en cambio, la expansión de los servicios de uso compartido de vehículos tiene el efecto opuesto, pero es cuantitativamente más pequeño (gráfico 12.12).

Gráfico 12.12
Efectos distributivos de los vehículos eléctricos y los servicios de uso compartido de automóviles



Fuente: Elaboración de los autores.

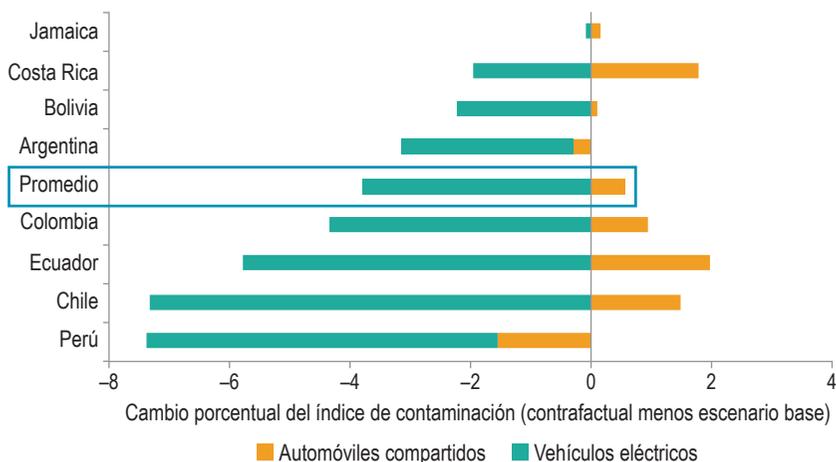
Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales del ingreso real, del escenario contrafactual (es decir, con vehículos eléctricos y servicios de uso compartido de automóviles) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años.

Otra dimensión del ejercicio se relaciona con los impactos ambientales de la disrupción tecnológica. Las simulaciones sugieren que el aumento del porcentaje de vehículos eléctricos reducirá las emisiones contaminantes de CO₂ en la atmósfera. El modelo CGE utilizado incluye un índice de contaminación construido a partir del nivel de contaminación emitido por

²⁸ Los resultados coinciden con la extensa literatura sobre los impactos distributivos de las tecnologías disruptivas, y de la investigación y desarrollo (I+D) (véase Aghion, Akcigit et al., 2019; Aghion, Bergeaud et al., 2019; Lucking, Bloom y Van Reenen, 2018), que se enfocan en la evidencia de Estados Unidos y otras economías avanzadas.

cada sector.²⁹ La introducción de vehículos eléctricos reduciría el total de emisiones en la región: las simulaciones indican que las emisiones disminuirían en promedio en un 3,4% respecto del equilibrio inicial, y en más del 4% en Chile y Perú (gráfico 12.13). La excepción es Jamaica, un país con una matriz de generación de electricidad que depende más de los combustibles fósiles y por ende la electrificación del transporte aumentaría las emisiones.³⁰ Sin embargo, aun cuando el total de emisiones no se reduzca, la introducción de vehículos eléctricos redistribuiría las emisiones de zonas urbanas densamente pobladas (donde circulan la mayoría de los vehículos) a zonas menos densamente pobladas (donde suele generarse la energía eléctrica), con lo cual se mitigaría el impacto de las emisiones en la salud y en el bienestar de los ciudadanos.³¹ Estudios recientes revelan que la contaminación por partículas (altamente correlacionada con las

Gráfico 12.13
Impacto de los vehículos eléctricos y de los servicios de uso compartido de automóviles en la contaminación



Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: El gráfico muestra el cambio acumulado, en puntos porcentuales, de los niveles de emisión de CO₂ para el año 2016, del escenario contrafactual (es decir, con vehículos eléctricos y servicios de uso compartido de automóviles) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años.

²⁹ Véase Chisari, Maquieyra y Miller (2012).

³⁰ Bajo la actual matriz de generación eléctrica, entonces, el aumento en la demanda de electricidad de los vehículos eléctricos aumentaría la demanda de combustibles fósiles para generar esa electricidad.

³¹ Para un análisis de la reducción potencial de los impactos ambientales como resultado de la introducción del transporte eléctrico, véase May (2018).

emisiones de los motores de combustión interna) reduce en 1,8 años la esperanza de vida de la persona promedio en el planeta, lo que supera las pérdidas asociadas con el tabaco (1,6 años) o el abuso de alcohol y drogas (11 meses).³² En el caso de la ampliación de los servicios de uso compartido de automóviles, los resultados en las emisiones contaminantes son indeterminados debido a fuerzas que se compensan mutuamente. Por un lado, utilizar vehículos de manera más eficiente (más viajeros por trayecto) puede contribuir a disminuir las emisiones por pasajero, pero una mayor demanda (a medida que los precios disminuyen) puede contrarrestar esas mejoras y generar emisiones totales más altas.

En definitiva, los impactos agregados en la economía de un mayor porcentaje de vehículos eléctricos y de la expansión de los servicios de uso compartido de automóviles en América Latina y el Caribe serían cuantitativamente más pequeños que las otras disrupciones tecnológicas que se han modelado. Este menor impacto se debe a que los aumentos se producen fundamentalmente en el sector transporte y que, a su vez, el peso de los sectores del transporte en la MCS de cada país es relativamente pequeño porque las cuentas nacionales no incluyen el transporte por cuenta propia. La buena noticia es que, a pesar de los efectos cuantitativos pequeños, se prevé que las disrupciones tecnológicas tengan impactos positivos en el crecimiento y favorezcan a la población pobre. Además, considerando las reducciones concomitantes de las emisiones de CO₂, los impactos potenciales de las disrupciones tecnológicas en la economía pueden ser significativamente más importantes de lo que se ha presentado.

Construir economías más prósperas y equitativas

Los responsables de políticas en América Latina y el Caribe son conscientes de que el mal estado de los caminos, los sistemas de energía ineficientes y los servicios de agua y saneamiento inadecuados retrasan el desarrollo. Sin embargo, los esfuerzos para mejorar los servicios de infraestructura suelen demorarse. Quizás esto no sea de extrañar teniendo en cuenta la escasez de la evidencia sobre el impacto económico de las políticas públicas que mejoran la eficiencia de los servicios de infraestructura.

Este capítulo intenta zanjar esa brecha de conocimiento considerando tres dimensiones a través de las cuales la mejora de los servicios de infraestructura puede resultar en economías más prósperas. El aumento de la eficiencia en los sectores de infraestructura puede impulsar el crecimiento

³² Véase Greenstone y Fan (2018).

económico porque apunta a los sectores económicos más dinámicos. A su vez, ayuda proporcionalmente más a los pobres que a los ricos porque los primeros destinan una mayor proporción de sus ingresos a pagar por servicios de infraestructura. Esta aseveración se basa en resultados de un ejercicio novedoso que valora los impactos de la eficiencia en las mejoras de calidad de los servicios de infraestructura sobre la economía teniendo en cuenta las interconexiones entre los sectores y los agentes económicos en la economía (véase el cuadro 12.1 para un resumen de los resultados del capítulo).

Cuadro 12.1
Impactos de los cambios tecnológicos en los servicios de infraestructura sobre el PIB y la desigualdad del ingreso

			Crecimiento económico	Ingreso real		
				40% más pobre	40% más rico	Difer. pobres-ricos
Shocks imprevistos	Ganancias de eficiencia	Argentina				
		Bolivia				
		Chile				
		Colombia				
		Costa Rica				
		Ecuador				
		Jamaica				
		Perú				
		Márgenes entre precios y costos		Argentina		
Bolivia						
Chile						
Colombia						
Costa Rica						
Ecuador						
Jamaica						
Perú						
Shocks tecnológicos	Digitalización de servicios de infraestructura			Argentina		
		Bolivia				
		Chile				
		Colombia				
		Costa Rica				
		Ecuador				
		Jamaica				
		Perú				

(continúa en la página siguiente)

Cuadro 12.1
Impactos de los cambios tecnológicos en los servicios de
infraestructura sobre el PIB y la desigualdad del ingreso (continuación)

		Crecimiento económico	Ingreso real		
			40% más pobre	40% más rico	Difer. pobres-ricos
Aumento de la generación eléctrica renovable no convencional	Argentina				
	Bolivia				
	Chile				
	Colombia				
	Ecuador				
	Jamaica				
	Perú				
Electrificación del transporte e introducción de tecnologías de uso compartido de automóviles	Argentina				
	Bolivia				
	Chile				
	Colombia				
	Costa Rica				
	Ecuador				
	Perú				

Leyenda



Fuente: Elaboración de los autores.

Nota: La columna del crecimiento económico representa el cambio real en el PIB del escenario contrafactual (es decir por ejemplo, con vehículos eléctricos y servicios de uso compartido de automóviles) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años. Las columnas del ingreso real representan el cambio real en el ingreso real del escenario contrafactual (es decir por ejemplo, de la digitalización de los servicios de infraestructura) menos el escenario base (es decir, sin cambios en los parámetros) a lo largo de 10 años. La escala de colores indica que cuanto más positivos (negativos) sean los valores, más intenso es el color en la celda (verde para valores positivos, naranja para valores negativos).

El capítulo estudia tres tipos de mejoras de eficiencia: i) mejoras de eficiencia que redundan en ahorro de costos; ii) ganancias de eficiencia productiva, que permiten que los sectores modernicen sus procesos de producción; y iii) aumentos de la calidad de los servicios, por los cuales los

sectores de infraestructura generan externalidades positivas en otros sectores proporcionando mejores servicios y disminuyendo sus costos.

Aunque los resultados de la simulación muestran beneficios potenciales, al mismo tiempo plantean la pregunta obligada de cómo se materializarían esas mejoras de eficiencia. Los sectores de infraestructura son dinámicos. Algunas disrupciones tecnológicas que cambian los modelos de negocios tradicionales ya se están produciendo y se esperan aún más. El futuro es incierto, pero la buena noticia es que algunos de los cambios anticipados en los sectores —como la digitalización de servicios, la adopción de un mayor porcentaje de fuentes renovables no tradicionales en la matriz de generación eléctrica y las transformaciones en el sector transporte, donde se destacan los vehículos eléctricos y los servicios de uso compartido de automóviles— podrían tener impactos positivos en la economía similares a los obtenidos en las simulaciones de las mejoras de eficiencia genéricas. Sin embargo, materializar esas ganancias potenciales requiere un marco que estimule los cambios tecnológicos y que permita a la vez que los beneficios lleguen a diferentes sectores económicos y a las personas. En mercados regulados, como aquellos donde operan los servicios de infraestructura, lograr el equilibrio adecuado implica establecer un mecanismo de precios que permita a los proveedores de servicios internalizar parte de las mejoras asegurando al mismo tiempo que los precios que pagan los usuarios disminuyan como resultado de las ganancias de eficiencia alcanzadas. En el capítulo 13 se abordará este tema.

La calidad de la infraestructura en América Latina y el Caribe conspira contra las aspiraciones de la región de unirse a las filas de los países de altos ingresos. En ese contexto, optimizar la infraestructura y los servicios no es una opción sino una necesidad, pero una necesidad con una recompensa potencialmente enorme.



La regulación: el trampolín para mejores servicios

Los servicios prestados por la infraestructura en América Latina y el Caribe son de mala calidad, no son accesibles para todos y son impagables para muchos. Que la región no invierta suficiente en infraestructura sin duda contribuye a explicar esta situación. Pero culpar solo a la baja inversión equivale a mirar la realidad con un solo ojo. Este capítulo sostiene que la regulación es el trampolín para mejores servicios en la región. La incapacidad de diseñar, implementar y supervisar el cumplimiento de un marco regulatorio que impulse a los proveedores de servicios, tanto públicos como privados, a ser eficientes, justos, sostenibles y transparentes es una causa fundamental de la mala calidad de los servicios de infraestructura.

La regulación es vital para establecer el tipo y el nivel adecuado de incentivos para que los proveedores produzcan servicios de alta calidad. Si los gobiernos no crean las instituciones (ministerios, comisiones, organismos independientes), los procesos y los instrumentos para fijar las reglas e incentivos que rigen las decisiones operativas y de inversión de las empresas que suministran servicios, la calidad seguirá siendo baja y no cumplirá con las expectativas. El objetivo más importante de los gobiernos en la regulación de la infraestructura consiste en asegurar que los servicios satisfagan la demanda tanto en términos de cantidad como de calidad, y que lo hagan a precios asequibles. Los reguladores también tienen como objetivos la sostenibilidad financiera y, cada vez más, la ambiental y social. Los gobiernos quieren que los proveedores de servicios alcancen los niveles más altos de eficiencia operativa de modo que puedan prestar servicios al menor costo posible.

La tarea del regulador no es fácil. Tiene un conjunto limitado de instrumentos (precios, estándares de calidad, sanciones, requisitos de inversión, subsidios) para alcanzar muchos objetivos al mismo tiempo. Debe garantizar que los proveedores de servicios recuperen los costos de la prestación

de servicios ya sea a través de las tarifas cobradas a los usuarios o de subsidios públicos (sostenibilidad financiera). También debe ofrecer incentivos para minimizar los costos (eficiencia productiva) y evitar el sobreconsumo de los servicios fijando precios iguales a los costos (eficiencia asignativa). A veces, intentar cumplir objetivos múltiples puede tener consecuencias no deseadas. Esto es lo que ocurre en el escenario ideal de fijación de precios, que requiere que los consumidores paguen el costo total del suministro de servicios. Pero esa regla ignora las diferencias en la capacidad de pago de los consumidores y puede traer como resultado que los habitantes de zonas rurales o periurbanas (donde tienden a vivir los consumidores de bajos ingresos de América Latina y el Caribe) paguen más que los consumidores de altos ingresos por el mismo servicio. Esta estrategia de fijación de precios ilustra el *trade-off* existente entre eficiencia asignativa y equidad social. Los reguladores deben hacer todo lo posible para equilibrar todos los *trade-offs* y, para eso, sus decisiones deben basarse en evidencia y ser el resultado de consultas representativas.

Los instrumentos más poderosos disponibles para los reguladores son los siguientes:

- *Los precios* (no solo su nivel, sino también cómo cambian según el nivel de consumo, el ingreso o la ubicación del usuario).
- *Los estándares de calidad* (por ejemplo, si el agua es potable o si el voltaje de la electricidad es el correcto).
- *Los requisitos de inversión* (encomendando mayores inversiones en nueva capacidad cuando la demanda es alta; por ejemplo, ampliando la terminal de un aeropuerto cuando los volúmenes de pasajeros superan un nivel predefinido).

Desde comienzos de la década de 1990, la mayoría de los países en América Latina y el Caribe han adoptado reformas regulatorias en los sectores de infraestructura que se basaban en estos instrumentos para mejorar la provisión de servicios. Entre otras reformas cabe citar la introducción de competencia, la reestructuración de empresas de propiedad estatal y la inclusión de la participación privada en la provisión de servicios, utilizando diversos sistemas, desde contratos de gestión hasta concesiones y privatizaciones.

A pesar de la importancia de estas reformas, la organización de los mercados no ha cambiado tanto como se preveía inicialmente. En la mayoría de los mercados de infraestructura, la tecnología y el tamaño de los mercados imperantes en el momento de las reformas justificaban como la disposición más eficiente del mercado la provisión de servicios por parte de una empresa,

un monopolio. Hasta ahora, esto no se ha modificado. Lo que cambió fue que algunos de esos monopolios se han convertido en empresas privadas o han seguido siendo públicos pero administrados con criterios comerciales.

Para monitorear el desempeño de estos monopolios, las reformas incluían la creación de nuevos organismos regulatorios, ya sea a nivel nacional o subnacional, que en la mayoría de los casos eran por diseño independientes de los ministerios pertinentes. Como ilustración del alcance de la reforma institucional, 18 países de América Latina y el Caribe crearon nuevas instituciones regulatorias en el sector de agua y saneamiento entre 1990 y 2005 (Bertomeu-Sánchez y Serebrisky, 2019).¹

Aunque bien intencionadas, muchas de las reformas regulatorias no pudieron cumplir los objetivos establecidos cuando fueron diseñadas. Por ejemplo, la competencia *en y por* la provisión de servicios aumentó en algunos mercados, permitiendo la entrada de numerosos actores nuevos, pero la cantidad, la calidad y los precios de los servicios todavía presentan deficiencias y desafíos (véanse los capítulos 1 y 4).

En alguna medida, los gobiernos no supieron proteger a los reguladores del riesgo de captura por parte de procesos políticos o intereses comerciales (Foster y Rana, 2019). Pero lo que es igual de importante es que no consiguieron adaptar la regulación a contextos cambiantes. Se prevé que las disrupciones tecnológicas, el cambio climático y el aumento de las demandas políticas y sociales de servicios más asequibles y de mayor calidad transformarán radicalmente la provisión de servicios de infraestructura. En los capítulos anteriores se presentaban escenarios posibles sobre esos cambios; y más allá de la considerable incertidumbre respecto de su alcance, hay consenso en que desaparecerá el modelo tradicional de proveedores fuertes, a menudo monopolistas, y de consumidores pasivos que hacen poco más que consumir el servicio que se les ofrece. Estos cambios en los roles de proveedores y consumidores probablemente tengan consecuencias fundamentales para las políticas públicas en infraestructura. La regulación tendrá que adaptarse.

¿Cómo debería cambiar hoy la regulación para promover la innovación y las prácticas comerciales capaces de generar las mayores ganancias en la cantidad y la calidad de los servicios? ¿Cuál es el conjunto adecuado de instituciones, políticas e instrumentos para tener la regulación de servicios de infraestructura más efectiva en el futuro? Este capítulo presenta los desafíos regulatorios emergentes y las alternativas de reforma de las políticas

¹ Andrés et al. (2013) presentan un análisis minucioso del desempeño de las empresas de servicios públicos en América Latina y el Caribe. Estache y Serebrisky (2020) presentan una revisión de la literatura sobre los impactos de las reformas de la década de 1990.

(cuadro 13.1). No determina lo que se debe hacer; en cambio, define ámbitos de reforma y deja abiertas muchas preguntas que se pueden responder solo mediante un análisis de las complejidades de cada servicio y mercado de infraestructura.



Cuadro 13.1

Tendencias emergentes que impactarán en el trabajo del regulador y cambios requeridos en el marco regulatorio (políticas, instituciones e instrumentos)

Tendencias que impactarán en el trabajo del regulador		
Cambio tecnológico	Cambio climático	Demandas sociales
<ul style="list-style-type: none"> La descentralización y la digitalización alterarán la oferta y la demanda: surgirán nuevas estructuras de mercado. Los servicios serán más intensivos en capital. Los servicios digitales promoverán la integración entre sectores de infraestructura. 	<ul style="list-style-type: none"> Se requiere una planificación inicial para desarrollar servicios de infraestructura sostenible. Las metas de mitigación del cambio climático deben cumplirse. La infraestructura resiliente requiere inversiones adicionales. 	<ul style="list-style-type: none"> Acceso a servicios asequibles y de alta calidad. Tecnología para reducir costos de información y promover la participación de los consumidores y la rendición de cuentas. La privacidad de los usuarios necesita ser protegida.
Cambios requeridos en el marco regulatorio para adaptarse a las nuevas tendencias		
Políticas	Instrumentos	Instituciones
<ul style="list-style-type: none"> Políticas específicas de infraestructura: regulaciones laborales, de entrada y de capacidad. Políticas a nivel de toda la economía: comercio, impuestos, acuerdos globales y adquisiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Tendrán que adaptarse las estructuras de precios, los subsidios cruzados y los estándares de calidad. Intervenciones de economía del comportamiento para complementar la regulación tradicional. 	<ul style="list-style-type: none"> Reforma de los reguladores sectoriales: ¿fusión? ¿Creación de una agencia de datos? ¿Mayor rol de la política de competencia en los sectores de infraestructura? ¿Nueva planificación inicial e instituciones de auditoría?

El contexto: tendencias que influyen en la tarea del regulador

Probablemente sean muchos los factores que incidirán tanto en la manera en que los reguladores buscarán mejorar la cantidad y calidad de los servicios regulados como en lo que esperarán de ellos usuarios, inversionistas y contribuyentes; aun así, tres factores parecen dominar los debates de los expertos:

- El cambio tecnológico, y particularmente el papel creciente de la digitalización.
- La creciente presión local y global para abordar problemas relacionados con el cambio climático.

- La creciente demanda social de servicios más asequibles y de mayor calidad.

Probablemente, cada uno de estos factores exigirá cambios en las instituciones y procesos regulatorios, todos los cuales requerirán un fuerte compromiso político para responder adecuadamente a las tendencias previstas.

El cambio tecnológico

El cambiante papel de la digitalización, las muchas aplicaciones de la inteligencia artificial y del aprendizaje automático (*machine learning*), así como la presencia cada vez mayor de las aplicaciones móviles están teniendo consecuencias medibles y directas en la producción y el consumo de la mayoría de los servicios regulados. Los contadores inteligentes, las facturas inteligentes y las aplicaciones de los teléfonos inteligentes son cada vez más herramientas de gestión estándar en las industrias reguladas, un cambio previsible dado que esas tecnologías mejorarán el margen de beneficios de los proveedores de servicios.

No hay evidencia para América Latina y el Caribe sobre los beneficios de la adopción de estrategias digitales integrales en servicios, pero sí hay estimaciones a nivel sectorial.² Aunque no son precisas, estas estimaciones sugieren ahorros de costos potencialmente grandes. Considérese el caso del sector eléctrico. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2017), con la digitalización del sector el mundo logrará ahorros del orden del 5% del total de los costos anuales de generación eléctrica. Cerca del 25% de estas mejoras se conseguirán gracias a una disminución de los costos de mantenimiento (sobre todo gracias a un mejor mantenimiento preventivo). La digitalización ampliará la vida útil operativa de las centrales eléctricas y de los componentes de la red. En promedio, los recortes de las necesidades de inversión de las centrales eléctricas y las redes podrían explicar, respectivamente, cerca del 42% y del 25% de las ganancias anuales. En el sector de agua y saneamiento, muchos procesos ya han sido en gran parte automatizados y la tecnología de control remoto y las comunicaciones digitales están bien integradas en las mejores prácticas de gestión. No hay estimaciones globales de los ahorros de costos relacionados, pero ya hay buenas indicaciones respecto de dónde se producirán las mejoras. En el caso de las empresas de suministro de agua, las mejoras tecnológicas deberían contribuir a reducir las pérdidas causadas por filtraciones y roturas, que en América

² Esta sección se basa en Estache y Serebrisky (2020).

Latina y el Caribe representan más del 30% del agua producida, el equivalente de US\$8.000 millones al año (Liemberger y Wyatt, 2019). La digitalización puede contribuir a ahorrar una parte importante de esas pérdidas. En el sector transporte, si en América Latina y el Caribe los vehículos autónomos reemplazaran a los vehículos privados de combustión interna, un hogar de ingresos medios podría ahorrar el equivalente del 17% de sus ingresos anuales (véase el capítulo 10). En el transporte por camiones también podrían lograrse mejoras considerables. Nowak et al. (2018) estiman que, gracias a la digitalización, los costos logísticos se podrían reducir un 50% hacia 2030, en gran parte debido a la disminución del empleo inducida por la automatización.

Las innovaciones tecnológicas que transformarán estos sectores tendrán implicancias regulatorias. Las estructuras de mercado cambiarán. El recuadro 13.1 ofrece una mirada al universo de proveedores de servicios que probablemente se transforme considerable y rápidamente en pocos años. La estructura de la oferta sufrirá disrupciones por la entrada de nuevas empresas de provisión de servicios, sobre todo grandes empresas tecnológicas. Por otro lado, en muchos mercados oferta y demanda se volverán difusas a medida que los prosumidores adquieran cada vez más importancia. Pero las empresas de servicios públicos tradicionales también podrán ampliar sus negocios y entrar en otros sectores de infraestructura. Por ejemplo, las empresas eléctricas podrán ingresar al mercado del transporte urbano a través del financiamiento de buses eléctricos y posteriores contratos para proporcionar electricidad.

Estos cambios probablemente requieran una reasignación de responsabilidades entre los reguladores y las agencias de competencia. A medida que los sectores se vuelvan más competitivos, el regulador pasará de tener un fuerte énfasis en la regulación de precios y estándares de calidad a establecer y supervisar el cumplimiento de las reglas de acceso y las regulaciones de protección del consumidor.

Sin embargo, en los mercados en los que las empresas de servicios públicos probablemente sigan siendo monopolios o donde la transición a un mercado competitivo tarde mucho tiempo, el desafío consiste en compartir los dividendos de la digitalización. La digitalización probablemente disminuya los costos en todas las etapas de la producción de servicios, lo que a su vez podría generar mayores márgenes entre precios y costos si no cambia el monitoreo de las industrias (Gal et al., 2019). El capítulo 12 muestra que cuando la regulación permite mayores márgenes entre precios y costos, los beneficios de la innovación tecnológica tienen un impacto negativo en el crecimiento económico y la regulación es regresiva, dado que los servicios de infraestructura representan un mayor porcentaje del ingreso de los hogares de bajos ingresos. Por lo tanto, en una región que se caracteriza por una

alta desigualdad del ingreso, el cambio tecnológico que aumenta la productividad mejorará la distribución del ingreso solo si el regulador económico es capaz de asegurar que las reducciones de costos se compartan con los consumidores. Si dichas ganancias no se comparten, es probable que las políticas destinadas a promover la adopción de tecnologías (particularmente cuando hay subsidios involucrados) se conviertan en una fuente de tensión con los operadores y consumidores y, por lo tanto, con los gobiernos.

Recuadro 13.1

El universo de los proveedores de servicios regulados

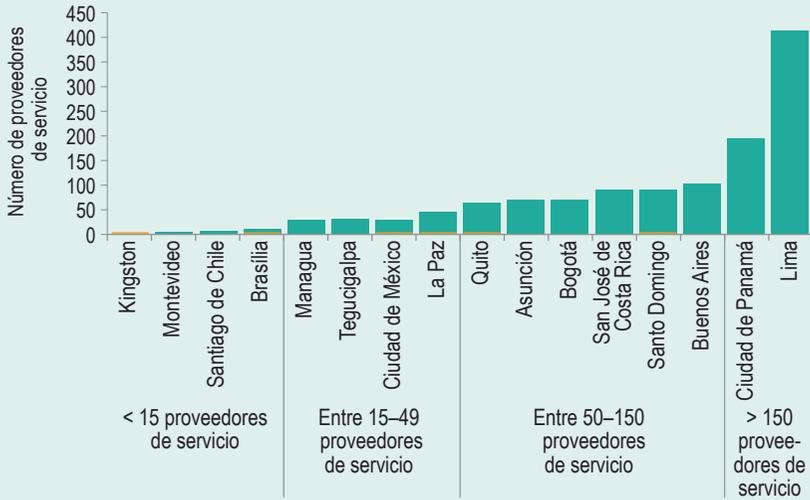
Una empresa regulada que proporciona servicios de infraestructura suele concebirse como una empresa de servicios públicos que atiende a un gran número de consumidores en una amplia zona geográfica. Esto es lo que ocurre en muchos países y ciudades, pero cuando se echa una mirada más detenida al universo de los proveedores de servicios se observan casos muy distintos. En la década de 1990, América Latina y el Caribe introdujo reformas que separaron verticalmente a los proveedores de servicios a lo largo de la cadena de suministro (sobre todo en electricidad) y descentralizaron la responsabilidad del suministro de servicios desde los gobiernos nacionales a los subnacionales, lo que generó la creación de proveedores de servicios locales. Además, algunos servicios fueron desregulados y se abrieron a la competencia, lo que permitió la entrada de muchos nuevos proveedores de servicios. El sector del transporte aéreo es un buen ejemplo.

Al realizar un mapeo de los proveedores de servicios de la región se notan importantes variaciones en los sectores, ciudades y países. Las diferencias en el número de proveedores de servicios no coinciden con las diferencias en el tamaño de los países o de las ciudades. En términos económicos, el número de empresas en cada mercado no responde al cálculo de un número óptimo obtenido al analizar las economías de escala para minimizar el costo de proporcionar servicios. Y la propiedad (pública o privada) varía según los sectores. El gráfico 13.1.1 muestra una gran preponderancia de operadores privados en el transporte urbano, una composición mixta en la distribución de electricidad y un suministro mayormente público en agua y saneamiento. Esta variedad refleja las diversas preferencias políticas que determinan la organización del mercado, la competencia y las actitudes respecto de la participación privada en la provisión de servicios.

Las tendencias emergentes seguramente tendrán un impacto directo en el número de proveedores de servicios. El cambio tecnológico está reduciendo las barreras de entrada para muchos proveedores. Los servicios de viajes a pedido están reconfigurando el suministro de servicios de transporte urbano, y los prosumidores, los agregadores y los proveedores de servicios complementarios aumentarán exponencialmente el número de agentes económicos que brinden servicios de electricidad, dificultando mucho la regulación de precios y de la calidad del servicio.

Gráfico 13.1 Número de proveedores de servicio en ciudades o países seleccionados, por sector y propiedad, 2018

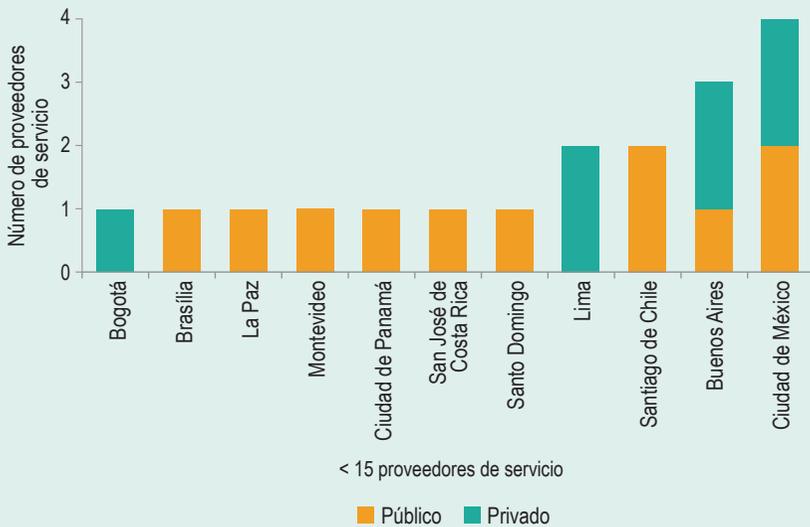
Panel A. Buses



Fuente: Autoridades de transporte de los países y ciudades.

Nota: La muestra solo incluye proveedores de servicio formales. Los datos son de 2018 para todas las ciudades, con las siguientes excepciones: La Paz, Managua y Santo Domingo: 2017; Lima: 2016; Ciudad de Panamá y Asunción: 2014.

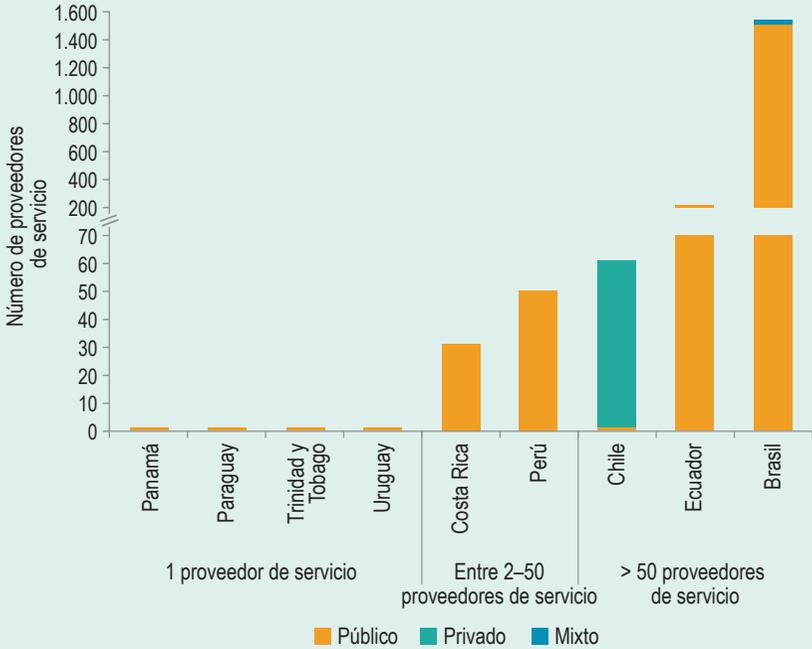
Panel B. Ferrocarril urbano, metros y teleféricos



Fuente: Autoridades de transporte de los países y ciudades.

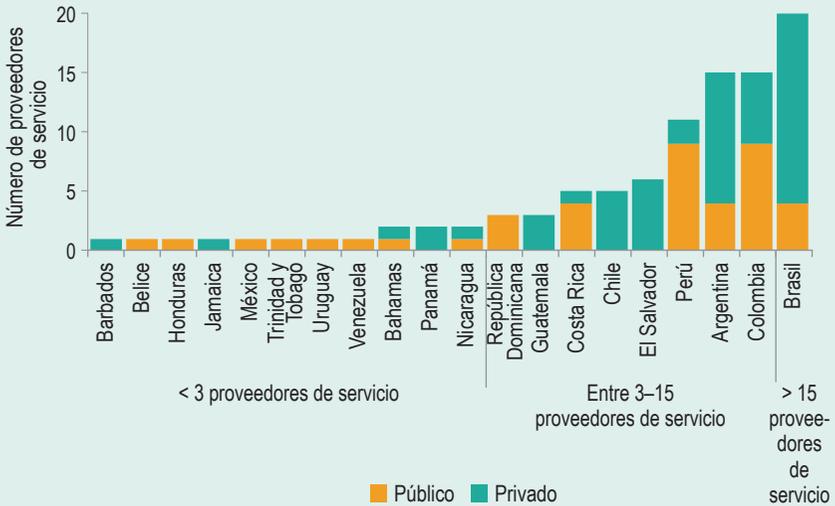
Nota: La muestra solo incluye proveedores de servicio formales.

Panel C. Agua y saneamiento



Fuente: Reguladores de agua en América Latina y el Caribe, SNIS, ADERASA, AyA, IDAAN.
 Nota: Los datos de proveedores de servicio para todos los países no incluyen los comités, las asociaciones, los proveedores informales ni las pequeñas empresas de agua.

Panel D. Distribución eléctrica



Fuente: Bloomberg y agencias regulatorias de los países.
 Nota: Los datos sobre proveedores de servicio para todos los países no incluyen a los proveedores con una cuota de mercado inferior al 2%.

El cambio climático

Un clima cambiante agrega niveles de complejidad a la tarea del regulador, dado que suma incertidumbre en la oferta y demanda de servicios. Se prevé que la disponibilidad de recursos para algunos servicios se vuelva cada vez más incierta. Por ejemplo, la disponibilidad de agua para alimentar las centrales hidroeléctricas o la predecibilidad de los patrones de viento y de exposición al sol son cruciales para cuantificar la capacidad efectiva de la electricidad renovable. La demanda también será más incierta y cambiará, a veces en gran medida, con el aumento de las temperaturas. Por ejemplo, se comprarán más equipos de aire acondicionado en zonas donde en el pasado el clima no lo requería. Los eventos de temperaturas extremas demandarán infraestructura más resiliente, como se explica en el capítulo 6. Los diseños técnicos tendrán que actualizarse con frecuencia para que los servicios no se interrumpan. Deberán expandirse instalaciones de drenaje de carreteras para acomodar los cambios en los patrones de lluvias e inundaciones, y podría ser necesario soterrar cables de transmisión para aumentar la resiliencia de la provisión de la electricidad.

Más allá de la adaptación, cumplir con las metas de mitigación tendrá consecuencias directas sobre la forma en que se suministren los servicios. Los reguladores tendrán que incorporar objetivos de mitigación en la etapa de planificación de las inversiones de infraestructura y ponerles precio a las externalidades asociadas con las emisiones de dióxido de carbono, además de lidiar con activos en desuso (véase el capítulo 7). Se tendrán que reforzar las instituciones y procesos de planificación inicial para asegurar que la provisión de servicios cumpla con el objetivo último de descarbonizar las economías de la región.

Los reguladores deben fijar los precios de los servicios a un nivel que permita a los proveedores obtener un retorno justo del capital invertido. La infraestructura más resiliente y compatible con las metas de mitigación será más intensiva en capital. La inversión adicional en adaptación se estima en el 5% del total de la inversión en infraestructura (véase el capítulo 6). Las renovables no convencionales son un ejemplo de cómo aumentará la intensidad del capital de la provisión de servicios de infraestructura. Las tecnologías de generación eólica y solar requieren grandes inversiones de capital pero tienen costos operativos sumamente bajos, en abierto contraste con las centrales térmicas, cuyos costos marginales son más elevados porque dependen de combustibles fósiles para generar electricidad.

En un contexto de población creciente y cambio climático, los reguladores tendrán que proporcionar los incentivos correctos para invertir de

una manera tecnológicamente neutra asegurando que se ajusten las preferencias de productores y consumidores. Como resultado, las estructuras de precios pueden cambiar radicalmente; por ejemplo, el sector eléctrico tendrá que pasar de un sistema de precios basado en el volumen demandado a un sistema con un componente fijo mayor para cubrir la inversión requerida para ampliar y mantener la red de transmisión y distribución de electricidad (véanse el capítulo 9 y el recuadro 13.2).

Demandas sociales de mejores y más asequibles servicios de infraestructura

La mayoría de los países de América Latina y el Caribe se caracteriza por una alta desigualdad del ingreso, sobre todo en comparación con las economías desarrolladas (de la Torre, Messina y Silva, 2017). La desigualdad del ingreso se refleja en los servicios proporcionados por la infraestructura. Como se documenta en los capítulos 1 y 4, la calidad de los servicios de agua es más baja en las zonas de bajos ingresos, mientras que el acceso al agua y la electricidad es casi universal en los hogares de altos ingresos. Los desafíos pendientes en materia de acceso se concentran en los hogares más pobres, a los que cuesta llegar porque están situados en zonas rurales remotas o en barrios marginales cuyos habitantes no tienen derechos formales a la tierra o vivienda. Los servicios de transporte también son muy desiguales. Las zonas periurbanas con una alta incidencia de pobreza suelen recibir servicios formales de baja calidad y, por consiguiente, tienen que depender de proveedores informales. En grandes zonas urbanas, los pobres tienen menos acceso a empleos formales debido a la inadecuada oferta de servicios de transporte. Más allá del acceso, la asequibilidad sigue siendo un problema, no solo para los hogares más pobres sino también para la clase media. La clase media de la región ha crecido más del 50% en la década de 2000 y su demanda de dispositivos de alto consumo de energía, como aparatos de aire acondicionado y lavavajillas, está lejos de la saturación, aunque se ve limitada por la capacidad de pago y acceso al crédito (Fay et al., 2017).

Por lo tanto, no debería sorprender que los cambios en la fijación de precios de los servicios puedan desatar protestas y malestar social de escala nacional. Pruebas de ello han sido las recientes manifestaciones sociales desatadas por aumentos de precios del transporte en Brasil en 2013 (8% en las tarifas de los buses) y en Chile en 2019 (3% en las tarifas del metro).

Los reguladores deben internalizar la evolución de los procesos democráticos, sobre todo la manera en que los usuarios y, de un modo más general los ciudadanos, expresan sus preocupaciones respecto de la

efectividad de las políticas regulatorias. La sociedad civil tiende a influir cada vez más en el proceso de elaboración de políticas. La tecnología, a través de las redes sociales, está reduciendo rápidamente los costos de información y aumentando la demanda de que los proveedores de servicios rindan cuentas. En la práctica, una sociedad civil más activa creará un “monitoreo regulatorio en las sombras” en una región donde los reguladores no suelen involucrar activamente a los usuarios en los procesos de toma de decisiones. Andrés et al. (2013) documentan las carencias generalizadas de la rendición de cuentas social entre los reguladores de la región, pero esto no es exclusivo de América Latina y el Caribe. Hace poco, Australia, un país a la vanguardia de la regulación en infraestructura, reconocía que los usuarios no se encuentran en el centro de su planificación ni de sus decisiones en materia de infraestructura. Más del 80% de los australianos solicitó al gobierno mejorar el diálogo con los usuarios al planificar nuevas inversiones o cambios en los estándares del servicio (Infrastructure Australia, 2019). Que haya consultas y participación significativas sigue siendo una tarea pendiente para los reguladores de América Latina y el Caribe.

Una preocupación social emergente en la prestación de servicios es cómo proteger la privacidad de los consumidores. La mayoría de los cambios tecnológicos en el sector de infraestructura es bienvenida, dado que dichos cambios mejoran la calidad, reducen los precios e introducen nuevas opciones. Sin embargo, también suscitan preguntas respecto de la privacidad y la propiedad de los datos. Por ejemplo, las tecnologías que permiten implementar esquemas de respuesta a la demanda se basan en grandes cantidades de datos específicos a los consumidores y en tiempo real sobre la utilización de los servicios; quien tenga acceso a esos datos cuenta con una gran cantidad de información sobre las rutinas diarias de las personas. Cuántos de estos datos deberían ser confidenciales o cómo deberían protegerse (por ejemplo, cuántos datos recopilados se pueden externalizar o compartir y bajo qué condiciones), y quién tiene los derechos de propiedad sobre los mismos son temas que se deberán tener en cuenta cuando la regulación se rediseñe.

Hacia una nueva arquitectura regulatoria: cambios en el marco regulatorio

La sección anterior documentaba cómo las tendencias emergentes cambiarán la prestación de servicios de infraestructura. Para responder a estas tendencias, los países tendrán que volver a pensar y adaptar el marco regulatorio: las políticas, las instituciones y los instrumentos normativos que tienen a su disposición los reguladores. Esta sección revisa ideas y propuestas para ajustar el marco regulatorio.

Adaptar las políticas

Las políticas pueden ser específicas para un sector de infraestructura (por ejemplo, una ley que prohíbe vender bombillas incandescentes) o tener relevancia a nivel de toda la economía (un nuevo tratado comercial internacional). Aunque esto último no suele tener a los servicios de infraestructura como principal preocupación, puede producir un impacto profundo en la cantidad y calidad de estos servicios.

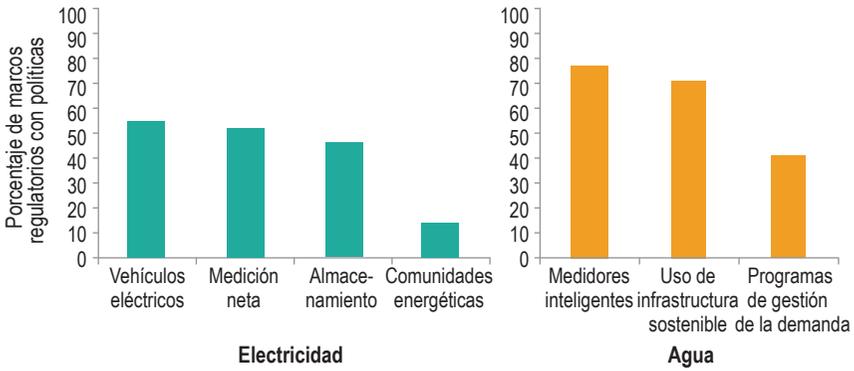
Los reguladores de la energía, el transporte y el agua suelen evaluar las políticas que tienen impacto directo en el desempeño sectorial, como el número de beneficiarios de una tarifa de transporte integrada o el cumplimiento de una política que exige el tratamiento de las aguas residuales. Pero los reguladores de los servicios rara vez evalúan los efectos de las políticas de aplicación en toda la economía, con lo cual pierden la oportunidad de aportar opiniones basadas en evidencia al proceso de elaboración de políticas.

Las siguientes no son recomendaciones específicas sobre cómo pueden intervenir mejor los reguladores en el proceso de formulación de políticas o sobre cómo deberían evaluar las políticas. Más bien, son ejemplos de cómo las políticas específicas por sector y de toda la economía tienen un impacto en la provisión de servicios en América Latina y el Caribe. El objetivo es mostrar que los reguladores de la región deberían tener un papel mucho más activo en el diseño y la evaluación de las políticas, actividades que serán cada vez más importantes para adaptarse a las tendencias emergentes.

Brechas en políticas específicas por sector

¿Cuentan los reguladores de América Latina y el Caribe con las políticas y herramientas necesarias para responder a las tendencias emergentes? Una encuesta implementada en 2018 (Pastor, Serebrisky y Suárez-Alemán, 2019) muestra que hay brechas importantes en la región en la capacidad de respuesta de los reguladores, en la mayoría de los casos porque no cuentan con las políticas requeridas para actuar. Casi la mitad de los reguladores del sector de la electricidad declararon que carecían de políticas específicas para trabajar con las empresas y con los consumidores en lo que respecta a las reglas para adoptar y utilizar tecnologías como la medición neta, el almacenamiento y los vehículos eléctricos. En el sector del agua hay brechas similares de políticas. La adopción de políticas es solo el primer paso, porque el impacto en la disponibilidad y los precios de los servicios depende crucialmente de la efectividad con la que se supervise el cumplimiento de esas políticas (gráfico 13.1).

Gráfico 13.1 Proporción de marcos regulatorios en América Latina y el Caribe que cuentan con políticas para responder a las tendencias emergentes, 2018

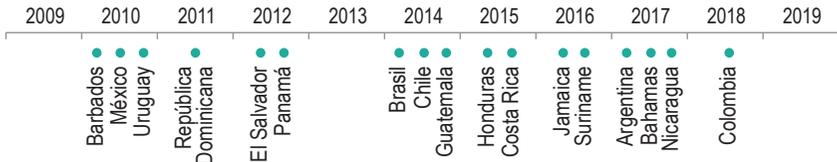


Fuente: Pastor, Serebrisky y Suárez-Alemán (2019).

Notas: La identificación de cuántos marcos regulatorios cuentan con las políticas listadas en el gráfico se obtuvo mediante una encuesta a los reguladores realizada en 2018. Total de respuestas: 21 reguladores de electricidad y 15 reguladores de agua.

A pesar de estas brechas, se están actualizando las políticas, al menos en el sector eléctrico. López-Soto et al. (2019) siguieron la evolución de las políticas de medición neta que permiten el desarrollo de los prosumidores como actores en los mercados eléctricos. Hacia 2019, casi todos los países de América Latina y el Caribe habían adoptado una política de medición neta (gráfico 13.2).

Gráfico 13.2 Calendario de adopción de políticas de medición neta



Fuente: López-Soto et al. (2019).

Por qué reformar las adquisiciones

En un contexto de digitalización acelerada y disminución de los costos de recopilar y procesar datos, las políticas y procesos de adquisiciones se convierten en un área clave a reformar para mejorar la regulación de los servicios. La contratación electrónica se ha convertido en la norma

en muchas administraciones públicas a nivel nacional y ha traído aparejadas numerosas ventajas. Sin embargo, hay espacio considerable para mejorar, dado que estas prácticas de contrataciones no han sido efectivas para disminuir la prevalencia de la manipulación de licitaciones y la corrupción, como ha demostrado el escándalo Odebrecht (Campos et al., 2019). Las ineficiencias en las contrataciones no son exclusivas de América Latina y el Caribe. En Estados Unidos, las ciudades cuyas reglas de contratación no especificaban estándares predeterminados y de uso obligatorio para la sustitución de tuberías de agua se beneficiaron con ahorros de costos de capital del 30% (Anderson, 2018). A medida que la concepción de infraestructura se desplaza de las estructuras a los servicios, las contrataciones deben ajustarse. Desde los estándares y los procesos de licitación hasta las compras de insumos para construir activos, los sistemas de contratación deben desplazar su focalización y priorizar criterios que permitan contratar servicios (contratos basados en el desempeño). Centrar las adquisiciones en la calidad de los servicios a producir le otorga al contratista la libertad de decidir cuál es la tecnología más costo-efectiva para lograr los niveles de servicio requeridos por la entidad contratante.

Digitalizar la regulación

Como se ha señalado en los capítulos 9, 10 y 11, la digitalización alterará la provisión de servicios de infraestructura. Sin embargo, para que la digitalización de los servicios permita mejoras sustanciales en la experiencia y calidad de vida de los usuarios, la región debe aumentar la inclusión digital. Y para ello es necesario digitalizar la propia regulación y sus procesos. A menos que la regulación se inserte en la tendencia de digitalización de los mercados en los que influye, su efectividad disminuirá. Y es probable que los principales perdedores en caso de que la regulación no se digitalice sean, como de costumbre, los usuarios más pobres.

La digitalización de la regulación tiene numerosas implicaciones. Hay dos que son particularmente importantes para América Latina y el Caribe, como se detalla en el capítulo 5. En primer lugar, se debe promover la alfabetización digital en diferentes tipos y grupos de usuarios. En segundo lugar, los ministerios y los organismos que regulan la energía, el transporte y el agua tendrán que actualizar sus marcos legales y normativos para garantizar que los sectores aprovechen al máximo las oportunidades de la digitalización en interés de todos los usuarios, y que el ritmo de la inclusión digital no obstaculice el progreso tecnológico de la provisión de servicios. Resulta extraño que solo una tercera parte de los países de la región haya aprobado o actualizado leyes para regular el sector de

las comunicaciones después de 2010, mientras que la mitad de los países tiene leyes que fueron aprobadas en el siglo XX y que han sido solo parcialmente actualizadas desde entonces (Prats y Puig, 2017). Se requiere una mayor y más rápida dinámica de actualización de políticas.

Reformar las políticas laborales y de asignación de capacidades

Las barreras regulatorias para desarrollar el potencial de los servicios pueden tener diferentes características. Las más estudiadas son las barreras legales de entrada que allanan el camino para los monopolios e impiden que la competencia ofrezca más opciones y disminuya los precios, perjudicando a los consumidores. Sin embargo, hay regulaciones que aumentan el costo de proporcionar servicios, impidiendo el desarrollo pleno de un mercado. Hay casos concretos, como el transporte de carga por camiones y el transporte aéreo comercial. En América Latina y el Caribe son muy extendidas las restricciones en el uso de la capacidad. Un ejemplo son las restricciones de retorno en el transporte de carga por camión (limitaciones legales o informales para que un camión regrese con carga a su destino, obligándolo a volver vacío a la base) que son prevalentes en muchos viajes internacionales en la región, como de Haití a República Dominicana, de Colombia a Ecuador y de Panamá a países de Centroamérica. En el transporte aéreo, los países establecen regulaciones laborales que especifican el número mínimo de miembros de la tripulación requeridos para operar un vuelo, así como las horas que la tripulación puede trabajar. El tamaño de la tripulación necesario para operar vuelos varía considerablemente en América Latina y el Caribe como resultado de las regulaciones laborales. Como se detalla en el gráfico 13.3, aun cuando las regulaciones laborales de la mayoría de los países de la muestra no son más restrictivas que en la Unión Europea, sí lo son más que en Estados Unidos. Dada la comparación favorable del historial de seguridad del mercado del transporte aéreo en Estados Unidos, es evidente que las regulaciones laborales más estrictas no se justifican sobre esas bases, y su impacto económico es comprometer la competitividad de costos de las líneas aéreas en América Latina y el Caribe.

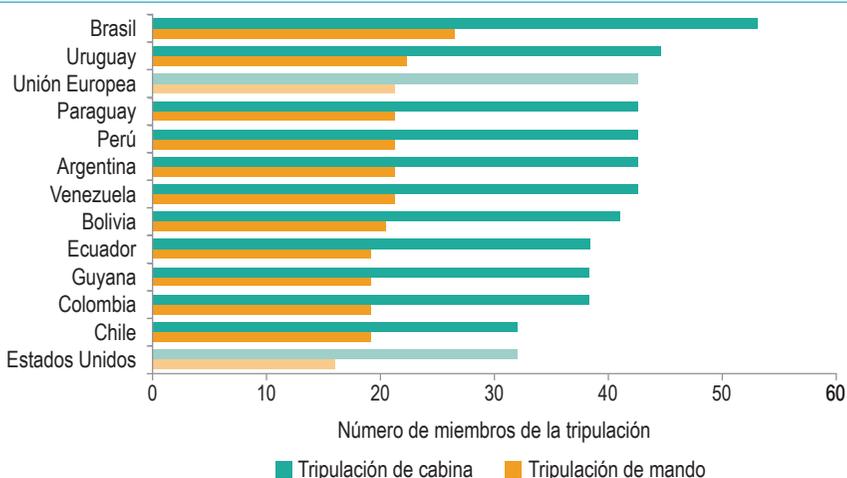
Políticas a nivel de toda la economía

Política comercial

La política comercial podría tener un impacto importante en la adopción y difusión de nuevas tecnologías. Para una región que no es líder en investigación y desarrollo, abrir la economía para permitir la entrada de la tecnología más nueva, eficiente y limpia parece ser una política efectiva

Gráfico 13.3

Requisitos mínimos de tripulación en vuelos domésticos en América Latina y el Caribe, la Unión Europea y Estados Unidos, 2018



Fuente: Ricover, Serebrisky y Suárez-Alemán (2018).

Nota: Parámetros utilizados para calcular la tripulación mínima requerida: cuatro vuelos domésticos diarios de ida y vuelta. Cada vuelo tiene una duración total de 115 minutos, y el avión es un Boeing 737-800.

para mejorar la provisión de servicios de infraestructura. Sin embargo, puede haber *trade-offs* en varias dimensiones, que deberían tratarse en el proceso de elaboración de políticas.

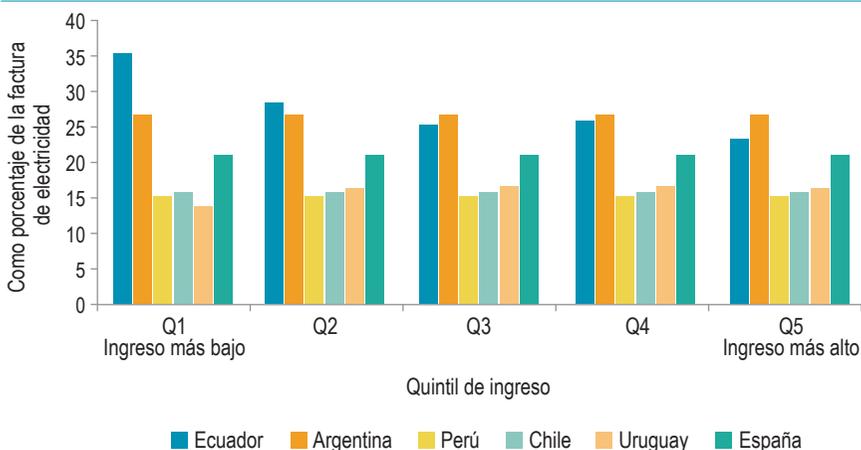
El capítulo 10 muestra que hay una alta probabilidad de reducir significativamente el precio de los vehículos eléctricos; también trae buenos augurios para una transición rápida a vehículos autónomos como el principal proveedor de servicios de movilidad. Cualquiera de estos escenarios dejaría en desuso un gran *stock* de vehículos de combustión interna (más de 180 millones de automóviles solo en Estados Unidos, según Arbib y Seba, 2017), empezando en las economías avanzadas que van a adoptar estas tecnologías más rápido. Ese *stock* se depreciaría totalmente aunque con un valor residual más alto en los países en desarrollo, donde es probable que la transición a los vehículos eléctricos y autónomos sea más lenta. La pregunta de políticas es si los países en desarrollo, y en particular los de América Latina y el Caribe, deben permitir la importación de vehículos de combustión interna. Hay *trade-offs*, porque las importaciones más baratas beneficiarían a los hogares que desean comprar un automóvil pero tendrían consecuencias negativas en los niveles de emisiones, en la demanda de la industria local de automóviles y en la transición a opciones de movilidad más sostenibles.

Subsidios y política fiscal

Muchos países de América Latina y el Caribe subsidian los servicios de infraestructura, y esos subsidios recientemente alcanzaron un promedio regional del 0,7% del producto interno bruto (PIB) (véanse los capítulos 1 y 4). Estos subsidios suelen justificarse por la necesidad de garantizar un nivel adecuado de consumo a la población más vulnerable. Sin embargo, la mayoría de los análisis sobre los subsidios ignoran los diversos impuestos y tasas que se incluyen en las facturas de los servicios, aun cuando esos impuestos significan mayores precios y facturas totales. La falta de identificación, medición y análisis de las tipologías de impuestos y tasas fiscales cobradas en los servicios de infraestructura de la región es sorprendente. En América Latina hay una gran heterogeneidad entre los diferentes países, e incluso entre los niveles de ingreso. Los impuestos a la electricidad en la mayoría de los países son más altos que los impuestos a los servicios de agua. Si se toma como parámetro a España (un país que en América Latina y el Caribe suele utilizarse como referencia para los servicios de infraestructura), se observa que en la mayoría de los casos de la región los impuestos son más bajos (gráfico 13.4).

A la luz de los futuros cambios tecnológicos, los impuestos deben ser objeto de mayor atención por parte de los responsables de la toma de decisiones. Los impuestos a los servicios normalmente se han justificado por la baja elasticidad de la demanda, dado que los hogares no tienen otra

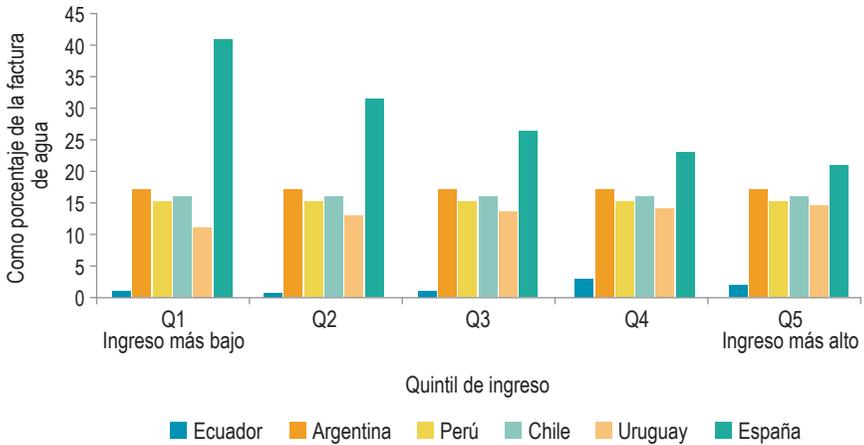
Gráfico 13.4
Impuestos y tasas como proporción de las facturas de electricidad y agua, por quintil de ingreso, 2018



(continúa en la página siguiente)

Gráfico 13.4

Impuestos y tasas como proporción de las facturas de electricidad y agua, por quintil de ingreso, 2018 *(continuación)*



Fuente: Pastor, Serebrisky y Suárez-Alemán (2018).

Nota: Las cantidades reportadas incluyen solo las tarifas fijas que no están relacionadas con el suministro del servicio. Por ejemplo, una tarifa destinada a financiar un departamento de bomberos.

opción que seguir consumiendo servicios. Sin embargo, al menos en el caso de la electricidad, los impuestos altos proporcionan incentivos para desconectarse de la red en un momento en que hay un número creciente de usuarios que pueden generar su propia electricidad (Navajas, 2018; Pastor, Serebrisky y Suárez-Alemán, 2018). A menos que los gobiernos y los reguladores consideren explícitamente las interacciones entre el impacto de los cambios tecnológicos y el efecto neto de las políticas fiscales en el sector, es poco probable que los cambios en la cantidad y en el tipo de productores y consumidores sean eficientes, justos o fiscalmente sostenibles.

Adhesión a tratados globales

Una adhesión más estrecha a los tratados globales puede contribuir a impulsar la adopción tecnológica, así como a mejorar la planificación y las regulaciones de la infraestructura. El acuerdo global más transformacional para proporcionar servicios de infraestructura es el Acuerdo de París, que implica un ambicioso compromiso para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en las próximas décadas (véase el capítulo 7). Los grandes cambios delineados en el acuerdo requieren que los países adopten una matriz de electricidad renovable y, simultáneamente, que electrifiquen todo lo posible la prestación de servicios de transporte y de tratamiento y distribución de aguas. Sin embargo, el cumplimiento también requiere

una modificación del comportamiento de los consumidores; por ejemplo, que adopten dispositivos más eficientes y reemplacen el uso del automóvil privado por el transporte público. Los tratados globales pueden funcionar como un sólido mecanismo de compromiso para que los reguladores promuevan la innovación y reduzcan las barreras para aumentar la competencia y adoptar nuevos modelos de negocios. Al nivel de la planificación, el Acuerdo de París puede contribuir a cambiar la manera en que se planifica la infraestructura y se seleccionan los proyectos. Lo que se requiere es desarrollar infraestructura sostenible, entendida como la inversión en activos de infraestructura que se planifican para tener en cuenta los impactos ambientales y sociales y, al mismo tiempo, producir retornos económicos para las futuras generaciones.³

Adaptar los instrumentos

La regulación explícita de los precios, los estándares de calidad y las obligaciones de inversión seguirán siendo los componentes más visibles de la caja de herramientas regulatorias. Las reglas regulatorias básicas, como ajustar la tasa de retorno permitida al costo de capital, detallar reglas explícitas para valorar los activos sujetos a explotación (*regulatory asset base*) y definir explícitamente metas de eficiencia, seguirán siendo cruciales para la efectividad de los procesos regulatorios. Las nuevas tecnologías, las nuevas oportunidades ofrecidas por la explosión de la disponibilidad de datos, la necesidad de mejorar la coordinación con los organismos ambientales para abordar cuestiones relacionadas con el cambio climático y la necesidad de lograr que los servicios regulados sean accesibles y asequibles para todos, exigen el desarrollo de nuevos instrumentos regulatorios (como el uso de herramientas conductuales) y esfuerzos para adaptar los instrumentos existentes.

Las tendencias descritas en este capítulo obligarán a los reguladores a repensar cómo utilizan los instrumentos regulatorios disponibles. La descentralización de los servicios de infraestructura planteará un desafío al financiamiento de las redes, que constituyen la columna vertebral de la provisión de servicios. La energía distribuida, el uso circular del agua o las alternativas de movilidad emergentes amenazan la dependencia del uso

³ BID (2019) define a la infraestructura sostenible como aquellos proyectos de infraestructura que se planifican, diseñan, construyen, gestionan y desmantelan de una manera que asegure la sostenibilidad económica, financiera, social, ambiental (incluida la resiliencia climática) e institucional a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

de las redes, su financiamiento y la sostenibilidad de los proveedores de servicios.

Los cambios más drásticos en los instrumentos se darán probablemente en los regímenes de fijación de precios. La estructura predominante de fijación de precios es incompatible con las disrupciones tecnológicas emergentes que están descentralizando la producción de servicios, sobre todo en la electricidad, a medida que los hogares y las industrias generan su propia energía. La estructura de precios tendrá que cambiar y el momento para que los reguladores actúen es ahora, porque los sistemas de electricidad distribuida y los sistemas descentralizados de agua están dando sus primeros pasos. La sostenibilidad de la provisión de servicios en los sectores de electricidad y de agua depende de la capacidad de los reguladores para garantizar que las redes de distribución estén financiadas adecuadamente. El recuadro 13.2 presenta los resultados de estudios recientes que calculan estructuras de fijación de precios compatibles con el surgimiento de la energía solar fotovoltaica como una opción competitiva en función del costo para que los hogares generen electricidad en Colombia y Argentina. Estos estudios muestran que si bien cambiar las estructuras de precios

Recuadro 13.2

El futuro de los precios de la electricidad

Las tarifas de electricidad en América Latina y el Caribe adoptan distintas formas, pero un rasgo común es que no exponen a los usuarios a precios que reflejan todos los costos de la provisión del servicio. Si no se proporcionan las señales de precio correctas, los usuarios pueden no hacer un uso adecuado de los servicios de electricidad. Esta dinámica puede darse de diversas maneras. Por ejemplo, precios fuertemente subsidiados promueven el sobreconsumo de electricidad; y cuando los grandes consumidores enfrentan altos precios por la electricidad podrían buscar soluciones para desconectarse de la red.

El sector eléctrico se enfrenta a una enorme transformación liderada por los costos exponencialmente decrecientes de las tecnologías de generación descentralizadas y por la digitalización de los servicios. A medida que generar electricidad en el hogar se abarata cada año, es previsible que proliferen los prosumidores. En este contexto, fijar precios de forma inadecuada crea dos incentivos perversos.

- a. Cuando el precio por kilovatio hora que paga el usuario es superior al costo marginal de producción, los hogares tienen mayores incentivos para convertirse en prosumidores e instalar paneles fotovoltaicos solares u otras tecnologías, aun cuando esa decisión no fuera óptima para el conjunto de la

sociedad (porque es bien posible que las granjas solares sean mucho más costo-eficientes para el sistema que la instalación de paneles en los hogares). Además, a medida que el número de prosumidores se incrementa, la capacidad para financiar la red se deteriora debido a una disminución de la electricidad demandada a las empresas distribuidoras.

- b. Cuando el precio del kilovatio-hora es superior al costo marginal de producción, los beneficios para los usuarios de la electricidad disminuyen, impidiéndoles realizar las inversiones necesarias para sustituir el uso de combustibles fósiles para el transporte, la calefacción o la cocina.

El primer incentivo perverso tiene importantes consecuencias en términos de la asequibilidad para los pobres y de recuperación de costos y, en general, para la supervivencia del sistema eléctrico tal como lo conocemos. Si los hogares de altos ingresos invierten cada vez más en nuevas tecnologías para producir electricidad por su cuenta y se vuelven cada vez más eficientes en su consumo, disminuirá su dependencia de la red eléctrica. El consumo de estos hogares asegura la recuperación de costos, dado que estos hogares suelen pagar tarifas más altas y financian subsidios cruzados para los hogares de bajos ingresos que se benefician de tarifas sociales. Con el actual esquema de precios y sin la participación de los hogares de altos ingresos, los hogares pobres tendrían que sostener los costos de la red por sí mismos y esta red no tendría el financiamiento suficiente.

El segundo incentivo perverso dificulta la transición rápida hacia la electrificación de los servicios de infraestructura, como la adopción de vehículos eléctricos, una transformación muy necesaria para cumplir con las metas de mitigación del Acuerdo de París (véase el capítulo 7).

Para evitar los incentivos perversos que crean los actuales esquemas de precios, los consumidores deberían pagar el costo marginal del suministro de electricidad, y que los costos restantes de brindar el servicio se cubran mediante una tarifa fija, independiente del nivel de consumo. Por lo tanto, la “tarifa social” debería consistir en la transferencia de un monto global (eventualmente bajo la forma de un descuento del costo fijo), condicional a un nivel de ingreso.

La dificultad de implementar un sistema óptimo de precios es triple: i) si el componente fijo de la tarifa es alto, para los hogares de bajo consumo la disposición a pagar puede ser menor que el precio óptimo; ii) los problemas distributivos pueden entrar en conflicto con los precios óptimos si no se implementan junto con transferencias monetarias para reducir la carga del componente fijo; y iii) la transición a este tipo de tarifas puede ser políticamente difícil, dado que muchos hogares podrían acabar en peores condiciones.

Dos estudios encargados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) proponen alternativas a la reforma de la estructura de precios de la electricidad en el sector residencial.

Urbiztondo, Navajas y Barril (2020) analizan quiénes serían los ganadores y perdedores en una transición de un régimen tarifario altamente subsidiado en el área metropolitana de Buenos Aires, Argentina, a un sistema en el que los usuarios pagan por la electricidad según la fijación de precios óptima descrita

más arriba. Para llevar a cabo este ejercicio, los autores establecieron una tarifa fija igual para todos los consumidores para cubrir los costos fijos (que se estima constituyen el 70% de los costos totales de la provisión del servicio) y fijar el precio por kilovatio-hora igual a su costo marginal de producción. Los resultados muestran que las tarifas reestructuradas de esta manera aumentan la factura promedio para los primeros siete deciles de ingreso, mientras que la factura promedio disminuye para los tres deciles más ricos (gráfico 13.2.1). Si bien el esquema propuesto ofrece incentivos para utilizar la electricidad de manera eficiente, una transición de este tipo es políticamente difícil, ya que la mayoría de los usuarios acaba pagando más y se empeoran los problemas de desigualdad. Para abordar este aspecto se propone un subsidio que cubra parte de los costos fijos de los tres deciles más bajos de la población a fin de evitar que sus facturas aumenten. Los autores observan que este subsidio nuevo costaría al gobierno un 30% menos (US\$50 millones al año) que lo que se gastó en subsidios a los hogares para el pago de electricidad en 2018 (US\$70 millones al año). Este resultado depende crucialmente de la definición de un mecanismo de focalización adecuado.

Gráfico 13.2.1
Cambio promedio de la factura de electricidad de los hogares con un nuevo sistema de precios en Buenos Aires, Argentina, 2018



Fuente: Basado en Urbiztondo, Navajas y Barril (2020).

McRae y Wolak (2020) proponen una solución para el problema de la desigualdad en Colombia ocasionado por el cambio en las tarifas. Como en el ejercicio de Argentina, los autores empezaron por llevar a cabo una simulación estableciendo una tarifa fija que equivale a US\$5 para todos los hogares (un nivel que cubriría los costos de las empresas distribuidoras), y el precio del kilovatio-hora igual al costo marginal, calculado como el precio mayorista de la electricidad sin subsidios. El gráfico 13.2.2 muestra que los hogares del primer decil pierden cerca de US\$9 cada mes y que todos los demás deciles empeoran,

Gráfico 13.2.2

Cambio promedio en la factura de electricidad de los hogares con un sistema de precios eficiente (sin mecanismo de compensación) en Colombia, 2018



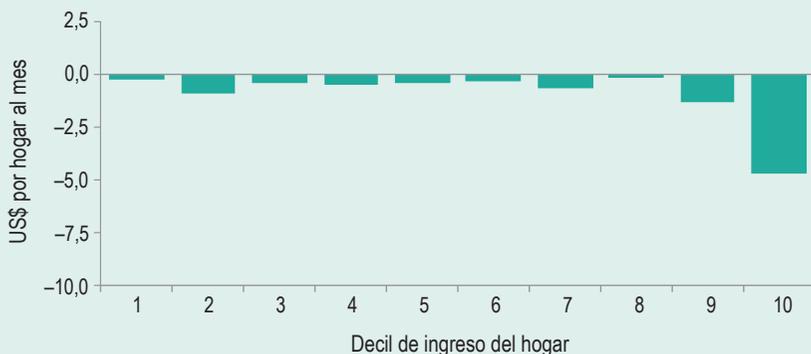
Fuente: McRae y Wolak (2019).

a excepción de los más ricos en el décimo decil, que mejora en alrededor de US\$3. De la misma manera, advierten que es poco probable que la transición a una tarifa óptima de dos partes sea políticamente viable.

Para superar esta limitación, los autores proponen establecer la tarifa fija igual a la disposición a pagar prevista de cada hogar (basándose en características observables de la vivienda ya disponibles para las autoridades), a menos que el hogar reciba un seguro de salud públicamente subsidiado, en cuyo caso establecen la tarifa fija en cero. El gráfico 13.2.3 muestra que en

Gráfico 13.2.3

Cambio promedio en la factura de electricidad de los hogares con un sistema de precios eficiente (con mecanismo de compensación) en Colombia, 2018



Fuente: McRae y Wolak (2020).

ese caso los hogares de todos los deciles mejoran. Por lo tanto, es posible implementar una estructura de precios óptima gracias a la cual ningún hogar se ve perjudicado.

Estos estudios ponen de relieve la importancia de contar con mecanismos adecuadamente focalizados para implementar estructuras de precios compatibles con los futuros cambios tecnológicos en el suministro de electricidad.

actuales para adoptar una nueva con costos fijos más altos es eficiente para la organización del sector, puede impactar de diferentes formas en los distintos grupos de consumidores de acuerdo con su ingreso; si eso no se aborda de manera apropiada, podría aumentar la desigualdad.

Psicología y regulación: aprovechar al máximo las herramientas conductuales

Las intervenciones conductuales están surgiendo como un complemento de las herramientas regulatorias tradicionales, como precios, subsidios y estándares de calidad. Los instrumentos tradicionales no siempre han alentado a los consumidores a actuar según su propio interés o alineados con objetivos sociales. El diagnóstico de múltiples sectores (OCDE, 2017b) indica que los consumidores no siempre adoptan la conducta que más les beneficia, como utilizar bombillas que economicen electricidad o modos de transporte no motorizados que permiten ahorrar tiempo. Los reguladores de infraestructura de América Latina y el Caribe tienen por delante un camino largo pero prometedor para diseñar e implementar intervenciones conductuales.

Los economistas conductuales han desarrollado diversos métodos para identificar, analizar y utilizar sesgos psicológicos para diseñar políticas, entre ellas, políticas regulatorias. En pocas palabras, estas intervenciones conductuales consisten en dar un “empujoncito” (*nudge*) a los consumidores para que tomen la decisión que más les conviene, sin otorgar incentivos de ingresos o relacionados con los precios. Como dar estos incentivos es sencillo y tiene bajos costos administrativos, estas intervenciones suelen tener una cobertura positiva en los medios, lo cual facilita la obtención de apoyo político. El cuadro 13.2 define los sesgos conductuales pertinentes para los servicios de infraestructura y algunas intervenciones para reducir o eliminar los sesgos identificados.

América Latina y el Caribe tiene un margen importante para adoptar intervenciones conductuales para mejorar la efectividad de la regulación. Muchos países han hecho experimentos en educación, salud, jubilaciones



Cuadro 13.2

Intervenciones conductuales en los servicios de infraestructura

Sesgo psicológico	Intervenciones (empujones)
<i>Efecto de encuadre: Llegar a diferentes conclusiones dependiendo de cómo se presenta la información.</i>	Usar un lenguaje positivo y referirse a los beneficios. Ejemplo: Incluir una cara alegre cuando se conserva la electricidad o el agua.
<i>Sesgo satisfactorio/Sobrecarga cognitiva: Ejercer esfuerzos para alcanzar un resultado satisfactorio en lugar del resultado óptimo.</i>	Promover las acciones deseadas usando una fuente confiable y facilitar dichas acciones utilizando las nuevas tecnologías. Ejemplo: Enviar recordatorios para apagar los electrodomésticos mediante una aplicación; ofrecer sugerencias de itinerarios óptimos que combinan viajes en transporte público motorizados y no motorizados.
<i>Statu quo, inercia y anclaje: Resistir el cambio o aplazar la toma de una decisión.</i>	Determinar la opción predefinida de forma que esté alineada con el comportamiento óptimo. Ejemplo: Poner las lavadoras en ciclos cortos o apagar los calentadores de agua durante la noche.
<i>Efecto de costos hundidos: Fijación irracional en recuperar pérdidas en las que ya se ha incurrido.</i>	Reducir la prominencia de los costos ya incurridos y resaltar los retornos futuros de la inversión. Ejemplo: Bonos de devolución de efectivo por modernizar los electrodomésticos del hogar.
<i>Aversión a las pérdidas: Ponderar de manera más fuerte las pérdidas que las ganancias de igual tamaño.</i>	Presentar los mensajes en términos de las pérdidas evitadas. Ejemplo: Presentar los montos que representan las fugas de agua o la importancia de la multa por no pagar en el transporte público.
<i>Normas sociales, comparaciones y reciprocidad: Las personas son influenciadas por el comportamiento de otros.</i>	Presentar los ahorros de energía como socialmente deseables y centrarse en grupos sociales cercanos al individuo. Ejemplo: Datta et al. (2015) muestran que la comparación social del consumo de agua con el promedio del barrio redujo el consumo entre 3,4% y 5,6% en Costa Rica. Una intervención similar en Colombia redujo el consumo un 6,8% (Jaime y Carlson, 2016).
<i>Prominencia: La probabilidad de los eventos se evalúa teniendo en cuenta los acontecimientos que se recuerdan más fácilmente.</i>	Utilizar información reciente, frecuente o emocionalmente significativa para transmitir un mensaje. Ejemplo: Gilbert y Zivin (2014) observan que el consumo diario promedio de electricidad disminuyó entre un 0,6% y un 1% en la primera semana después de recibir una factura con información sobre cómo reducir el consumo.

y recaudación tributaria, pero se han realizado pocos en infraestructura, al menos en una escala lo suficientemente significativa para ser estadísticamente robusta y, por lo tanto, relevante. Nemati y Penn (2018) efectuaron un meta-análisis de 117 intervenciones conductuales para reducir el consumo residencial de electricidad, gas natural y agua, y reportaron solo cuatro intervenciones de este tipo en América Latina y el Caribe. Este puede ser el momento adecuado para que los reguladores de infraestructura de la región se sumen a las iniciativas de sus colegas en otros sectores. Esto exigiría inicialmente pruebas para afinar el diseño y la focalización de

las herramientas. Y, una vez que se haya elegido el diseño específico de las nuevas herramientas, podría ser útil introducir cambios legales y administrativos para acomodar la adopción de los nuevos instrumentos en el marco regulatorio general.

Adaptar las instituciones

La arquitectura regulatoria formal en América Latina y el Caribe muestra gran variedad. En la mayoría de los países, las funciones normativas son realizadas por organismos regulatorios separados de los ministerios. Sin embargo, mientras algunos países tienen agencias regulatorias específicas para cada servicio, otros han optado por organismos multisectoriales, una fórmula que suele ser adoptada por gobiernos subnacionales más pequeños.

El aumento exponencial del uso de datos posibilitado por la digitalización, junto con tecnologías que facilitan la prestación descentralizada de servicios, está borrando las fronteras regulatorias. El capítulo 9 documenta cómo la electricidad está cada vez más interrelacionada con el transporte, el agua y las telecomunicaciones. Por ejemplo, los vehículos eléctricos además de brindar movilidad van a tener un rol cada vez más importante como demandantes de electricidad e incluso como actores para dar servicios de almacenamiento de energía. La manera en que se regulen el almacenamiento y los flujos de electricidad (en términos tanto de precio como de calidad) ayudará a decidir cuán rápidamente se adopten los vehículos eléctricos, lo que a su vez tendrá un impacto en las necesidades de inversión de la red. Esta interacción exige coordinar la regulación, la planificación integrada, el diseño de instrumentos y las evaluaciones de impacto.

Remodelar los organismos

Los organismos regulatorios tienen que adaptarse para responder al papel cada vez más importante de la digitalización y la gestión de datos. Dado que los datos suelen ser suministrados y manejados por empresas sujetas a las normas del regulador de telecomunicaciones pero acaban siendo utilizados por los reguladores de la electricidad, el transporte o el agua, la división de los mandatos se vuelve borrosa. Y en la medida en que la gestión de datos se externalice en empresas que compiten en el mercado de datos, los problemas de competencia pueden sumarse a la complejidad de los ajustes regulatorios institucionales requeridos para lidiar con la gestión de la información en los servicios de infraestructura.

La naturaleza intersectorial de la digitalización explica por qué la colaboración entre las instituciones regulatorias se ha vuelto más importante que nunca. También sugiere que, entre los cambios institucionales requeridos, podría ser necesario reasignar los mandatos entre diferentes instituciones. Las opciones incluyen la posibilidad de fusionar organismos sectoriales (un proceso que ya ha empezado en el sector financiero); asignarle al organismo de defensa de la competencia la autoridad sobre todos los asuntos relacionados con los datos; o la creación de un regulador de datos independiente. La solución más deseable dependerá del contexto de cada país y tendrá en cuenta la capacidad técnica y los riesgos de reversiones políticas de las decisiones. La importancia de ajustar los contextos institucionales con estas dimensiones puede ser una de las lecciones más subestimadas del gran volumen de renegociaciones de contratos —casi el 70% de todos los contratos de concesión de infraestructura— en los últimos 20 años (Guasch et al., 2016).

Repensar la rendición de cuentas de los reguladores

La rápida disrupción tecnológica que se prevé que reconfigurará la provisión de servicios requerirá reguladores más dinámicos, más allá de la forma que adopten las instituciones. La regulación tiene que convertirse en un proceso dinámico y permanente que adapte y promueva las nuevas tecnologías y asegure la credibilidad del regulador. Entretanto, los reguladores tendrán que cambiar sus procesos para empoderar a los consumidores (no solo protegerlos) y tratarlos como actores activos, sobre todo en los mercados de la energía. La existencia de reguladores formales no será suficiente para asegurar que la regulación sea adecuada y efectiva. Se requerirán instituciones dinámicas y creativas para iniciar un proceso de evolución regulatoria a partir de los siguientes pilares:

- ***Invertir en capacidad técnica.*** La construcción de capacidades y la capacitación continua informan sobre las mejores prácticas y las tendencias de innovación, y permiten la identificación temprana de problemas regulatorios clave. También favorecen el desarrollo de soluciones a medida, innovadoras y efectivas para acelerar el progreso tecnológico. Por ejemplo, la inteligencia artificial puede predecir fallas y pronosticar necesidades de mantenimiento preventivo en las redes de electricidad, mejorando así la calidad de los servicios.
- ***Basarse en evaluaciones de impacto regulatorias ex ante.*** Una vez definidas las soluciones para un problema regulatorio, los

reguladores deben llevar a cabo evaluaciones cualitativas y cuantitativas de las alternativas. Deben generar evaluaciones de costo-beneficio y tener en cuenta los impactos a corto y largo plazo, así como las consecuencias de la solución propuesta para los actores interesados, con el fin de idear la solución que mejor se adapte para reducir el riesgo de falla regulatoria. Es importante que los reguladores recurran a enfoques empíricos basados en datos para mejorar estas evaluaciones.

- **Utilizar planes piloto regulatorios (espacios de experimentación regulatoria [sandboxes]) para probar normas innovadoras.** Debido a las múltiples fuentes de cambios que estimulan la demanda de regulaciones, los datos de los experimentos deberían recopilarse y probarse para permitir cambios regulatorios más amplios sobre bases más adecuadas y bien fundamentadas, y para reducir los riesgos de adaptaciones regulatorias políticas y sociales costosas. Los espacios de experimentación regulatoria son contextos controlados donde los reguladores pueden asociarse con proveedores de servicios para probar nuevos servicios y modelos de negocios sin tener que cumplir con las regulaciones existentes, que pueden volverse rápidamente obsoletas debido a tecnologías en constante cambio. Un ejemplo sería utilizar una zona de una ciudad para probar automóviles autónomos.
- **Realizar evaluaciones ex post del desempeño regulatorio.** El monitoreo del desempeño regulatorio y el aprendizaje de la experiencia de manera analítica y estructurada puede asegurar una identificación temprana de los impactos potenciales de la innovación. Esto ayuda al regulador a ajustar y corregir las intervenciones normativas para mitigar riesgos. Esto se ha hecho en parte, a menudo de manera informal, a través de redes regulatorias. Para que las evaluaciones ex post sean efectivas, es necesario generar y analizar datos. También es importante involucrar al mundo académico y a *think tanks* en el proceso de evaluación, y estimular una cultura más abierta y transparente en la regulación de los servicios.
- **Formalizar el monitoreo institucional del uso de datos.** Independientemente de cuál sea el mecanismo institucional que mejor responda a los cambios motivados por el fuerte incremento en los datos, una de las decisiones básicas que se debe adoptar cuando el consumo produce nuevos datos es evaluar cuántos de estos datos se pueden convertir en fuente de rentas para el proveedor de servicios. La respuesta a esta pregunta subyace a la opción entre un enfoque de “opt-in” o de “opt-out” de la autorización de

los consumidores para el uso de datos. Los programas “opt-in” ofrecen la máxima protección, y son los que prefieren una buena parte de los usuarios, dado que requieren una autorización específica del cliente para compartir datos. En cambio, la mayoría de las empresas prefiere los programas “opt-out” porque les permiten recopilar datos que se pueden utilizar para la fijación de precios y focalización del servicio con el fin de maximizar ganancias.

- **Considerar el alcance de auditorías independientes de las decisiones regulatorias.** Las decisiones de los organismos regulatorios suelen ser recurribles legalmente. Más allá de los procesos normativos establecidos para garantizar la justicia de las decisiones regulatorias, el análisis por parte de centros nacionales de conocimiento experto sobre infraestructura presenta otro nivel de rendición de cuentas. Estas instituciones, descritas en el capítulo 2 y bien establecidas en Australia y el Reino Unido, proporcionan información valiosa a los reguladores para identificar tendencias y necesidades y podrían convertirse en actores clave en la arquitectura regulatoria.

La construcción de una nueva arquitectura regulatoria

Este libro destaca las importantes oportunidades para mejorar la calidad de los servicios, para estimular inversiones mayores y más sostenibles y para que los servicios sean más accesibles y asequibles para aquellos que más los necesitan en América Latina y el Caribe. Sin embargo, no es suficiente definir las reformas requeridas para que las oportunidades se conviertan en realidad. El proceso para adaptar las políticas regulatorias, las instituciones y los instrumentos es fundamental. Subestimar los desafíos de la transición asociados con las reformas es uno de los motivos por los que las regulaciones y las instituciones regulatorias han generado decepción con más frecuencia de lo esperado desde la década de 1990 (Estache, 2020). El gran número de renegociaciones de contratos y de casos de arbitraje internacional sugiere que los reformadores juzgaron mal la relevancia de los contextos específicos del país y de los sectores.

Gestionar las transiciones requiere involucrar a todos los actores relevantes

Muchos gobiernos han realizado esfuerzos para abordar algunas de sus limitaciones institucionales locales. Por ejemplo, desde 2017, como consecuencia del caso Odebrecht, un número creciente de países ha creado comisiones

para realizar un seguimiento de las debilidades de los procesos regulatorios y de contratación pública y adquisiciones. Al mismo tiempo, los cambios estructurales en el funcionamiento de los mercados regulados de infraestructura, como el creciente papel de la contratación electrónica y las oportunidades ofrecidas por la revolución digital, están creando un flujo sostenido de nuevas demandas de regulación. Por ello, son esenciales la velocidad del ajuste de la regulación y la flexibilidad para adaptarse. Los mercados y las sociedades están cambiando rápidamente; para acompañar este proceso, los reguladores tienen que ponerse al día con la mayor celeridad posible y ofrecer a la vez un marco confiable, predecible y justo para inducir resultados que defiendan los intereses de todos los actores interesados.

Los nuevos actores, ya sea en el lado financiero, de la producción o del consumo del mercado, exigen medidas para transformar la arquitectura regulatoria. Los reguladores de América Latina y el Caribe tienen una oportunidad para aprender de experiencias dentro y fuera de la región. Hay una necesidad evidente de ajustar la regulación para tener en cuenta el surgimiento de nuevos agentes tan diferentes como inversionistas institucionales, nuevos proveedores locales de servicios digitales, nuevos usuarios o productores, o sencillamente nuevos proveedores pequeños de servicios locales que desean competir con los grandes operadores extranjeros tradicionales. Además, la evolución de las formas en que la sociedad civil expresa sus preocupaciones respecto del comportamiento de los proveedores de servicios o respecto de las decisiones regulatorias que discriminan a algunos grupos de usuarios también está cambiando la manera en que deben implementarse las reformas. Las redes sociales están aumentando de facto el número de actores interesados, porque permiten una veloz movilización de personas o grupos. Este volumen más grande y más alto de voces a menudo ha producido información útil para los reguladores. Los medios de comunicación procesan gran parte de esta información con mayor rapidez que los reguladores, lo que obliga a adaptar los procesos de decisión que llevan a cambios en el marco regulatorio.

A menos que los gobiernos de América Latina ajusten progresivamente su regulación de manera más sistemática para anticipar y abordar el impacto de estos nuevos actores en el funcionamiento de los mercados, es poco probable que cumplan con sus promesas de mejorar la cantidad, calidad y asequibilidad del servicio.

No perder el tren

Los servicios de infraestructura están cambiando a una velocidad vertiginosa. Para aprovechar al máximo las oportunidades de adaptarse

positiva y oportunamente, los gobiernos tendrán que gestionar la transición mucho más sistemáticamente de lo que lo han hecho hasta ahora. Por el momento, ningún país ha adoptado un enfoque sistemático para gestionar activamente y de manera realista la próxima ola de reformas regulatorias. Además, no hay directrices de política general para dirigir la transición desde la antigua regulación a la nueva sobre la base de la experiencia internacional para estructurar la gestión del cambio. Sin embargo, una buena manera de empezar es llevar a cabo diagnósticos detallados específicos de cada servicio equivalentes a los realizados en la década de 1990 y a comienzos de la década de 2000. Estos diagnósticos son necesarios para asegurar que los cuellos de botella físicos, institucionales y financieros, así como las oportunidades, estén claramente definidos en cada país.

Los mercados de servicios de infraestructura y sus contextos económicos, financieros, sociales y tecnológicos han cambiado tanto en los últimos 10 a 15 años que un buen lugar para comenzar es hacer un ejercicio de inventario. Los diagnósticos de las condiciones iniciales constituyen la base de cualquier plan de acción y determinan el diseño y la programación de la transición en el tiempo. Tienen que asimilar la evolución de la tecnología, de las fuentes de financiamiento y de las presiones sociales. Deben identificar la evolución del número y del tipo de actores interesados locales e internacionales que contribuyen, o que podrían contribuir, al financiamiento de las operaciones del sector, así como de aquellos capaces de colaborar con el diseño, la implementación y el cumplimiento de la regulación. Por último, tienen que dar cuenta de los riesgos y barreras del nuevo contexto de negocios local y global en el que operan las industrias reguladas.

Estos diagnósticos permitirán que los instrumentos regulatorios estén mejor ajustados a las capacidades institucionales. Así, se podrá desarrollar un calendario realista para ejecutar reformas que a menudo serán diferentes según los países y los sectores dentro de los países. Es probable que los reguladores sigan rezagados en relación con las empresas reguladas en cuanto a su capacidad para aprovechar al máximo un contexto cambiante. Sin embargo, tienen que actualizar su capacidad para medir e identificar las herramientas con el fin de cerrar la brecha para que sea posible mejorar los servicios de infraestructura.

En la mayoría de los países, un camino posible para iniciar las reformas consiste en experimentar con cambios regulatorios a pequeña escala antes de adoptar cambios a gran escala. Los enfoques de planes piloto focalizados o de espacios de experimentación regulatoria para probar ajustes forman parte del proceso de transición necesario.

En resumen, los gobiernos de la región tienen la oportunidad de aprovechar al máximo la transformación de los servicios, de evitar algunas de las fallas de las prácticas regulatorias pasadas y de sacar provecho de las muchas oportunidades que existen para mejorar. Para esto es preciso actualizar políticas regulatorias, instituciones e instrumentos. También se requiere una buena dosis de humildad para reconocer que nadie tiene una solución prefabricada que pueda adaptarse adecuadamente a contextos en constante cambio. Esto, a su vez, exige una cultura de evaluación permanente, voluntad para probar y medir el impacto de las opciones y acciones y capacidad para realizar consultas abiertas y eficaces con los consumidores, los proveedores de servicios y otros actores interesados.

A medida que América Latina y el Caribe pasa rápidamente de las estructuras a los servicios, los reguladores deben actuar ahora para no perder el tren y seguir el camino correcto hacia una mejor infraestructura en la región.

Referencias bibliográficas

- 5G Americas. 2019. "Espectro en América Latina y el Caribe para 5G: bandas medias y altas". 5G Americas, Bellevue, WA. Disponible en <https://brechacero.com/wp-content/uploads/2019/05/Bandas-medias-y-altas-ES-FINAL.pdf>. Consultado en marzo de 2020.
- ABD (Americas Business Dialogue). 2018. "Action for Growth: Policy Recommendations and 2018-2021 Action Plan for Growth in the Americas." Informe. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Disponible en <https://publications.iadb.org/en/action-growth-policy-recommendations-and-2018-2021-action-plan-growth-americas>. Consultado en marzo de 2020.
- Abildtrup, J., S. García y A. Stenger. 2013. "The Effect of Forest Land Use on the Cost of Drinking Water Supply: A Spatial Econometric Analysis." *Ecological Economics* 92: 126-136.
- Abkowitz, M., A. Jones, L. Dundon y J. Camp. 2017. "Performing a Regional Transportation Asset Extreme Weather Vulnerability Assessment." *Transportation Research Procedia* 25(2017): 4422-37.
- Acemoglu, D. 2002. "Technical Change, Inequality and the Labor Market." *Journal of Economic Literature* 40(1) marzo: 7-72.
- Acevedo, M. C., E. Borensztein y J. Lennon. 2019. "Development Gaps: Methodological Innovations and Inclusion of Private Sector Indicators." Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Disponible en <https://www.idbinvest.org/en/publications/report-development-gaps-methodological-innovations-and-inclusion-private-sector>. Consultado en enero de 2020.
- ACNUDH (Oficina del Alto Comisionado de Derechos Humanos de las Naciones Unidas)/UN-Habitat (Programa de las Naciones Unidas de Asentamientos Humanos)/OMS (Organización Mundial de la Salud). 2010. "The Right to Water." Hoja informativa no. 35. OHCHR, Ginebra. Disponible en <https://www.ohchr.org/documents/publications/factsheet35en.pdf>. Consultado en abril de 2020.

- Administración de Información Energética de Estados Unidos. 2018. "Autonomous Vehicles: Uncertainties and Energy Implications." Informe. Departamento de Energía de Estados Unidos, Washington, DC.
- . 2019. "Annual Energy Outlook 2019 with Projections to 2050." Informe. Departamento de Energía de Estados Unidos, Washington, DC. Disponible en <https://www.eia.gov/outlooks/archive/aeo19/>. Consultado en marzo de 2020.
- Aghion, P., U. Akcigit, A. Bergeaud, R. Blundell y D. Hemous. 2019. "Innovation and Top Income Inequality." *Review of Economic Studies* 86(1) enero: 1–45.
- Aghion, P., A. Bergeaud, R. Blundell y R. Griffith. 2019. "The Innovation Premium to Soft Skills in Low-Skilled Occupations." Documento de trabajo no. 739. Banque de France, París.
- Aguas Andinas. 2015. "Reporte de Sustentabilidad 2015: Un Compromiso Que Fluye". Informe. Aguas Andinas, Santiago de Chile. Disponible en <https://www.iam.cl/-/media/Files/1/iam-Corp/sustainability-reports/es/aguas-andinas-reporte-sustentabilidad-2015.pdf>. Consultado en abril de 2020.
- Aguilar-Barajas, I. 2015. "Water, Cities and Sustainable Development: Setting the Scene." En: Aguilar-Barajas, J. Mahlknecht, J. Kaledin, M. Kjellén y A. Mejía-Betancourt, eds., *Water and Cities in Latin America: Challenges for Sustainable Development*. Londres y Nueva York: Routledge.
- Ahsan, K. y I. Gunawan. 2010. "Analysis of Cost and Schedule Performance of International Development Projects." *International Journal of Project Management* 28(1) enero: 68–78.
- Ahumada, H. y F. Navajas. 2019. "Productivity Growth and Infrastructure-Related Sectors." Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- AIE (Agencia Internacional de la Energía). 2014. *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency: A Guide to Quantifying the Value Added*. París: AIE.
- . 2017. "Digitization and Energy." París: AIE. Disponible en <https://www.iea.org/digital/>.
- . 2019a. "Challenges and Solutions for EV Deployment." En: *Global EV Outlook 2019: Scaling-up the Transition to Electric Mobility*. París: Publicación de la OCDE.
- . 2019b. *Global EV Outlook 2019: Scaling-up the Transition to Electric Mobility*. París: Publicación de la OCDE.
- . 2019c. "Renewables 2019: Market Analysis and Forecast from 2019 to 2024." Informe. AIE, París. Disponible en <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>. Consultado en marzo de 2020.

- . 2019d. *World Energy Outlook 2019*. París: Publicación de la OCDE.
- Alberti, J. 2019. *Planning and Appraisal Recommendations for Megaproject Success*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Allcott, H. 2011. "Social Norms and Energy Conservation." *Journal of Public Economics* 95(9-10) octubre: 1082-95.
- Alongi, D. M. 2008. "Mangrove Forests: Resilience, Protection from Tsunamis, and Responses to Global Climate Change." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76(1):1-13.
- Altafin, I. 2020. "Innovaciones en el desarrollo e implementación de humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales domésticas". Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. De próxima publicación.
- Álvarez-Espinosa, A. C., D. A. Ordóñez, A. Nieto, W. Wills, G. Romero, S. L. Calderón, G. Hernández, R. Argüello y R. Delgado-Cadena. 2017. "Evaluación económica de los compromisos de Colombia en el marco de COP21". *Revista Desarrollo y Sociedad* 79 (julio-diciembre): 15-54.
- Álvarez Prado, L. 2015. "Rural Water Sustainability in Latin America and the Caribbean: The Sanitation Boards in Paraguay." Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Andersen, E. S. 2002. "Railroadization as Schumpeter's Standard Case: An Evolutionary-Ecological Account." *Industry and Innovation* 9(1-2): 41-78.
- Anderson, J. M., N. Kalra, K. D. Stanley, P. Sorensen, C. Samaras y T. A. Oluwatola. 2014. "Autonomous Vehicle Technology: How to Best Realize Its Social Benefits." Research brief. RAND Corporation, Santa Mónica, CA.
- Anderson, R. 2018. "Municipal Procurement: Competitive Bidding for Pipes Demonstrates Significant Local Cost-Savings." Washington, DC: Conferencia de Alcaldes de Estados Unidos.
- Andess (Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios A.G.). 2018. "Reporte de la industria del agua urbana en Chile 2017". Andess, Santiago de Chile. Disponible en <https://www.andess.cl/wp-content/uploads/2018/08/Reporte-Andess-2017.pdf>. Consultado en marzo de 2020.
- ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia). 2016. "Informe ejecutivo: piloto de cargue y descargue nocturno en empresas de la ciudad de Bogotá". Informe. ANDI, Bogotá. Disponible en <http://www.andi.com.co/Uploads/Informe%20Ejecutivo%20Piloto%20CD%20Nocturno.pdf>. Consultado en marzo de 2020.
- Andrade, R. 2011. "Economic Impact of the 2007 Earthquake in the Water and Sanitation Sector in Four Provinces of Peru: What Did

- Unpreparedness Cost the Country?” Documento técnico. Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, Washington, DC.
- Andrés, L.A., J. Schwartz. y J.L. Guasch. 2013. *Uncovering the Drivers of Utility Performance. Lessons from Latin America and the Caribbean on the Role of the Private Sector, Regulation and Governance in the Power, Water and Telecommunication Sectors*. Washington, DC: Banco Mundial.
- Aranha, A. y L. Rocha. 2019. “‘Coquetel’ com 27 Agrotóxicos Foi Achado na Água de 1 em Cada 4 Municípios”. *Repórter Brasil*. Disponible en <https://reporterbrasil.org.br/2019/04/coquetel-com-27-agrotoxicos-foi-achado-na-agua-de-1-em-cada-4-municipios/>.
- Arbib, J. y T. Seba. 2017. *Rethinking Transportation 2020–2030: The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries*. RethinkX Sector Disruption Series. San Francisco, CA y Londres: RethinkX.
- Ardanaz, M. y A. Izquierdo. 2017. “Current Expenditure Upswings in Good Times and Capital Expenditure Downswings in Bad Times? New Evidence from Developing Countries.” Documento de trabajo del BID no. 838. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Arezki, R., P. Bolton, S. Peters, F. Samama y J. Stiglitz. 2016. “From Global Savings Glut to Financing Infrastructure: The Advent of Investment Platforms.” Documento de trabajo del FMI WP/16/18. Washington, DC: Fondo Monetario Internacional.
- Arias, L., J. Rud y C. A. Ruzzier. 2019. “The Regulation of Public Utilities of the Future in Latin America and the Caribbean (LAC): Water and Sanitation Sector.” Nota técnica IDB-TN-1678. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Arias, M. E. y M. T. Brown. 2009. “Feasibility of Using Constructed Treatment Wetlands for Municipal Wastewater Treatment in the Bogotá Savannah, Colombia.” *Ecological Engineering* 35(7): 1070–1078.
- Arkema, K. K., R. Griffin, S. Maldonado, J. Silver, J. Suckale y A.D. Guerry. 2017. “Linking Social, Ecological y Physical Science to Advance Natural and Nature-Based Protection for Coastal Communities.” *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1399(1), 5–26.
- Ashraf, N., E. L. Glaeser y G. A. M. Ponzetto. 2016. “Infrastructure, Incentives y Institutions.” *American Economic Review* 106(5) mayo: 77–82.
- Audoly, R., A. Vogt-Schilb, C. Guivarch y A. Pfeiffer. 2018. “Pathways toward Zero-Carbon Electricity Required for Climate Stabilization.” *Applied Energy* 225 (septiembre): 884–901.
- Axelsen, C. y M. R. Larsen. 2014. “Blue Spot Analysis: A Key Component in the Climate Adaptation of Major Danish Roads.” Documento presentado

- en la Conferencia de Transport Research Arena (TRA), Transport Solutions: From Research to Deployment, 14-17 de abril, París.
- Baghai, P., O. Erzan y J.-H. Kwak. 2015. "The \$64 Trillion Question: Convergence in Asset Management." McKinsey and Company, Nueva York, NY. Disponible en <http://www.mckinsey.com/industries/private-equity-and-principal-investors/our-insights/the-64-trillion-question>. Consultado en febrero de 2020.
- Bain, R., R. Johnston, F. Mitis, C. Chatterley y T. Slaymaker. 2018. "Establishing Sustainable Development Goal Baselines for Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene Services." *Water* 10(12), <https://doi.org/10.3390/w10121711>.
- Balcázar, C. 2012. "Resilient Infrastructure for Sustainable Services: Latin America: Mainstreaming of Disaster Risk Management in the Water Supply and Sanitation Sector." Programa de Agua y Saneamiento, Banco Mundial, Washington, DC.
- Balding, M., T. Whinery, E. Leshner y E. Womeldorff. 2019. "Estimated TNC Share of VMT in Six US Metropolitan Regions (Revision 1)." Memorandum to Lyft and Uber. Fehr and Peers, Washington, DC. Disponible en https://issuu.com/fehrandpeers/docs/tnc_vmt_findings_memo_08.06.2019. Consultado en marzo de 2020.
- Balmford, A., P. Gravestock, N. Hockley, C. J. McClean y C. M. Roberts. 2004. "The Worldwide Costs of Marine Protected Areas." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101(26): 9694-9697.
- Bancalari, A. 2019. "Can White Elephants Kill? Unintended Consequences of Infrastructure Development in Peru." Documento sobre el mercado de trabajo. London School of Economics and Political Science, Londres. Disponible en <http://www.lse.ac.uk/economics/Assets/Documents/job-market-candidates-2019-2020/BancalariJMP.pdf>. Consultado en abril de 2020.
- Banco Mundial. 2012. *FONDEN: Mexico's Natural Disaster Fund: A Review*. Washington, DC: Banco Mundial.
- . 2013. "Value-for-Money Analysis: Practices and Challenges: How Governments Choose When to Use PPP to Deliver Public Infrastructure and Services." Washington, DC: Banco Mundial.
- . 2014a. *Corporate Governance of State-Owned Enterprises in Latin America: Current Trends and Country Cases*. Washington, DC: Banco Mundial.
- . 2014b. *Turn down the Heat: Confronting the New Climate Normal*. Washington, DC: Banco Mundial.
- . 2016. *Managing Coasts with Natural Solutions: Guidelines for Measuring and Valuing the Coastal Protection Services of Mangroves and*

- Coral Reefs: Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services Partnership (WAVES)*. Washington, DC: Banco Mundial.
- . 2018. “Mobilization of Private Finance by Multilateral Development Banks and Development Finance Institutions 2017.” Washington, DC: Banco Mundial.
- . 2019. “From Waste to Resource: Shifting Paradigms for Smarter Wastewater Interventions in Latin America and the Caribbean.” Informe. Banco Mundial, Washington, DC. Disponible en <http://documents.worldbank.org/curated/en/151321564553997465/From-Waste-to-Resource-Shifting-paradigms-for-smarter-wastewater-interventions-in-Latin-America-and-the-Caribbean>. Consultado en abril de 2020.
- Bandeira, R. A. M., G. V. Goes, D. N. S. Gonçalves, M. A. D’Agosto y C. M. Oliveira. 2019. “Electric Vehicles in the Last Mile of Urban Freight Transportation: A Sustainability Assessment of Postal Deliveries in Rio de Janeiro-Brazil.” *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 67 (febrero): 491-502.
- Banting, D., D. Hitesh, J. Li y P. Missios. 2005. “Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto.” Toronto, Canadá: Ryerson University.
- Barandiarán, M., M. Esquivel, S. Lacambra, G. Suárez y D. Zuloaga. 2019. “Disaster and Climate Change Risk Assessment Methodology for IDB Projects: A Technical Reference Document for IDB Project Teams.” Nota técnica del BID no. 1771. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Barbier, E. B., 2007. “Valuing Ecosystem Services as Productive Inputs.” *Economic Policy* 22(49): 178-229.
- Barril, D. y F. Navajas. 2015. “Natural Gas Supply Behavior under Interventionism: The Case of Argentina.” *Energy Journal* 36(4) octubre: 23-39.
- BASeD (Banco Asiático de Desarrollo). 2019. “New Facility to Mobilize \$1 Billion for ASEAN Green Infrastructure.” Disponible en <https://www.adb.org/news/new-facility-mobilize-1-billion-asean-green-infrastructure>. Consultado en enero de 2020.
- Bayraktarov, E., M. I. Saunders, S. Abdullah, M. Mills, J. Beher, H. P. Possingham, P.J. Mumby y C. E. Lovelock. 2016. “The Cost and Feasibility of Marine Coastal Restoration.” *Ecological Applications* 26(4): 1055-1074.
- Beck, M. W., I. J. Losada, P. Menéndez, B. G. Reguero, P. Díaz-Simal y F. Fernández. 2018. “The Global Flood Protection Savings Provided by Coral Reefs.” *Nature Communications* 9(1): 21-86.
- Beck, T. y L. Rojas-Suárez. 2019. “Making Basel III Work for Emerging Markets and Developing Economies: A CGD Task Force Report.” Informe. Centro para el Desarrollo Global, Washington, DC.

- Bennon, M. y R. Sharma. 2018. "State of the Practice: Sustainability Standards for Infrastructure Investors." Disponible en <https://ssrn.com/abstract=3292469>.
- Bertoméu-Sánchez, S. y T. Serebrisky. 2019. "Latin American Countries." En: S. Porcher y S. Saussier, eds., *Facing the Challenges of Water Governance. Palgrave Studies in Water Governance: Policy and Practice*. Londres: Palgrave Macmillan.
- Bhattacharya, A., C. Contreras Casado, M. Jeong, A.-L. Amin, G. Watkins y M. Silva Zuñiga. 2019. "Attributes and Framework for Sustainable Infrastructure: Consultation Report." Nota técnica del BID no. 1653. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Bhattacharya, A., M. Romani y N. Stern. 2012. "Infrastructure for Development: Meeting the Challenge." Documento de políticas. Centre for Climate Change Economics and Policy and Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Londres.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2018. "Searching for Safe Routes." Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Disponible en <https://www.iadb.org/en/improvinglives/searching-safe-routes>. Consultado en abril de 2020.
- . 2019. "Atributos y marco para la infraestructura sostenible: informe de consulta". Nota técnica IDB-TN-01653. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- BID/DDPLAC (Deep Decarbonization Pathways for Latin America and the Caribbean). 2019. "Getting to Net-Zero Emissions: Lessons from Latin America and the Caribbean." Informe. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- BID/GEIDCO (Organización Global de Desarrollo y Cooperación de Interconexión Energética). 2019. "The Americas Complementarity." Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo y Organización Global de Desarrollo y Cooperación de Interconexión Energética. Documento mimeografiado.
- Binsted, M., G. C. Iyer, J. Edmonds, A. Vogt-Schilb, R. Argüello, A. Cadena, R. Delgado, F. Feijoo, A. F. P. Lucena, H. C. McJeon, F. Miralles-Wilhelm y A. Sharma. 2019. "Stranded Asset Implications of the Paris Agreement in Latin America and the Caribbean." *Environmental Research Letters*, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab506d>.
- Blackman, A., R. Epanchin-Niell, J. Siikamäki y D. Velez-Lopez. 2014. *Biodiversity Conservation in Latin America and the Caribbean: Prioritizing Policies*. Nueva York, NY: Resources for the Future Press.
- Blackman, A. y L. Villalobos. 2019. "Does Forest Conservation Cut Water Treatment Costs? The Experience of Water Funds Initiatives in Brazil

- and Ecuador.” Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Manuscrito.
- Blackman, A. y R. Woodward. 2010. “User-Financing in a National Payments for Environmental Services Program: Costa Rican Hydropower.” *Ecological Economics* 69(8): 1626-1638.
- Blended Finance Taskforce. 2018. “Better Finance; Better World.” Documento de consulta. Londres: Blended Finance Taskforce. Disponible en <https://www.blendedfinance.earth/better-finance-better-world>.
- Bloch, C., J. Newcomb, S. Shiledar y M. Tyson. 2019. “Breakthrough Batteries: Powering the Era of Clean Electrification.” Basalt, CO: Rocky Mountain Institute.
- Bloomberg, M. y C. Holloway. 2018. “NYC Green Infrastructure Plan.” Resumen Ejecutivo. Nueva York, NY: Gobierno de la Ciudad de Nueva York. Disponible en <http://www.developmentexcellence.com/tools/docs/NYC%20Green%20Infrastructure%20Plan.pdf>.
- Bloomberg NEF. 2019a. “Electric Vehicle Outlook 2019.” Informe. BloombergNEF, Londres. Disponible en <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>. Consultado en marzo de 2020.
- . 2019b. “Global Solar Investment Report: State of Solar Markets and Role of Concessional Finance in ISA Member Countries.” Nueva York, NY: Bloomberg Finance L.P.
- Bly, N. 1890. *Around the World in Seventy-Two Days*. Nueva York, NY: Pictorial Weeklies Co. Disponible en <http://digital.library.upenn.edu/women/bly/world/world.html>. Consultado en marzo de 2020.
- Boardman, B. 1991. *Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth*. Londres: Belhaven Press.
- Bobonis, G. J., P. Gertler, M. González Navarro y S. Nichter. 2017. “Vulnerability and Clientelism.” National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Bocarejo, J. P., R. López Ghio y A. Blanco, eds. 2018. *Políticas de tarificación por congestión: efectos potenciales y consideraciones para su implementación en Bogotá, Ciudad de México y Santiago*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Bombardi, L. M. 2017. “Geografía do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia.” Brasília, Brasil: Conexão Água. Disponible en <http://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/agrotoxicos/05-larissa-bombardi-atlas-agrotoxico-2017.pdf>.
- Bonifaz, J. L. 2016. “Estudio de infraestructura en un país: Bolivia”. Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), Caracas. Documento inédito.

- . 2019. “Algunos ejemplos de sobrecostos en Latinoamérica y el Caribe”. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Bonifaz, J. L., R. Urrunaga, J. Aguirre y P. Quequezana. 2019. “Cálculo y diagnóstico de la brecha de infraestructura de largo plazo (2019-2038) en el Perú”. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Bonifaz, J. L., R. Urrunaga, J. Aguirre, C. Urquizo, L. Carranza, R. Laguna y Á. Orozco. 2015. “Un plan para salir de la pobreza: Plan Nacional de Infraestructura 2016-2025”. Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN), Lima.
- Borensztein, E., E. Cavallo y O. Jeanne. 2017. “The Welfare Gains from Macro-Insurance against Natural Disasters.” *Journal of Development Economics* 124(enero): 142-56.
- Bosch, M., C. Pagés y L. Ripani. 2018. “The Future of Work in Latin America and the Caribbean: A Great Opportunity for the Region?” Nota. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Disponible en <https://publications.iadb.org/en/future-work-latin-america-and-caribbean-great-opportunity-region-print-version>. Consultado en marzo de 2020.
- Bovarnick, A., F. Alpizar y C. Schnell, eds. 2010. *The Importance of Biodiversity and Ecosystems in Economic Growth and Equity in Latin America and the Caribbean: An Economic Valuation of Ecosystems*. Nueva York, NY: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Brandon, K. 2014. “Ecosystem Services from Tropical Forests: Review of Current Science.” Documento de trabajo 380, CGD Climate and Forest Paper Series #7, Washington, DC.
- Briceño-Garmendia, C., H. Moroz y J. Rozenberg (with X. Lv, S. Murray y L. Bonzanigo). 2015. “Road Networks, Accessibility y Resilience: The Cases of Colombia, Ecuador, and Peru: An LCR Regional Study.” Transport and ICT Global Practice and Office of the Chief Economist, Latin America and the Caribbean Region, Banco Mundial, Washington, DC.
- Brichetti, J. P. 2019. “Panorama de las tarifas de agua en los países de Latinoamérica y el Caribe”. Nota técnica del BID no. 1656. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Brichetti, J. P., E. Cavallo, O. Chisari, L. Mastronardi, T. Serebrisky y J. P. Vila. 2020. “El efecto de la infraestructura en el desempeño de seis economías de América Latina: una evaluación con modelos de Equilibrio General Computado”. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.

- Brichetti, J. P. y M. E. Rivas. 2019a. "Operating Subsidies in Urban Public Transport in Latin America and the Caribbean." Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- . 2019b. "Subsidies to Infrastructure Services in Latin America: An Outlook." Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Brissaud, F. 2007. "Low Technology Systems for Wastewater Perspectives." *Water, Science and Technology* 55(7): 1-9.
- Comisión de la Banda Ancha para el Desarrollo Sostenible. 2018. "2025 Targets: 'Connecting the Other Half'." Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Ginebra, Suiza; y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), París, Francia. Disponible en <https://www.broadbandcommission.org/Documents/publications/wef2018.pdf>. Consultado en marzo de 2020.
- Broccolini, C., G. Lotti, A. Maffioli, A. Presbitero y R. Stucchi. 2020. "Mobilization Effects of Multilateral Development Banks." Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 9163. Banco Mundial, Washington, DC.
- Browder, G., S. Ozment, I. Rehberger Bescos, T. Gartner y G.-M. Lange. 2019. *Integrating Green and Gray: Creating Next Generation Infrastructure*. Washington, DC: Banco Mundial y World Resources Institute.
- Bruijnzeel, L. 2004. "Hydrological Functions of Tropical Forests." *Agricultural Ecosystems and the Environment* 104:185-228.
- Burcharth, H. F., B. Zanuttigh, T. L. Andersen, J. L. Lara y E. Angileni. 2014. "Innovative Engineering Solutions and Best Practices to Mitigate Coastal Risk." En: B. Zanuttigh, R.J. Nicholls, J. P. Anderlinden, R.C. Thompson y H. F. Burcharth, eds., *Coastal Risk Management in a Changing Climate*. Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann.
- Calderón, C., A. Fernández Gómez Platero y Z. Wanner. 2020. "The Development Conversation about Infrastructure: Energy, Transportation, Water and Sanitation." Nota técnica IDB-TN-1800. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Calderón, C. y L. Servén. 2003. "The Output Cost of Latin America's Infrastructure Gap." En: W. Easterly y L. Servén, eds., *The Limits of Stabilization: Infrastructure, Public Deficits y Growth in Latin America*. Palo Alto, CA: Stanford University Press; y Washington, DC: Banco Mundial.
- . 2016. "Infrastructure and Growth." En: Palgrave Macmillan, ed., *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Londres: Palgrave Macmillan.
- Campbell, B. M., A. Angelsen, A. B. Cunningham, Y. Katerere, A. A. Siteo y S. Wunder. 2007. "Miombo Woodlands: Opportunities and Barriers to

- Sustainable Forest Management.” Bongor: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR).
- Campos, N., E. Engel, R. Fischer y A. Galetovic. 2019. “Renegotiations and Corruption in Infrastructure: The Odebrecht Case.” Documentos de trabajo Marco Fanno 0230. Padua: Università di Padova, Dipartimento di Scienze Economiche Marco Fanno.
- Cantarelli, C. C., B. Flyvbjerg, E. J. E. Molin y B. van Wee. 2010. “Cost Overruns in Large-Scale Transportation Infrastructure Projects: Explanations and Their Theoretical Embeddedness.” *European Journal of Transport and Infrastructure Research* 10(1) marzo: 5-18.
- Cárdenas, C. y S. García Rojas. 2019. “United Kingdom Sustainable Infrastructure Program (SIP): Annual Report 2018.” Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC; y UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS), Londres.
- Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility (CCRIF). 2010. *Enhancing the Climate Risk and Adaptation Fact Base for the Caribbean: Preliminary Results of the Economics of Climate Adaptation Study.* Vol. 28. Grand Cayman: CCRIF.
- Casas-Zamora, K. y M. Carter. 2017. “Beyond the Scandals: The Changing Context of Corruption in Latin America.” Informe. Diálogo Interamericano, Washington, DC.
- Castellani, F., M. Olarreaga, U. Panizza y Y. Zhou. 2019. “Investment Gaps in Latin America and the Caribbean.” *International Development Policy*, <https://doi.org/10.4000/poldev.2894>.
- Castillo, T., F. García, L. Mosquera, T. Rivadeneira, K. Segura y M. Yujato. 2018. “Panorama energético de América Latina y el Caribe 2018”. Informe. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Quito.
- Castro, M. 2020. “Intermittent Renewable Energy, Hydropower Dynamics and the Profitability of Storage Arbitrage.” Documento de trabajo IDB-WP-1107. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Cavallo, A., E. Cavallo y R. Rigobón. 2014. “Prices and Supply Disruptions during Natural Disasters.” *Review of Income and Wealth* 60(S2) noviembre: S449-S471.
- Cavallo, E. y A. Powell, coords. 2019. *Construir oportunidades para crecer en un mundo desafiante*. Informe Macroeconómico de América Latina y el Caribe. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- CChC (Cámara Chilena de la Construcción). 2018. “Infraestructura crítica para el desarrollo 2018-2027: bases para un Chile sostenible”. Informe. CChC, Santiago de Chile.

- Centner, T. J., J. Houston, A. Keeler y C. Fuchs. 1999. "The Adoption of Best Management Practices to Reduce Agricultural Water Contamination." *Limnologica* 29(3): 366-373.
- CEPA (Cambridge Economic Policy Associate Ltd). 2018. *Review of the RIIO Framework and RIIO-1 Performance*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- CEPE (Centro para la Evaluación de Políticas basadas en Evidencia)/AC&A. 2019. "Vehículos autónomos y conectados: impactos sobre los sistemas de movilidad en ciudades emergentes". Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Chang, S. E. 2016. "Socioeconomic Impacts of Infrastructure Disruptions." *Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science*, DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.66>.
- Chang, S. E. y N. Nojima. 2001. "Measuring Post-Disaster Transportation System Performance: The 1995 Kobe Earthquake in Comparative Perspective." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 35(6) julio: 475-94.
- Chen, M.-J., C.-Y. Lin, Y.-T. Wu, P.-C. Wu, S.-C. Lung y H.-J. Su. 2012. "Effects of Extreme Precipitation to the Distribution of Infectious Diseases in Taiwan, 1994-2008." *PLoS ONE* 7(6) junio: e34651. Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034651>.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. 1998a. "Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado". Decreto Supremo no. 609, 7 de mayo. Gobierno de Chile, Santiago de Chile. Disponible en <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=121486>. Consultado en abril de 2020.
- . 1998b. "Modifica el régimen jurídico aplicable al sector de los servicios sanitarios". Ley no. 19.549, 19 de enero. Gobierno de Chile, Santiago de Chile. Disponible en <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=92808>. Consultado en abril de 2020.
- Chisari, O. O., J. A. Maquieyra y S. J. Miller. 2012. "Manual sobre modelos de Equilibrio General Computado para economías de ALC con énfasis en el análisis económico del cambio climático". Nota técnica del BID no. 445. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- CIER (Comissão de Integração Energética Regional [Regional Energy Integration Commission]). 2017. "Relatório de tarifas elétricas na distribuição para clientes regulados: América Latina e Caribe". Informe. CIER, Montevideo. Disponible en https://www.cier.org/es-uy/Documents/Apresentacao_RelatorioTarifas2017.pdf. Consultado en mayo de 2020.

- Cisco. 2020. "Cisco Annual Internet Report (2018–2023)." Documento técnico. Cisco, San José, CA. Disponible en https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html#_Toc532256803. Consultado en marzo de 2020.
- Clark, G. 2007. *A Farewell to Alms: A Brief Economic History of the World*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Coady, D., I. Parry, N.-P. Le y B. Shang. 2019. "Global Fossil Fuel Subsidies Remain Large: An Update Based on Country-Level Estimates." Documento de trabajo del FMI no. 19/89. Fondo Monetario Internacional, Washington, DC.
- Coady, D., I. Parry, L. Sears y B. Shang. 2017. "How Large Are Global Fossil Fuel Subsidies?" *World Development* 91(marzo): 11–27.
- Coelho, P. 2010. *O Aleph*. Brasil: Harper Collins.
- Cohen, E. y E. Orlofsky. 2018. "Innovations in Development and Implementation of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Part I: A Global Review, with Applications in Israel and India." Nof HaGalil: Ayala Water and Ecology.
- Cohen, T. y C. Cavoli. 2019. "Automated Vehicles: Exploring Possible Consequences of Government (Non)Intervention for Congestion and Accessibility." *Transport Reviews* 39(1): 129–51.
- Colon, C., S. Hallegatte y J. Rozenberg. 2019. "Transportation and Supply Chain Resilience in the United Republic of Tanzania: Assessing the Supply-Chain Impacts of Disaster-Induced Transportation Disruptions." Estudio de antecedentes. Banco Mundial, Washington, DC.
- Comin, D., W. Easterly y E. Gong. 2010. "Was the Wealth of Nations Determined in 1000 BC?" *American Economic Journal: Macroeconomics* 2(3) julio: 65–97.
- Comin, D. y B. Hobijn. 2010. "An Exploration of Technology Diffusion." *American Economic Review* 100(5) diciembre: 2031–59.
- Connaker, A. y S. Madsbjerg. 2019. "The State of Socially Responsible Investing." *Harvard Business Review*. Disponible en <https://hbr.org/2019/01/the-state-of-socially-responsible-investing>. Consultado en mayo de 2020.
- Cont, W. y F. Navajas. 2019. "Subsidios a los servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe: direcciones de reforma". Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Contreras, E., E. Armendáriz, S. Orozco y G. Parra. 2016. "La eficiencia del gasto de inversión pública en América Latina". Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.

- Cordeiro, M. J., C. R. Bennett, S. D. Michaels, F. Pedroso, M. Forni y J. Rozenberg. 2017. "Climate and Disaster Resilient Transport in Small Island Developing States: A Call for Action." Informe. Banco Mundial, Washington, DC.
- Cordella, T. 2018. "Optimizing Finance for Development." Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 8320. Banco Mundial, Washington, DC.
- Coremberg, A. 2018. "La cuenta satélite de los servicios de infraestructura: una nueva manera de medir la infraestructura en América Latina con base en los casos de Argentina, Brasil y México: fuentes, métodos y resultados". Nota técnica del BID no. 1502. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Corporación Latinobarómetro. 2018. "Informe 2018". Informe. Disponible en <http://www.latinobarometro.org/latContents.jsp>. Consultado en abril de 2020.
- Cox, A., P. and Börkey. 2015. "Challenges and Policy Options for Financing Urban Water and Sanitation." En: Aguilar-Barajas, J. Mahlknecht, J. Kaledin, M. Kjellén y A. Mejía-Betancourt, eds., *Water and Cities in Latin America: Challenges for Sustainable Development*. Londres y Nueva York: Routledge.
- Curtis, J. y E. Morgenroth. 2014. "Estimating the Effects of Land-Use and Catchment Characteristics on Lake Water Quality: Irish Lakes 2004-2009." *Journal of the Statistical and Social Inquiry Society of Ireland* 42: 64-80.
- Dahdouh-Guebas, F., L. P. Jayatissa, D. Di Nitto, J. O. Bosire, D. Lo Seen y N. Koedam. 2005. "How Effective Were Mangroves as a Defence against the Recent Tsunami?" *Current Biology* 15(12):443-47.
- Dai, A. 2013. "Increasing Drought under Global Warming in Observations and Models." *Nature Climate Change* 3(1) enero: 52-58.
- Daigger, G. 2012. "The IWA Cities of the Future Approach to Achieving a Resilient Water Supply System-Pursuing Safety, Sustainability and Environmental Friendliness." Presentation at the 9th International Symposium on Water Supply Technology, Water Research Center, Yokohama, Japón, noviembre.
- Daigger, G. 2019. "One Water and Resource Recovery: Emerging Water and Sanitation Paradigms." En: F. Machado y L. Mimmi, eds., "The Future of Water: A Collection of Essays on 'Disruptive' Technologies that May Transform the Water Sector in the Next 10 Years." Documento de discusión IDB-DP-657. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en <https://publications.iadb>.

- org/en/future-water-collection-essays-disruptive-technologies-may-transform-water-sector-next-10-years.
- Datshkovsky, D. y F. Machado. 2020. "Affordability of Water and Sanitation Services in Latin America: A Comparative Approach." Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Documento manuscrito.
- Datta, S., J. J. Miranda, L. Zoratto, O. Calvo-González, M. Darling y K. Lorenzana. 2015. "A Behavioral Approach to Water Conservation: Evidence from Costa Rica." Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 7283. Banco Mundial, Washington, DC.
- Davis, L. 2018. "Why Am I Paying \$65/year for Your Solar Panels?" Berkeley, CA: University of California, Energy Institute Blog. Disponible en <https://energyathaas.wordpress.com/2018/03/26/why-am-i-paying-65-year-for-your-solar-panels/>.
- Davis, L. W. y P. J. Gertler. 2015. "Contribution of Air Conditioning Adoption to Future Energy Use under Global Warming." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(19) mayo: 5962-67.
- DC Water. 2020. "Clean Rivers Project." Washington, DC: DC Water. Disponible en <https://www.dewater.com/cleanrivers>.
- De la Cruz, R., O. Manzano y M. Loterszpil. 2020. "Cómo acelerar el crecimiento económico y fortalecer la clase media en América Latina". Monografía del BID no. 782. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- de la Torre, A., J. Messina y J. Silva. 2017. "The Inequality Story in Latin America and the Caribbean: Searching for an Explanation." En: L. Bértola y J. Williamson, eds., *Has Latin American Inequality Changed Direction?* Cham: Springer.
- de Michele, R. 2017. "Escándalos de corrupción: ¿por qué soy optimista?" *Gobernarte* (blog), Banco Interamericano de Desarrollo, 31 de mayo. Disponible en <https://blogs.iadb.org/gobernarte/2017/05/31/escandalos-corrupcion-optimista/>. Consultado en febrero de 2020.
- De Oliveira, A. S., R. Trezza, E. Holzapfel, I. Lorite y V. Paz. 2009. "Irrigation Water Management in Latin America." *Chilean Journal of Agricultural Research* 69 (Suplemento 1): 7-16.
- de Oliveira, L. K., O. R. dos Santos, R. L. M. de Oliveira y R. A. de Albuquerque Nóbrega. 2018. "Is the Location of Warehouses Changing in the Belo Horizonte Metropolitan Area (Brazil)? A Logistics Sprawl Analysis in a Latin American Context." *Urban Science* 2(2), <https://doi.org/10.3390/urbansci2020043>.
- Detter, D. y S. Fölster. 2015. *The Public Wealth of Nations: How Management of Public Assets Can Boost or Bust Economic Growth*. Londres: Palgrave.

- . 2017. *The Public Wealth of Cities: How to Unlock Hidden Assets to Boost Growth and Prosperity*. Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Dias, V. S., M. Pereira da Luz, G. M. Medero y D. T. F. Nascimento. 2018. "An Overview of Hydropower Reservoirs in Brazil: Current Situation, Future Perspectives and Impacts of Climate Change." *Water* 10(5), <https://doi.org/10.3390/w10050592>.
- Di Chiara, L., M. E. Sanin y A. Nogales. 2019. "Complementariedad entre los Sistemas Eléctricos de Uruguay y Brasil: Caso de Estudio". Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Documento manuscrito.
- DiMuro, J. L., F. M. Guertin, R. K. Helling, J. L. Perkins y S. Romer. 2014. "A Financial and Environmental Analysis of Constructed Wetlands for Industrial Wastewater Treatment." *Journal of Industrial Ecology* 18(5):631-40.
- Dinesh, K., E. R. Chinchu y M. T. Geeji. 2018. "Attitude and Perception of Local Inhabitants Towards Mangrove Ecosystems." *Journal of Extension Education* 29(4): 5984-5987.
- Dubey, S., J. N. Sarvaiya y B. Seshadri. 2013. "Temperature Dependent Photovoltaic (PV) Efficiency and Its Effect on PV Production in the World: A Review." *Energy Procedia* 33(2013): 311-21.
- Ducci, J. y L. García. 2013. "Principales Indicadores Financieros de Entidades Prestadoras de Servicio de Agua Potable y Saneamiento en América Latina y el Caribe". Nota técnica IDB-TN-521. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Duffield, C. y P. Raisbeck. 2007. "Performance of PPPs and Traditional Procurement in Australia." Report for Infrastructure Partnerships Australia. Allen Consulting Group and University of Melbourne, Melbourne, Victoria, Australia.
- Dutra, J. (2020). "The Regulation of Public Utilities of the Future in LAC: Water Resource Regulation in Brazil." Nota técnica IDB-TN-1680. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Dvorak, B. y A. Volder. 2010. "Green Roof Vegetation for North American Ecoregions: A Literature Review." *Landscape and Urban Planning* 96(4): 197-213.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 1999. "Honduras: Evaluación de los daños ocasionados por el huracán Mitch, 1998: Implicaciones para el desarrollo económico y social y el medio ambiente". Informe. CEPAL, Santiago de Chile.
- CEPAL/CCAD-SICA (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, Sistema de Integración Centroamericana)/DFID (Departamento

- para el Desarrollo Internacional). 2010. *The Economics of Climate Change in Central America: Summary 2010*. Ciudad de México, CEPAL.
- Edreira, A. C. 2020. "Oportunidades y Aplicaciones de IoT en Control Operacional y Reducción de Pérdidas". Presentación preparada para la Semana del Agua del Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Ehlers, T. 2014. "Understanding the Challenges for Infrastructure Finance." Documento de trabajo del BIS 454. Basilea: Banco de Pagos Internacionales.
- Ehlers, T., F. Packer y E. Remolona. 2014. "Infrastructure and Corporate Bond Markets in Asia." En: A. Heath y M. Read, eds., *Financial Flows and Infrastructure Financing: Proceedings of a Conference Held in Sydney on 20-21 March 2014*. Sydney: Banco de la Reserva de Australia. Disponible en <https://www.rba.gov.au/publications/confs/2014/>.
- EIU (Economist Intelligence Unit). 2017. "Evaluating the Environment for Public-Private Partnerships in Latin America and the Caribbean: The 2017 Infrascopes." Informe. EIU, Nueva York, NY. Disponible en <https://infrascopes.eiu.com/latin-america-and-the-caribbean/>. Consultado en febrero de 2020.
- . 2019. "Evaluating the Environment for Public-Private Partnerships in Latin America and the Caribbean: The 2019 Infrascopes." EIU, Nueva York, NY.
- Elias, P. y C. May-Tobin. 2011. "Tropical Forest Regions." En: D. Boucher et al., eds., *The Root of the Problem: What's Driving Tropical Deforestation Today*. Cambridge, MA: UCS Publications.
- Energetics. 2015. "Energy-Positive Water Resource Recovery Workshop Report." Informe preparado para el seminario patrocinado por la National Science Foundation, U.S. Department of Energy y U.S. Environmental Protection Agency, 28-29 abril, Arlington, VA.
- Engel, E., R. Fischer y A. Galetovic. 2013. "The Basic Public Finance of Public Private Partnerships." *Journal of the European Economic Association* 11(1): 83-111.
- . 2014. *The Economics of Public-Private Partnerships: A Basic Guide*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Enzi, V., B. Cameron, P. Dezsényi, D. Gedge, G. Mann y U. Pitha. 2017. "Nature-Based Solutions and Buildings: The Power of Surfaces to Help Cities Adapt to Climate Change and to Deliver Biodiversity." En: N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler y A. Bonn, eds., *Natur-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas Linkages between Science, Policy and Practice*. Cham, Suiza: Springer.

- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2015. "District of Columbia Water and Sewer Authority, District of Columbia Clean Water Settlement: Overviews and Factsheets." Disponible en <https://www.epa.gov/enforcement/district-columbia-water-and-sewer-authority-district-columbia-clean-water-settlement>.
- . 2020. "Green Infrastructure Modeling Toolkit." Disponible en <https://www.epa.gov/water-research/green-infrastructure-modeling-toolkit>.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency)/DOE (Departamento de Energía de Estados Unidos). 2020. "Fuel Economy Guide: Model Year 2016." Informe no. DOE/EE-1249. EPA y DOE, Washington, DC. Disponible en <https://www.fueleconomy.gov/feg/pdfs/guides/FEG2016.pdf>. Consultado en marzo de 2020.
- Ernst, C. et al. 2004. "Protecting the Source: Conserving Forests to Protect Water." *Opflow* 30(1): 4-7.
- Ernst & Young. 2020. "Gap Analysis and Opportunities for Innovation in the Energy Sector in Latin America and the Caribbean." Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Documento mimeografiado.
- eSolutions. 2018. "Explore Watson at Work: Airline Maintenance." Video file, 9 de abril. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=PK55CjiTdBg>. Consultado en marzo de 2020.
- Espinet, X., J. Rozenberg, K. S. Rao y S. Ogita. 2018. "Piloting the Use of Network Analysis and Decision-Making under Uncertainty in Transport Operations: Preparation and Appraisal of a Rural Roads Project in Mozambique under Changing Flood Risk and Other Deep Uncertainties." Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 8490. Banco Mundial, Washington, DC.
- Estache, A. 2020. "Institutions for Infrastructure in Developing Countries: What We Know and the Lot We Still Need to Know." En: J. M. Baland, F. Bourguignon, J.-P. Platteau y T. Verdier, eds., *The Handbook of Economic Development and Institutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Estache, A., L. Bagnoli y S. Bertomeu-Sánchez. 2018. "Infrastructure Affordability in Developed and Developing Economies: Rules of Thumbs and Evidence." Documento de trabajo de ECARES no. 2018-02. Centro Europeo de Investigaciones Avanzadas en Economía y Estadística (ECARES), Solvay Brussels School of Economics and Management, Université Libre de Bruxelles, Bruselas.
- Estache, A. y G. Garsous. 2012. "The Impact of Infrastructure on Growth in Developing Countries." Nota económica CFI no. 1. Corporación Financiera Internacional, Washington, DC.

- Estache, A. y T. Serebrisky. 2020. "Updating Infrastructure Regulation for the 21st Century in Latin America and the Caribbean." Nota técnica IDB-TN-1856. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- UE (Unión Europea). 2013. "Green Infrastructure (GI): Enhancing Europe's Natural Capital." Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, el Consejo, el Comité Económico y Social Europeo y el Comité de Regiones. Disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0249>.
- EURELECTRIC. 2017. "Dynamic Pricing in Electricity Supply: A EURELECTRIC Position Paper." Bruselas: EURELECTRIC. Disponible en http://www.eemg-mediators.eu/downloads/dynamic_pricing_in_electricity_supply-2017-2520-0003-01-e.pdf. Consultado en mayo de 2020.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. "Aquastat." Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en <http://www.fao.org/aquastat/en/>.
- Fagnant, D. J., K. M. Kockelman y P. Bansal. 2016. "Operations of Shared Autonomous Vehicle Fleet for Austin, Texas, Market." *Transportation Research Record* 2563(1) enero: 98-106.
- Falavigna, C. y D. Hernández. 2016. "Assessing Inequalities on Public Transport Affordability in Two Latin American Cities: Montevideo (Uruguay) y Córdoba (Argentina)." *Transport Policy* 45 (enero): 145-55.
- Fankhauser, S. y S. Tepic. 2007. "Can Poor Consumers Pay for Energy and Water? An Affordability Analysis for Transition Countries." *Energy Policy* 35(2) febrero: 1038-49.
- Fay, M., L. A. Andrés, C. Fox, U. Narloch, S. Straub y M. Slawson. 2017. *Repensando la infraestructura en América Latina y el Caribe: mejorar el gasto para lograr más*. Washington, DC: Banco Mundial.
- Fay, M., H. I. Lee, M. Mastruzzi, S. Han y M. Cho. 2019. "Hitting the Trillion Mark: A Look at How Much Countries Are Spending on Infrastructure." Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 8730. Banco Mundial, Washington, DC.
- Fay, M. y T. Yepes. 2003. "Investing in Infrastructure: What Is Needed from 2000 to 2010?" Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 3102. Banco Mundial, Washington, DC.
- FEM (Foro Económico Mundial). 2019. *Informe de Competitividad Global 2019*. Ginebra: FEM.
- Ferrario, F., M.W. Beck, C. D. Storlazzi, F. Micheli, C. C. Shepard y L. Airoidi. 2014. "The Effectiveness of Coral Reefs for Coastal Hazard Risk Reduction and Adaptation." *Nature Communications* 5(4794) mayo: 1-19.

- Ferraro, P. J. y M. K. Price. 2013. "Using Nonpecuniary Strategies to Influence Behavior: Evidence from a Large-Scale Field Experiment." *Review of Economics and Statistics* 95(1) marzo: 64-73.
- Ferro, G. 2020. "Water and Sanitation Regulation in LAC." Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. De próxima publicación.
- Field, C. B., V. Barros, T. F. Stocker, Q. Dahe, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor y P. M. Midgley. 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY: Cambridge University Press.
- Fielding, K., S. Russell, A. Spinks, R. McCrea, R. Stewart y J. Gardner. 2012. "Water End Use Feedback Produces Long-Term Reductions in Residential Water Demand." En: D. K. Begbie, S. L. Wakem, S. J. Kenway y S. M. Bierman, eds., *Science Forum and Stakeholder Engagement: Building Linkages, Collaboration and Science Quality: Program and Papers*. Brisbane, Queensland: Urban Water Security Research Alliance.
- Financial Stability Board. 2018. "Evaluation of the Effects of Financial Regulatory Reforms on Infrastructure Finance." Disponible en <https://www.fsb.org/wp-content/uploads/P201118-1.pdf>.
- Fioravanti, R., C. Lembo y A. Deep. 2019. "Filling the Infrastructure Investment Gap: The Role of Project Preparation Facilities: An Overview of MDBs and the Banco Interamericano de Desarrollo Approach." Documento de discusión del BID no. 603. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Fioretti, R., A. Palla, L. G. Lanza y P. Principi. 2010. Green Roof Energy and Water Related Performance in the Mediterranean Climate. *Building and Environment* 45(8):1890-1904.
- Fiquepron, J., S. García y A. Stenger. 2013. "Land Use Impact on Water Quality: Valuing Forest Services in Terms of the Water Supply Sector." *Journal of Environmental Management* 126: 113-121.
- Fisher, M. K. y C. Gamper. 2017. "Marco para la evaluación de políticas sobre la gobernanza de la resiliencia de la infraestructura crítica en América Latina". Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Disponible en <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17474/marco-para-la-evaluacion-de-politicas-sobre-la-gobernanza-de-la-resiliencia-de-la>. Consultado en enero de 2020.
- Flachsbart, I., B. Willaarts, H. Xie, G. Pitois, N. Mueller, C. Ringler y A. Garrido. 2015. "The Role of Latin America's Land Resources for Global Food Security: Environmental Trade-offs of Future Food Production

- Pathways." *PLoS One* 10(1): e0116733. Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116733>.
- Flyvbjerg, B. 2007. "Policy and Planning for Large-Infrastructure Projects: Problems, Causes, Cures." *Environment and Planning B: Planning and Design* 34(4) agosto: 578-97.
- . 2016. "Making Infrastructure Matter." PowerPoint presentation. Saïd Business School, Universidad de Oxford, Oxford, Reino Unido.
- Flyvbjerg, B., M. K. Skamris Holm y S. L. Buhl. 2002. "Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie?" *Journal of the American Planning Association* 68(3): 279-95.
- . 2003. "How Common and How Large Are Cost Overruns in Transport Infrastructure Projects?" *Transport Reviews* 23(1): 71-88.
- . 2004. "What Causes Cost Overrun in Transport Infrastructure Projects?" *Transport Reviews* 24(1): 3-18.
- Flyvbjerg, B. y C. R. Sunstein. 2016. "The Principle of the Malevolent Hiding Hand; or, the Planning Fallacy Writ Large." *Social Research* 83(4) Winter: 979-1004.
- FMI (Fondo Monetario Internacional). 2020. *Fiscal Monitor: Policies to Support People During the COVID-19 Pandemic*. Washington, DC: Fondo Monetario Internacional.
- Foster, V. y A. Rana. 2019. "Rethinking Power Sector Reform in the Developing World." Sustainable Infrastructure. Washington, DC: Banco Mundial.
- Franco, B. y M. Moura. 2017. "Emprego de Wetlands para Reuso de Águas cinzas em um Condomínio Residência". Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense. Disponible en <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/4094/1/TCC%20Matheus%20e%20Barbara.pdf>.
- Fransoo, J. 2019. "Nanostore Logistics." Documento presentado en la conferencia del Banco Interamericano de Desarrollo, ALC 2030: El futuro de las cadenas de suministro, 13-14 de febrero, Bogotá.
- Freeman, J. et al. 2008. "Statistical Analysis of Drinking Water Treatment Plant Costs, Source Water Quality and Land Cover Characteristics." San Francisco, CA: Trust for Public Land. Disponible en http://cloud.tpl.org/pubs/landwater_9_2008_whitepaper.pdf.
- Fundación Chile. 2016. *Aguas residuales como nueva fuente de agua: diagnóstico del potencial reúso de aguas residuales en la Región de Valparaíso*. Santiago de Chile: Fundación Chile.
- Gal, P., G. Nicoletti, T. Renault, S. Sorbe y C. Timiliotis. 2019. "Digitalization and Productivity: In Search of the Holy Grail: Firm-Level Empirical Evidence from EU Countries." Documento de trabajo 1533 del Departamento de Economía de la OCDE. París, Francia: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

- Galindo, A. J. y U. Panizza. 2018. "The Cyclicity of International Public Sector Borrowing in Developing countries: Does the Lender Matter?" *World Development* 112: 119-135.
- García, V. A., J. Alonso Meseguer, L. Pérez Ortiz y D. Tuesta. 2017. "Infrastructure and Economic Growth from a Meta-Analysis Approach: Do All Roads Lead to Rome?" Documento de trabajo no. 17/07. BBVA Research, Madrid.
- García García, P., L. Ruelas Monjardin y J. Marín Muñiz. 2015. "Constructed Wetlands: A Solution to Water Quality Issues in Mexico?" *Water Policy* 18(3): 664-669.
- Georgoulas, A., M. I. Arrasate y N. Georgoulas. 2016. "El rol de las políticas de salvaguardias del BID en la promoción de infraestructura sostenible: análisis comparativo entre las salvaguardias del BID y el sistema de calificación Envision". Informe. Disponible en <https://publications.iadb.org/en/publication/15667/el-rol-de-las-politicas-de-salvaguardias-del-bid-en-la-promocion-de>. Consultado en enero de 2020.
- Gilbert, B. y J. G. Zivin. 2014. "Dynamic Salience with Intermittent Billing: Evidence from Smart Electricity Meters." *Journal of Economic Behavior & Organization* 107(a) noviembre: 176-90.
- Giuliano, F., M. A. Lugo, A. Masut y J. P. Puig. 2018. "Distributional Impact of a Reduction of Energy Subsidies: The Recent Policy Reform in Argentina." Documento presentado en la 53ª Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política, 14-16 de noviembre, La Plata, Argentina.
- Gleick, P. H. 2016. "Water Strategies for the Next Administration." *Science* 354(6312) noviembre: 555-56.
- Global Health Intelligence. 2018. "Five Mega-Trends in Latin American Healthcare: A Look at Major Shifts in 2018 and for Decades to Come." Global Health Intelligence, Coral Gables, FL. Disponible en https://americasmi.com/wp-content/uploads/2019/01/ghi_-5-mega-trends-in-latin-american-healthcare-complete-final_con_links_02_.pdf. Consultado en marzo de 2020.
- GOB (Government of The Bahamas)/BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2017. *Sustainable Development Master Plan for Andros Island*. Nassau y Washington, DC: GOB y Banco Interamericano de Desarrollo.
- Gobierno de Chile. 2019. "Climate Ambition Alliance: Nations Push to Upscale Action by 2020 and Achieve Net Zero CO₂ Emissions by 2050." Comunicado de prensa, 23 de septiembre. Gobierno de Chile, Santiago de Chile.

- Gobierno de Costa Rica. 2019. "Plan Nacional de Descarbonización". Gobierno de Costa Rica, San José. Disponible en <https://unfccc.int/documents/204474>. Consultado en marzo de 2020.
- Goldie-Scot, L. 2019. "A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices." BloombergNEF Blog, Bloomberg Finance. Disponible en <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/>.
- Gómez-Lobo, A. 2012. "Institutional Safeguards for Cost Benefit Analysis: Lessons from the Chilean National Investment System." *Journal of Benefit-Cost Analysis* 3(1) enero: 1-30.
- Gómez-Lobo, A. y R. Barrientos. 2019. "Evaluación ex-post de experiencias de BRT (bus de tránsito rápido) en ciudades latinoamericanas". Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Gómez-Vidal, A., F. Machado y D. Datshkovsky. 2020. "Water and Sanitation Services in Latin America: A Snapshot of Access and Quality." Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- González-Mahecha, E., O. Lecuyer, M. Hallack, M. Bazilian y A. Vogt-Schilb. 2019. "Committed Emissions and the Risk of Stranded Assets from Power Plants in Latin America and the Caribbean." *Environmental Research Letters* 14(12) diciembre: 1-13.
- Gordon, P., H. W. Richardson y B. Davis. 1998. "Transport-Related Impacts of the Northridge Earthquake." *Journal of Transportation and Statistics* 1(2) mayo: 21-36.
- Gössling, S., A. Choi, K. Dekker y D. Metzler. 2019. "The Social Cost of Automobility, Cycling and Walking in the European Union." *Ecological Economics* 158 (abril): 65-74.
- Graehler, Jr., M., R. A. Mucci y G. D. Erhardt. 2019. "Understanding the Recent Transit Ridership Decline in Major US Cities: Service Cuts or Emerging Modes?" Documento presentado en la 98ª Reunión Anual de la Junta de Investigación del Transporte, 13-17 de enero, Washington, DC.
- Granada, I., D. Pérez Jaramillo y M. Uribe-Castro. 2018. "Ride-Sharing Apps and Reallocation of Motorpark: Evidence from Colombia." Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC; y University of Maryland, College Park, MD. Disponible en <https://ssrn.com/abstract=3190831>. Consultado en marzo de 2020.
- Granada, I., A.-M. Urban, A. Monje, P. Ortiz, D. Pérez, L. Montes y A. Caldo. 2016. "The Relationship between Gender and Transport." Folleto. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Greenstone, M. y C. Q. Fan. 2018. "Introducing the Air Quality Life Index: Twelve Facts about Particulate Air Pollution, Human Health y Global

- Policy.” Informe. Energy Policy Institute at the University of Chicago (EPIC), Chicago, IL.
- Grijalva, D. F., P. A. Ponce y M. Rojas. 2017. “Brechas de infraestructura en Ecuador: una estimación basada en un modelo VEC”. *Polémika* 5(12) septiembre: 117-58.
- Grottera, C., C. Barbier, A. Sanches-Pereira, M. Weiss de Abreu, C. Uchôa, L. G. Tudeschini, J.-M. Cayla, F. Nadaud, A. O. Pereira, Jr., C. Cohen y S. Teixeira Coelho. 2018. “Linking Electricity Consumption of Home Appliances and Standard of Living: A Comparison between Brazilian and French Households.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 94 (octubre): 877-88.
- GRTB (Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking). 2017. “Informe anual: 2016 (datos año 2015)”. Informe. Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA), Lima. Disponible en http://www.aderasa.org/v1/wp-content/uploads/2016/06/informe_anual_de_benchmarking_de_aderasa_2016.pdf. Consultado en marzo de 2020.
- Guarda, P., P. Galilea, L. Paget-Seekins y J. D. Ortúzar. 2016. “What Is behind Fare Evasion in Urban Bus Systems? An Econometric Approach.” *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 84(febrero): 55-71.
- Guasch, J. L. 2004. “Granting and Renegotiating Infrastructure Concessions: Doing it Right.” Washington, DC: Banco Mundial.
- Guasch, J. L., D. Benítez, I. Portabales y L. Flor. 2016. “The Renegotiation of Public Private Partnerships Contracts (PPP): An Overview of Its Recent evolution in Latin America.” *Revista Chilena de Economía y Sociedad* 10 (1) junio: 42-63. Disponible en <https://rches.utem.cl/articulos/renegotiation-public-private-partnerships-contracts-ppp-overview-recent-evolution-latin-america/>.
- Guasch, J. L., A. Suárez-Alemán y L. Trujillo. 2016. “Megaports’ Concessions: The *Puerto de Gran Escala* in Chile as a Case Study.” *Case Studies on Transport Policy* 4(2) junio: 178-87.
- Guasch, J. L., J. J. Laffont, J. J. y S. Straub. 2008. “Renegotiation of Concession Contracts in Latin America: Evidence from the Water and Transport Sectors.” *International Journal of Industrial Organization* 26(2): 421-42.
- Guía de Referencia de las APP. 2017. “Public Private Partnerships Reference Guide.” Versión 3.0. ADB, EBRD, GIH, BID, IsDB, OECD, PPIAF, UNECE, UN ESCAP, Banco Mundial. Disponible en <https://library.pppknowledge-lab.org/documents/4699/download>.

- Guo, Z., N. H. M. Wilson y A. Rahbee. 2007. "Impact of Weather on Transit Ridership in Chicago, Illinois." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2034(1) enero: 3-10.
- Guzmán, L. A. y D. Oviedo. 2018. "Accessibility, Affordability and Equity: Assessing 'Pro-Poor' Public Transport Subsidies in Bogotá." *Transport Policy* 68(30) septiembre: 37-51.
- Gwilliam, K. 2017. "Transport Pricing and Accessibility." Moving to Access report. Brookings Institution, Washington, DC. Disponible en https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/07/pricing_and_accessibility-paper_web.pdf. Consultado en abril de 2020.
- Habyarimana, J. y W. Jack. 2011. "Heckle and Chide: Results of a Randomized Road Safety Intervention in Kenya." *Journal of Public Economics* 95(11-12) diciembre: 1438-46.
- Hallegatte, S., J. Rentschler y J. Rozenberg. 2019. *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*. Sustainable Infrastructure series. Washington, DC: Banco Mundial.
- Hallegatte, S., J. Rozenberg, J. Rentschler, C. Nicolas y C. Fox. 2019. "Strengthening New Infrastructure Assets: A Cost-Benefit Analysis." Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 8896. Banco Mundial, Washington, DC.
- Hallegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore y J. Rozenberg. 2017. "Unbreakable: The Effects of Policy Options on Well-Being and Asset Losses in 117 Countries." Informe. Banco Mundial, Washington, DC.
- Harley, C. K. 1988. "Ocean Freight Rates and Productivity, 1740-1913: The Primacy of Mechanical Invention Reaffirmed." *Journal of Economic History* 48(4) diciembre: 851-76.
- Hashim, A. M., S. M. P. Catherine y H. Takaijudin. 2013. "Effectiveness of Mangrove Forests in Surface Wave Attenuation: A Review." *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 5(18):4483-88.
- Hewlett, J. 1982. *Principles of Forest Hydrology*. Athens, AL: University of Georgia Press.
- Hidalgo, D. y A. Carrigan. 2010. "BRT in Latin America: High Capacity and Performance, Rapid Implementation and Low Cost." *Built Environment* 36(3) octubre: 283-97.
- Hledik, R., A. Faruqui, T. Lee y J. Higham. 2019. "The National Potential for Load Flexibility: Value and Market Potential through 2030." Trabajo de investigación. Brattle Group, Boston.
- Holguín-Veras, J., S. Hodge, J. Wojtowicz, C. Singh, C. Wang, M. Jaller, F. Aros-Vera, K. Ozbay, A. Weeks, M. Replogle, C. Ukegbu, J. Ban, M. Brom, S. Campbell, I. Sánchez-Díaz, C. González-Calderón, A. Kornhauser, M.

- Simon, S. McSherry, A. Rahman, T. Encarnación, X. Yang, D. Ramírez-Ríos, L. Kalahashti, J. Amaya, M. Silas, B. Allen y B. Cruz. 2018. "The New York City Off-Hour Delivery Program: A Business and Community-Friendly Sustainability Program." *INFORMS Journal on Applied Analytics* 48(1) enero-febrero: 70-86.
- Hofste, R. W., S. Kuzma, S. Walker, E. H. Sutanudjaja y M. F. Bierkens. 2019. "Aqueduct 3.0: Updated Decision-Relevant Global Water Risk Indicators." Washington, DC: World Resources Institute.
- Hooper, E., S. Peters y P. A. Pintus. 2018. "The Causal Effect of Infrastructure Investments on Income Inequality: Evidence from US States." AMSE Documento de trabajo no. 1801. Aix-Marseille School of Economics, Marsella, Francia.
- Howard, G. y J. Bertram. 2010. "The Resilience of Water Supply and Sanitation in the Face of Climate Change." Technical report for Vision 2030. Ginebra, Organización Mundial de la Salud.
- Huberts, A. 2019. "Citizen Responses to Public Service Quality: A Review." Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Huberts, A., F. Machado y M. Kearney. 2017. "Summary of Results Public Opinion Survey on Trust, Government y Services." Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Humphrey, C. y K. Michaelowa. 2013. "Shopping for Development: Multilateral Lending, Shareholder Composition and Borrower Preferences." *World Development* 44: 142-155.
- Hurley, T. y A. Mazumder. 2013. "Spatial Scale of Land-use Impacts on Riverine Drinking Source Water Quality." *Water Resources Research* 49: 1591-1601.
- Ibarra-Bravo, F. 2018. "Effects and Impacts of Hurricane Irma in The Bahamas." *FOCUS [ECLAC/CDCC]* 1(enero-marzo): 6-7.
- IFT (Instituto Federal de Telecomunicaciones). 2019. "Análisis sobre el mercado de Operadores Móviles Virtuales (OMVs) 2019". Estudio. IFT, Ciudad de México. Disponible en <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/estadisticas/analisisomvs2019.pdf>. Consultado en marzo de 2020.
- Infrastructure Australia. 2019. "An Assessment of Australia's Future Infrastructure Needs." The Australian Infrastructure Audit 2019. Canberra: Infrastructure Australia. Disponible en <https://www.infrastructureaustralia.gov.au/publications/australian-infrastructure-audit-2019>.
- Iorio, P. y M. E. Sanin. 2019. *Acceso y asequibilidad a la energía eléctrica en América Latina y el Caribe*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.

- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2015. "Climate Change 2014: Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." IPCC, Ginebra.
- IQAir. 2019. "2018 World Air Quality Report." Informe. IQAir, Goldach. Disponible en <https://www.airvisual.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2018-en.pdf>. Consultado en marzo de 2020.
- IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables). 2019. "Renewable Power Generation Costs in 2018." Trabajo de investigación. IRENA, Abu Dhabi.
- Isla, L., M. Singla, M. Rodríguez Porcel y I. Granada. 2019. "Análisis de tecnología, industria y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe". Nota técnica del BID no. 1628. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- ITF (Foro Internacional de Transporte). 2015. "Urban Mobility System Upgrade: How Shared Self-Driving Cars Could Change City Traffic." Documento de Políticas del Foro Internacional de Transporte no. 6. Publicación de la OCDE, París.
- . 2019. *ITF Transport Outlook 2019*. París: Publicación de la OCDE.
- . 2020. "Developing Accessibility Indicators for Latin American Cities." ITF, París. Documento inédito.
- UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones). 2015. "Concepción de las IMT: Marco y objetivos generales del futuro desarrollo de las IMT para 2020 y en adelante". Recomendación ITU-R M.2083-0. ITU, Ginebra. Disponible en https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-S.pdf. Consultado en marzo de 2020.
- Izquierdo, A., J. Llopis, U. Muratori y J. J. Ruiz. 2016. "In Search of Larger Per Capita Incomes: How to Prioritize across Productivity Determinants?" Documento de trabajo del BID no. 680. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Izquierdo, A., C. Pessino y G. Vuletin, eds. 2018. *Mejor gasto para mejores vidas: Cómo América Latina y el Caribe puede hacer más con menos*. Serie Desarrollo en las Américas. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Jaffe, E. 2015. "America's Infrastructure Crisis Is Really a Maintenance Crisis." *CityLab*, Bloomberg Media, 12 de febrero. Disponible en <http://www.citylab.com/cityfixer/2015/02/americas-infrastructure-crisis-is-really-a-maintenance-crisis/385452/>. Consultado en marzo de 2020.
- Jaime, M. y F. Carlsson. 2016. "Social Norms and Information Diffusion in Water-Saving Programs: Evidence from a Randomized Field Experiment in Colombia." Documentos de trabajo en Economía

652. Gotemburgo: Universidad de Gotemburgo, Departamento de Economía.
- Jeuland, M., S. K. Pattanayak, J. S. Tan-Soo y F. Usmani. 2020. "Preferences and the Effectiveness of Behavior-Change Interventions: Evidence from Adoption of Improved Cookstoves in India." *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 7(2) marzo: 305-43.
- Johnson Foundation at Wingspread. 2014. "Optimizing the Structure and Scale of Urban Water Infrastructure: Integrated Water Systems." Racine, WI: Johnson Foundation at Wingspread.
- Jouravlev, A. 2004. "Drinking Water Supply and Sanitation Services on the Threshold of the XXI Century." Natural Resources and Infrastructure Series no. 74. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- JPMorgan. 2017. "The Infrastructure Moment: Insights and Research." Investment Insights. Nueva York, NY: JPMorgan.
- Juan, E., H. Terraza, M. Soulier Faure, B. Deregibus, I. Ramírez, A. Schwint y G. Moscoso. 2016. *Voces emergentes: percepciones sobre la calidad de vida urbana en América Latina y el Caribe*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Kahn, T., A. Barón y J. C. Vieyra. 2018. "Digital Technologies for Transparency in Public Investment: New Tools to Empower Citizens and Governments." Documento de discusión del BID no. 634. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Kalra, N., D. G. Groves, L. Bonzanigo, E. Molina Pérez, C. Ramos, C. Brandon y I. Rodríguez Cabanillas. 2015. "Robust Decision-Making in the Water Sector: A Strategy for Implementing Lima's Long-Term Water Resources Master Plan." Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 7439. Banco Mundial, Washington, DC.
- Kalra, N., S. Hallegatte, R. Lempert, C. Brown, A. Fozzard, S. Gill y A. Shah. 2014. "Agreeing on Robust Decisions: New Processes for Decision Making under Deep Uncertainty." Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 6906. Banco Mundial, Washington, DC.
- Kamga, C., M. A. Yazici y A. Singhal. 2013. "Hailing in the Rain: Temporal and Weather-Related Variations in Taxi Ridership and Taxi Demand-Supply Equilibrium." Documento presentado en la 92ª Reunión Anual del Transportation Research Board's, 13-17 de enero, Washington, DC.
- Kander, A., P. Malanima y P. Warde. 2013. *Power to the People: Energy in Europe over the Last Five Centuries*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

- Karimi, P. y W. G. Bastiaanssen. 2015. "Spatial Evapotranspiration, Rainfall and Land Use Data in Water Accounting, Part 1: Review of the Accuracy of the Remote Sensing Data." *Hydrology and Earth System Sciences* 19: 507-532. Disponible en <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/19/507/2015/>.
- Kaseva, M. E. 2004. "Performance of a Sub-surface Flow Constructed Wetland in Polishing Pre-treated Wastewater: a Tropical Case Study." *Water Research* 38(3): 681-687.
- KCC (Karen Clark & Company). 2019. "Hurricane Dorian Impacts on the Bahamas." Informe especial. KCC, Boston, MA. Disponible en <https://www.karenclarkandco.com/news/publications/year/2019/Hurricane-Dorian-Impacts-on-Bahamas.html>. Consultado en enero de 2020.
- Ketterer, J. y A. Powell. 2018. "Financing Infrastructure: On the Quest for an Asset Class." Documento de discusión IDB-DP-622. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Ki-moon, B. y Asamblea General de Naciones Unidas. 2015. "The Human Right to Water and Sanitation." Resolución de la Asamblea General 7/169. Nueva York, NY: Naciones Unidas.
- Kissinger, G. 2014. "Financing Strategies for Integrated Landscape Investments: Case Study Atlantic Forest, Brazil." Washington, DC: Eco-Agriculture Partners.
- Kivaisi, A. K. 2001. "The Potential for Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Reuse in Developing Countries: A Review." *Ecological Engineering* 16(4): 545-560.
- Koetse, M. J. y P. Rietveld. 2009. "The Impact of Climate Change and Weather on Transport: An Overview of Empirical Findings." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14(3) mayo: 205-21.
- Kohli, H. A. y P. Basil. 2011. "Requirements for Infrastructure Investment in Latin America under Alternate Growth Scenarios: 2011-2040." *Global Journal of Emerging Market Economies* 3(1) enero: 59-110.
- Konnerup, D., N. T. D. Trang y H. Brix. 2011. "Treatment of Fishpond Water by Recirculating Horizontal and Vertical Flow Constructed Wetlands in the Tropics?" *Aquaculture* 313(1-4): 57-64.
- Kresch, E., M. Lipscomb y L. Schechter. 2019. "Externalities and Spillovers from Sanitation and Waste Management in Urban and Rural Neighborhoods." *SSRN Electronic Journal*: 10.2139/ssrn.3410045.
- Lacambra, S. y R. Guerrero. 2017. "iGOPP: Índice de Gobernabilidad y Políticas Públicas en Gestión del Riesgo de Desastres". Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Disponible en <https://doi.org/10.18235/0001095>. Consultado en enero de 2020.

- Lacambra, S., G. Suárez, T. Hori, C. Rogers, L. Salazar, M. Esquivel, L. Narváez, O. D. Cardona, R. Durán, A. M. Torres, H. Sanahuja, C. Osorio, J. Calvo, G. Romero y E. Visconti. 2015. "Índice de Gobernabilidad y Políticas Públicas en Gestión de Riesgo de Desastres (iGOPP): Protocolo de Aplicación". Nota técnica del BID no. 720. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Lagunes, P. 2017. "Guardians of Accountability: A Field Experiment on Corruption and Inefficiency in Local Public Works." Documento de trabajo no. C-89335-PER-1. International Growth Centre, London School of Economic and Political Science, Londres.
- Lauletta, M., M. A. Rossi, J. Cruz Vieyra y D. Arisi. 2019. "Monitoring Public Investment: The Impact of MapaRegalías in Colombia." Documento de trabajo del BID no. 1059. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Lawrence, A., E. Baker y C. Lovelock. 2012. "Optimising and Managing Coastal Carbon: Comparative Sequestration and Mitigation Opportunities across Australia's Landscapes and Land Uses." FRDC Report 2011/084. Canberra: Fisheries Research and Development Corporation.
- Lefevre, B., K. Eisenbeiß, N. Yadav y A. Enríquez. 2016. "Save Money and Time by Reducing Greenhouse Gas Emissions from Urban Transport." LEADS in Practice series. Low Emission Development Strategies Global Partnership (LEADS GP). Disponible en https://ledsgp.org/wp-content/uploads/2016/05/LEADS-GP-Save-Time_final.pdf. Consultado en marzo de 2020.
- Lehe, L. 2019. "Downtown Congestion Pricing in Practice." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 100 (marzo): 200-23.
- Lemay, M. et al. 2017. "Bahamas: A Proposal for a Loan for the Climate Resilient Coastal Management and Infrastructure Program." Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Lempert, R. J. y D. G. Groves. 2010. "Identifying and Evaluating Robust Adaptive Policy Responses to Climate Change for Water Management Agencies in the American West." *Technological Forecasting and Social Change* 77(6) julio: 960-74.
- Leong, C. y L. Li. 2017. "Singapore and Sydney: Regulation and Market-making." *Water* 9(6): 434.
- Letnik, T., M. Marksel, G. Luppino, A. Bardi y S. Božičnik. 2018. "Review of Policies and Measures for Sustainable and Energy Efficient Urban Transport." *Energy* 163 (noviembre): 245-57.
- Leurs, R. 2005. "Aid Disbursement Delays: Measures, Causes, Solutions." *Public Administration and Development* 25(5) diciembre: 379-87.

- Liemberger, R. y A. Wyatt. 2019. "Quantifying the Global Non-revenue Water Problem." *Water Supply* 19(3): 831-837.
- Lipscomb, M. y A.M. Mobarak. 2017. "Decentralization and Pollution Spillovers: Evidence from Re-drawing of County Borders in Brazil." *Review of Economic Studies* 84(1): 464-502.
- Litman, T. 2018. "Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning." Documento presentado en la Conferencia Oregon Public Transportation, 29 de octubre, Bend, OR.
- Lobato, M. Z. y J. Suriano. 2000. *Nueva historia argentina: atlas histórico de la Argentina*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- López-Soto, D., A. Mejdalani, A. Nogales, M. Tolmasquim y M. Hallack. 2019. "Advancing the Policy Design and Regulatory Framework for Renewable Energies in Latin America and the Caribbean for Grid-Scale and Distributed Generation." Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Lotti, G., A. Powell y M. Conesa. 2020. "Resilience and Fragility in Global Banking." Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. De próxima publicación.
- Luan, X. L., L. Cheng, Q. Wang y C. Cui. 2018. "Environmental Impacts of Car Sharing." Documento presentado en la Tercera Conferencia Internacional sobre Tecnología de Control Electromecánico y Transporte (ICECTT), 19-21 de enero, Chongqing, China.
- Lucking, B., N. Bloom y J. Van Reenen. 2018. "Have R&D Spillovers Changed?" Documento de trabajo NBER no. 24622. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Maass, J. M. et al. 2005. "Ecosystem Services of Tropical Dry Forests: Insights from Long-Term Ecological and Social Research on the Pacific Coast of Mexico." *Ecology and Society* 10(1): 17.
- Machado, F., A. Huberts y M. Kearney. 2019. "Issue-Voting in Perspective: A Conjoint Analysis of Personal vs. Policy Attributes in Vote Choice." Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Manners-Bell, J. 2019. "Future of Logistics." Nota técnica del BID no. 1658. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Marchau, V. A. W. J., W. E. Walker, P. J. T. M. Bloemen y S. W. Popper, eds. 2019. *Decision Making under Deep Uncertainty: From Theory to Practice*. Cham: Springer International Publishing.
- Marengo, J. A., M. C. Valverde y G. O. Obregón. 2013. "Observed and Projected Changes in Rainfall Extremes in the Metropolitan Area of São Paulo." *Climate Research* 57(1): 61-72.

- Martínez, S., R. Sánchez y P. Yáñez-Pagans. 2018. "Getting a Lift: The Impact of Aerial Cable Cars in La Paz, Bolivia." Documento de trabajo del BID no. 956. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- May, N. 2018. "Local Environmental Impact Assessment as Decision Support for the Introduction of Electromobility in Urban Public Transport Systems." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 64 (octubre): 192-203.
- McCarty, C. y S. K. Smith. 2005. "Florida's 2004 Hurricane Season: Local Effects." *Florida Focus* [BEBR, Universidad de Florida] 1(3) octubre: 1-13.
- McCrea-Strub, A., D. Zeller, U. R. Sumaila, J. Nelson, A. Balmford y D. Pauly. 2011. "Understanding the Cost of Establishing Marine Protected Areas." *Marine Policy* 35(1): 1-9.
- McDonald, R., K. Weber, J. Padowski, T. Boucher y D. Scemie. 2016. "Estimating Watershed Degradation over the Last Century and Its Impact on Water-treatment Costs for the World's Large Cities." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(32): 9117-22.
- McDonald, R., K. Weber, J. Padowski, M. Flörke, C. Schneider, P. A. Green y T. Gleeson. 2014. "Water on an Urban Planet: Urbanization and the Reach of Urban Water Infrastructure." *Global Environmental Change* 27: 96-105.
- McIvor, A. L., I. Möller, T. Spencer y M. Spalding. 2012. "Reduction of Wind and Swell Waves by Mangroves." Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 40, Natural Coastal Protection Series: Report 1. Cambridge, Reino Unido: The Nature Conservancy, The Cambridge Coastal Research Unit y Wetlands International.
- McKinsey Global Institute (with McKinsey's Capital Projects and Infrastructure Practice). 2017. "Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity." Informe. McKinsey and Company, Nueva York, NY.
- McRae, S. D. y F. A. Wolak. 2020. "Retail Pricing in Colombia to Support the Efficient Deployment of Distributed Generation and Electric Vehicles." Documento de trabajo IDB-WP-1021.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Meera, V. y M. Ahammed. 2006. "Water Quality of Rooftop Rainwater Harvesting Systems: A Review." *Aqua: Journal of Water Supply* 55:257-268. Disponible en 10.2166/aqua.2006.008.
- Mehring, A. S., B. E. Hatt, D. Kraikittikun, B. D. Orelo, M. A. Rippy, S. B. Grant, J. P. Gonzalez, S. C. Jiang, R. F. Ambrose y L. A. Levin. 2016. "Soil Invertebrates in Australian Rain Gardens and Their Potential Roles in Storage and Processing of Nitrogen." *Ecological Engineering* 97: 138-43.

- Mejía-Betancourt, A. 2015. "Why Does Understanding the Urban Water Link Matter?" En: I. Aguilar-Barajas, J. Mahlkecht, J. Kaledin, M. Kjellén y A. Mejía-Betancourt, eds., *Water and Cities in Latin America: Challenges for Sustainable Development*. Londres y Nueva York: Routledge.
- Mekonnen, M. y A. Y. Hoekstra. 2011. "National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption. Volume 1: Main Report." Value of Water Research Report Series 50. Delft: UNESCO-IHE Institute for Water Education.
- Mekonnen, M. M., M. Pahlow, M. M. Aldaya, E. Zarate y A. Y. Hoekstra. 2015. "Sustainability, Efficiency and Equitability of Water Consumption and Pollution in Latin America and the Caribbean." *Sustainability* 7(2): 2086-2112.
- Mellado, A. 2014. "Infraestructura de telecomunicaciones para Smart and Sustainable Cities". Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, Lima. Disponible en https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/regulacion_internacional/info_nacional_internacional/documentos/Sentando%20las%20bases%20hacia%20el%20futuro%20desarrollo%20de%20Ciudades%20Inteligentes%20Red%20Dorsal%20Nacional%20de%20Fibra%20%C3%93ptica.pdf. Consultado en marzo de 2020.
- Méndez, F. J. y I. J. Losada. 2004. "An Empirical Model to Estimate the Propagation of Random Breaking and Non-breaking Waves over Vegetation Fields." *Coastal Engineering* 52: 103-118.
- Metcalfe, C., L. Guppy y M. Qadir. 2018. "Global Barriers to Improving Water Quality: A Critical Review." UNU-INWEH Report Series 02. Hamilton, Canadá: Universidad de las Naciones Unidas Instituto para el Agua, el Medio Ambiente y la Salud. Disponible en https://inweh.unu.edu/wp-content/uploads/2018/01/Global-Barriers-To-Improving-Water-Quality-A-Critical-Review_web.pdf.
- Metropolitan Transportation Commission. 2009. "Transportation 2035 Plan for the San Francisco Bay Area." Metropolitan Transportation Commission, Oakland, CA. Disponible en https://mtc.ca.gov/sites/default/files/0-ToC_and_Preamble-Final.pdf. Consultado en marzo de 2020.
- Mi Teleférico. 2019. "Los números de Mi Teleférico: 2014-2019". Mi Teleférico, La Paz, Bolivia. Disponible en https://issuu.com/miteleferico/docs/los_n_meros_de_mi_telef_rico. Consultado en abril de 2020.
- Mideksa, T. K. y S. Kallbekken. 2010. "The Impact of Climate Change on the Electricity Market: A Review." *Energy Policy* 38(7) julio: 3579-85.
- Millard-Ball, A., R. Weinberger y R. C. Hampshire. 2016. "Cruising for Parking: Lessons from San Francisco." *Access [University of California Transportation Center]* 49 (otoño): 8-15.

- Millward, R. 2005. *Private and Public Enterprise in Europe: Energy, Telecommunications and Transport, 1830–1990*. Nueva York, NY: Cambridge University Press.
- Milner, A. y E. Yayboke, eds. 2019. *Beyond Technology: The Fourth Industrial Revolution in the Developing World*. Washington, DC: Centro de Estudios Internacionales y Estratégicos.
- Ministério da Cidadania. 2020. “Carta de Serviços ao Usuário”. Consultado en: Programa Cisternas-água para beber e para agricultura: <http://mds.gov.br/aceso-a-informacao/mds-pra-voce/carta-de-servicos/gestor/alimentacao-e-aceso-a-agua/cisternas>.
- Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. 2019. “Plan nacional de infraestructura para la competitividad”. Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, Lima. Disponible en https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_privada/planes/PNIC_2019.pdf. Consultado en febrero de 2020.
- Ministerio de Transporte de Nueva Zelanda. 2014. “Future Demand: New Zealand Transport and Society: Scenarios to 2042.” Ministerio de Transporte de Nueva Zelanda, Wellington. Disponible en <https://www.transport.govt.nz/assets/Uploads/Our-Work/Documents/fd-scenarios-for-2042.pdf>. Consultado en marzo de 2020.
- Mishra, D. R., S. Narumalani, D. Rundquist y M. Lawson. 2005. “High-resolution Ocean Color Remote Sensing of Benthic Habitats: A Case Study at the Roatan Island, Honduras.” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 43(7): 1592-1604.
- MMC (Multihazard Mitigation Council). 2005. “Natural Hazard Mitigation Saves: An Independent Study to Assess the Future Savings from Mitigation Activities.” Trabajo de investigación. MMC, National Institute of Building Sciences, Washington, DC.
- Mokyr, J., C. Vickers y N. L. Ziebarth. 2015. “The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?” *Journal of Economic Perspectives* 29(3) verano: 31-50.
- Monteverde, H., A. Pereyra y M. Pérez. 2016. “Manual para la estimación y el seguimiento del costo de un programa de infraestructura”. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Disponible en <https://publications.iadb.org/handle/11319/7682>. Consultado en marzo de 2020.
- Moreno, L. A. 2017. “How Tech can Fight Corruption in Latin America and the Caribbean.” Foro Económico Mundial, 14 de diciembre. Disponible en <https://www.weforum.org/agenda/2017/12/how-technology-is-becoming-a-powerful-ally-in-the-fight-against-corruption-in-latin-america-and-the-caribbean>. Consultado en marzo de 2020.

- Morillo Carrillo, L., D. López-Soto, M. Espinosa Valderrama, A. Cadena and M. Hallack. 2019. "Alineamiento de las políticas energéticas y los compromisos climáticos de los países en Latinoamérica: Una comparación entre las NDCs y las trayectorias de emisiones de la generación eléctrica". Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Morton, C., J. Anable, G. Yeboah y C. Cottrill. 2018. "The Spatial Pattern of Demand in the Early Market for Electric Vehicles: Evidence from the United Kingdom." *Journal of Transport Geography* 72(octubre): 119-30.
- Moszoro, M.W. 2019. "The Financing of Infrastructure Services." Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Manuscrito.
- Murphy, T. E. 2020. "A Road for Prometheus: Technological Disruptions and Infrastructure Investments in History." Nota técnica del BID no. 1872. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Musacchio, A. y E. I. Pineda Ayerbe, eds. 2019. *Fixing State-Owned Enterprises: New Policy Solutions to Old Problems*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Naciones Unidas. 2015a. "Agenda de Acción de Addis Abeba de la Tercera Conferencia Internacional sobre el Financiamiento para el Desarrollo". Nueva York, NY: Naciones Unidas.
- . 2015b. "Acuerdo de París". Naciones Unidas, Nueva York, NY. Disponible en https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch_XXVII-7-d.pdf. Consultado en marzo de 2020.
- NACTO (National Association of City Transportation Officials). 2019. "Shared Micromobility in the U.S.: 2018." Informe. NACTO, Nueva York, NY. Disponible en <https://nacto.org/shared-micromobility-2018/>. Consultado en marzo de 2020.
- Nahlik, A. M. y M. S. Fennessy. 2016. "Carbon Storage in US Wetlands." *Nature Communications* 7:13835.
- Nansubuga, I., N. Banadda, W. Verstraete y K. Rabaey. 2016. "A Review of Sustainable Sanitation Systems in Africa." *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 15: 465-478.
- Narayan, S., M. W. Beck, B. G. Reguero, I. J. Losada, B. Van Wesenbeeck, N. Pontee, J. N. Sanchirico, J. C. Ingram, G. M. Lange y K. A. Burks-Copes. 2016. "The Effectiveness, Costs and Coastal Protection Benefits of Natural and Nature-based Defences." *PloS One* 11(5): 1-17.
- NASA (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio). 2020. "GRACE Sees Groundwater Losses around the World." Pasadena, CA: National Aeronautics and Space Administration, Jet Propulsion Laboratory. Disponible en <https://grace.jpl.nasa.gov/resources/9/grace-sees-groundwater-losses-around-the-world/>.

- Navajas F. 1991. "Direct Controls and Efficiency in Public Enterprises." Anales de la Reunión Anual de la AAEP, Santiago del Estero, Argentina. Disponible en <https://aaep.org.ar/anales/works/works1991/Navajas-Fernando.pdf>.
- Navajas, F. 2018. "Impuestos y cargos específicos en las tarifas de los servicios de infraestructura". Nota técnica IDB-TN-1473. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Nemati, M. y J. Penn. 2018. "The Impact of Social Norms, Feedback y Price Information on Conservation Behavior: A Meta-Analysis." Econpaper 274431 preparado para la Reunión Anual de 2018 de la Agricultural and Applied Economics Association, Washington, DC, 5-7 de agosto.
- Neto, D. C. S., C. O. Cruz y J. M. Sarmiento. 2017. "Understanding the Patterns of PPP Renegotiations for Infrastructure Projects in Latin America: The Case of Brazil." *Competition and Regulation in Network Industries* 18(3-4): 271-96.
- Nobre, C. A. y A. F. Young, eds. 2011. *Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo: relatório final*. São José dos Campos, São Paulo, Brasil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; y Campinas, São Paulo, Brasil: Universidade Estadual de Campinas.
- Nordhaus, W. D. 1996. "Do Real-Output and Real-Wage Measures Capture Reality? The History of Lighting Suggests Not." En: T. F. Bresnahan y R. J. Gordon, eds., *The Economics of New Goods*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Nordman, E., E. Isely, P. Isely y R. Denning. 2018. "Benefit-Cost Analysis of Stormwater Green Infrastructure Practices for Grand Rapids, Michigan, USA." *Journal of Cleaner Production* 200: 501-10.
- Nowak, G., R. Viereckl, P. Kauschke y F. Starke. 2018. "The Era of Digitized Trucking: Charting Your Transformation to a New Business Model." Berlín: PriceWaterhouseCooper (PwC). Disponible en <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2018/the-era-of-digitized-trucking/the-era-of-digitized-trucking-charting-your-transformation.pdf>.
- Noyola, A., A. Padilla-Rivera, J. Morgan-Sagastume, L. Güereca y F. Hernández-Padilla. 2012. "Typology of Municipal Wastewater Treatment Technologies in Latin America." *Clean Soil Air Water* 40: 926-932.
- Nuguer, V. y A. Powell. 2020. "Políticas y proyecciones para América Latina y el Caribe en tiempos de la Covid-19". Informe Macroeconómico de América Latina y el Caribe. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.

- NYC DOT (Departamento de Transporte de la Ciudad de Nueva York). 2019. "New York City Mobility Report." NYC DOT, Nueva York, NY. Disponible en <https://www1.nyc.gov/html/dot/downloads/pdf/mobility-report-singlepage-2019.pdf>. Consultado en marzo de 2020.
- Ocampo-Melgar, A., S. Vicuña, J. Gironás, R. G. Varady y C. A. Scott. 2016. "Scientists, Policymakers y Stakeholders Plan for Climate Change: A Promising Approach in Chile's Maipo Basin." *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 58(5): 24-37.
- OCHA (Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios). 2020. "Natural Disasters in Latin America and the Caribbean." Balboa: OCHA. Disponible en <https://reliefweb.int/report/world/natural-disasters-latin-america-and-caribbean-2000-2019>.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2015. *OECD Guidelines on Corporate Governance of State-Owned Enterprises 2015*. París: Publicación de la OCDE.
- . 2017a. *Gaps and Governance Standards of Public Infrastructure in Chile: Infrastructure Governance Review*. París: Publicación de la OCDE.
- . 2017b. *Behavioral Insights and Public Policy: Lessons from Around the World*. París: Publicación de la OCDE.
- OCDE/BID. 2016. *Broadband Policies for Latin America and the Caribbean: A Digital Economy Toolkit*. París: Publicación de la OCDE.
- Ofgem (Oficina de Mercados de Gas y Electricidad). 2010. "RPI-X@20 Emerging Thinking Consultation Document: Alternative Ex Ante and Ex Post Regulatory Frameworks." Documento de apoyo. Ofgem, Londres. Disponible en <https://www.ofgem.gov.uk/ofgem-publications/51950/et-alternatives.pdf>. Consultado en mayo de 2020.
- Oficina de la Presidencia de Chile. 2000. "Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales". Decreto Supremo no. 90, 30 de mayo. Gobierno de Chile, Santiago de Chile. Disponible en <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=182637>. Consultado en abril de 2020.
- Oficina Nacional de Estadísticas del Reino Unido. 2014. "Commuting and Personal Well-Being, 2014." Informe. Oficina Nacional de Estadísticas del Reino Unido, Londres.
- OIT (Organización Internacional del Trabajo). 2018a. *Panorama laboral de América Latina y el Caribe 2018*. Lima: OIT/Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- . 2018b. *Perspectivas sociales y del empleo en el mundo 2018: Greening with Jobs*. Ginebra: OIT.

- Okuyama, Y. y A. Rose, eds. 2019. *Advances in Spatial and Economic Modelling of Disaster Impacts*. Advances in Spatial Science series. Cham, Suiza: Springer.
- OLADE (Organización Latinoamericana de Energía). 2019. "Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe". Quito: OLADE. Disponible en <http://sier.olade.org/default.aspx>.
- Olia, A., S. Razavi, B. Abdulhai y H. Abdelgawad. 2018. "Traffic Capacity Implications of Automated Vehicles Mixed with Regular Vehicles." *Journal of Intelligent Transportation Systems* 22(3): 244-62.
- Olmstead, S.M. 2010. "The Economics of Managing Scarce Water Resources." *Review of Environmental Economics and Policy* 4(2): 179-198.
- OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual). 2009. "Patent-based Technology Analysis Report: Alternative Energy Technology." Ginebra: OMPI.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2017. "Urban Green Spaces: A Brief for Action." Copenhague: OMS.
- O'Rourke, K. H. y J. G. Williamson. 1999. *Globalization and History: The Evolution of a Nineteenth-Century Atlantic Economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- OSIPTEL (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones). 2017. "Informe de análisis y recomendaciones sobre la situación comercial de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO)". Informe no. 198-GPRC/2017. OSIPTEL, Lima. Disponible en <https://www.osiptel.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/par/inf198-gprc-2017/Inf198-GPRC-2017.pdf>. Consultado en marzo de 2020.
- Otterpohl, R., U. Braun y M. Oldenburg. 2003. "Innovative Technologies for Decentralized Water, Wastewater and Bio-waste Management in Urban and Peri-Urban Areas." *Water Science and Technology* 48(11-12): 23-32.
- Ozment, S. et al. 2018. "Natural Infrastructure in São Paulo's Water System." Washington, DC: World Resources Institute.
- Ozment, S., K. DiFrancesco y T. Gartner. 2015. "Natural Infrastructure in the Nexus." Nexus Dialogue Synthesis Papers. Gland: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Páez, T., J. Alberty y N. Rezzano. 2019. "Eficiencia en la inversión en infraestructura de agua y saneamiento: estudio de casos en base al análisis de tendencias de consumo doméstico". Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Pacheco-Vega, R. 2015. "Urban Wastewater Governance in Latin America: Panorama and Reflections for a Research Agenda." En: Aguilar-Barajas, J. Mahlknecht, J. Kaledin, M. Kjellén y A. Mejía-Betancourt, eds.,

- Water and Cities in Latin America: Challenges for Sustainable Development*. Londres y Nueva York: Routledge.
- Paredes, J. 2017. “La Red del Futuro: Desarrollo de una Red Eléctrica Limpia y Sostenible para América Latina”. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Pastor, C. 2019. *El mantenimiento como herramienta para conseguir infraestructura de alta calidad y durabilidad*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Pastor, C., T. Serebrisky y A. Suárez-Alemán. 2018. “Impuestos a los Servicios Públicos Domiciliarios en América Latina y el Caribe: Un Análisis Descriptivo de las Tasas sobre los Servicios de Agua y Electricidad”. Monografía del BID no.674. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- . 2019. “Index of Regulators Governance 2019.” Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Documento inédito.
- Peña, H., M. Luraschi y S. Valenzuela. 2004. “Agua, desarrollo y políticas públicas: estrategias para la inserción del agua en el desarrollo sostenible”. Documento de discusión. Comité Técnico Asesor para América del Sur de la Asociación Mundial Del Agua (SAMTAC/GWP), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile. Disponible en <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/2/23342/InCh01704.pdf>. Consultado en abril de 2020.
- Pérez, M. y A. Pereyra. 2019. “Contratación de los contratos por niveles de servicio: ¿qué hemos aprendido?” Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- Pérez, M., A. Pereyra y G. Sanroman. 2020. “Contratos por Niveles de Servicio: ¿Mayor Asignación Presupuestal o Mayor Eficiencia?” Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Publicación pendiente.
- Perraudin, W., A. Powell y P. Yang. 2016. “Multilateral Development Bank Ratings and Preferred Creditor Status.” Documento de trabajo IDB-WP-697. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Perrotti, D. E. y R. J. Sánchez. 2011. “La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe”. Natural Resources and Infrastructure Series no. 153. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2016. *Snapshot of the World's Water Quality: Towards a Global Assessment*. Nairobi: PNUMA.
- . 2018. *Emissions Gap Report 2018*. Nairobi: PNUMA.

- PNUMA-DHI (Asociación Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2014. *Green Infrastructure: Guide for Water Management*. Nairobi: PNUMA, Centre on Water and the Environment.
- PNUMA-WCMC (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación). 2006. In the Front Line: Shoreline Protection and Other Ecosystem Services from Mangroves and Coral Reefs. Cambridge, Reino Unido: PNUMA-WCMC.
- Posada-Carbó, E. 1996. *The Colombian Caribbean: A Regional History, 1870-1950*. Nueva York, NY: Oxford University Press.
- Prats Cabrera, J. y P. Puig Gabarró. 2017. *Telecommunications Governance: Toward the Digital Economy*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Programa Estado de la Nación. 2018. *Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible*. San José, Costa Rica: Programa Estado de la Nación.
- Prudhomme, C., I. Giuntoli, E. L. Robinson, D. B. Clark, N. W. Arnell, R. Dankers, B. M. Fekete, W. Franssen, D. Gerten, S. N. Gosling, S. Hagemann, D. M. Hannah, H. Kim, Y. Masaki, Y. Satoh, T. Stacke, Y. Wada y D. Wisser. 2014. "Hydrological Droughts in the 21st Century, Hotspots and Uncertainties from a Global Multimodel Ensemble Experiment." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(9) marzo: 3262-67.
- Puig Gabarró, P. 2019. "Análisis y diagnóstico del estado de situación de las telecomunicaciones en América Latina y el Caribe". Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC. Documento inédito.
- REN21. 2019. "Renewables 2019 Global Status Report." París, Francia: Secretaría REN21.
- Reyes-Tagle, G. 2018. "Bringing PPPs into the Sunlight: Synergies Now and Pitfalls Later?" Monografía del BID no. 617. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Ricover A., T. Serebrisky y A. Suárez-Alemán. 2018. "Mercado Aéreo en Sudamérica: Comparación de Costos Aeroportuarios y Regulaciones Laborales". Monografía del BID no. 619. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Rivas, M. E., T. Serebrisky y A. Calatayud. 2019. "¿Sabías que tener un auto privado en la región cuesta 4.600 dólares anuales?" *Moviliblog* (blog), Banco Interamericano de Desarrollo, 31 de octubre. Disponible en <https://blogs.iadb.org/transporte/es/sabias-que-tener-un-auto-privado-en-la-region-cuesta-4-600-dolares-anuales/>. Consultado en marzo de 2020.

- Rivas, M. E., T. Serebrisky y A. Suárez-Alemán. 2018. “¿Qué tan asequible es el transporte en América Latina y el Caribe?” Nota técnica del BID no. 1588. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Rivas, M. E., A. Suárez-Alemán y T. Serebrisky. 2019a. “Hechos estilizados de transporte urbano en América Latina y el Caribe”. Nota técnica del BID no. 1640. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- . 2019b. *Políticas de transporte urbano en América Latina y el Caribe: Dónde estamos, cómo llegamos aquí y hacia dónde vamos*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Rivera León, L., K. Bergquist, S. Wunsch-Vincent, N. Xu y K. Fushimi. 2018. “Measuring Innovation in Energy Technologies: Green Patents as Captured by WIPO’s IPC Green Inventory.” Documentos de trabajo sobre investigaciones económicas 44, OMPI. Ginebra: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.
- Robert Triffin International. 2019. “Managing Global Liquidity as a Public Good.” Informe de un grupo de trabajo Robert Triffin International presidido por Bernard Snoy y con los relatores André Icard y Philip Turner, diciembre de 2019. Disponible en http://www.triffininternational.eu/images/global_liquidity/RTI-CSF_Report-Global-Liquidity_Dec2019.pdf.
- Rodríguez, D.J. et al. 2020. “From Waste to Resource: Shifting Paradigms for Smarter Wastewater Interventions in Latin America and the Caribbean.” Washington, DC: Banco Mundial. Disponible en <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33436>.
- Rodríguez Hernández, C. y T. Peralta-Quirós. 2016. “Balancing Financial Sustainability and Affordability in Public Transport: The Case of Bogotá, Colombia.” Documento de discusión no. 2016/16 del Foro Internacional de Transporte. Publicación de la OCDE, París.
- Rodríguez Pardina, M. y J. Schiro. 2018. “Talking Stock of Economic Regulation of Power Utilities in the Developing World: A Literature Review.” Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 8461. Banco Mundial, Washington, DC.
- Rogerson, W.P. 1992. “Contractual Solutions to the Hold-Up Problem.” *Review of Economic Studies* 4(59): 777-793.
- Rose, A. y D. Wei. 2013. “Estimating the Economic Consequences of a Port Shutdown: The Special Role of Resilience.” *Economic Systems Research* 25(2): 212-32.
- Rovira, C., M. Sánchez y M. D. Rovira. 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

- técnica IDB-TN-1679. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Rozenberg, J. y M. Fay, eds. 2019. *Beyond the Gap: How Countries Can Afford the Infrastructure They Need While Protecting the Planet*. Series Sustainable Infrastructure. Washington, DC: Banco Mundial.
- Ruiz-Nuñez, F. y Z. Wei. 2015. "Infrastructure Investment Demands in Emerging Markets and Developing Economies." Documento de trabajo sobre investigaciones relativas a políticas no. 7414. Banco Mundial, Washington, DC.
- Runde, D. F., E. K. Yayboke y S. R. Ramanujam. 2019. "Achieving Sustainability through Quality Infrastructure." Informe de políticas. Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales, Washington, DC.
- SABESP. 2020. "Pitch Sabesp". São Paulo, Brasil: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo S.A. (SABESP). Disponible en <http://www.sabesp.com.br/pitchsabesp/>.
- Saint-Pierre, E., H. San Martín y D. Solar. 2017. "Evaluación de Esquema de Costos y Sistema de Financiamiento de Concesiones Hospitalarias". Santiago de Chile: Ministerio de Salud.
- Sánchez, R. J., J. Hoffmann, A. Micco, G. V. Pizzolitto, M. Sgut y G. Wilmsmeier. 2003. "Port Efficiency and International Trade: Port Efficiency as a Determinant of Maritime Transport Costs." *Maritime Economics & Logistics* 5(2): 199-218.
- Sánchez, R. J., J. Lardé, P. Chauvet y A. Jaimurzina. 2017. "Inversiones en infraestructura en América Latina: tendencias, brechas y oportunidades". Natural Resources and Infrastructure Series no. 187. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- Sandoval-Herazo, L. C., A. Alvarado-Lassman, J. L. Marín-Muñiz, J. M. Méndez-Contreras y S. A. Zamora-Castro. 2018. "Effects of the Use of Ornamental Plants and Different Substrates in the Removal of Wastewater Pollutants through Microcosms of Constructed Wetlands." *Sustainability* 10: 1594.
- Sanin, M. E. 2019. *Zooming into Successful Energy Policies in Latin America and the Caribbean: Reasons for Hope*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Santamouris, M., C. Pavlou, P. Doukas, G. Mihalakakou, A. Synnefa, A. Hatzibiros y P. Patargias. 2005. "Investigating and Analysing the Energy and Environmental Performance of an Experimental Green Roof System Installed in a Nursery School Building in Athens, Greece." *Energy* 32(9):1781-88.
- Schaeffer, B. A., K. G. Schaeffer, K. Darryl, R. S. Lunetta, R. Conmy y R. W. Gould. 2013. "Barriers to Adopting Satellite Remote Sensing for Water

- Quality Management.” *International Journal of Remote Sensing* 34(21): 7534-7544.
- Schaffitzel, F., M. Jakob, R. Soria, A. Vogt-Schilb y H. Ward. 2020. “Can Government Transfers Make Energy Subsidy Reform Socially Acceptable? A Case Study on Ecuador.” *Energy Policy* 137(febrero), <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111120>.
- Scholl, L., C. Bouillon, D. Oviedo, L. Corsetto y M. Jansson. 2016. “Urban Transport and Poverty: Mobility and Accessibility Effects of IDB-Supported BRT Systems in Cali and Lima.” Informe técnico. Oficina de Evaluación y Supervisión, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Schultz, P. W., J. M. Nolan, R. B. Cialdini, N. J. Goldstein y V. Griskevicius. 2007. “The Constructive, Destructive y Reconstructive Power of Social Norms.” *Psychological Science* 18(5) Mayo: 429-34.
- Schumpeter, J. A. 1942. *Capitalism, Socialism and Democracy*. Nueva York, NY: Harper & Brothers.
- Scorcia, H. 2018. “Retos y oportunidades para el financiamiento de la operación del transporte público en Ciudad de Panamá”. *Transporte y desarrollo en América Latina* 1(1): 31-52.
- Secretaría de Energía (Sener). 2018. “Prospectiva del Sector Eléctrico 2018-2032”. Ciudad de México: Secretaría de Energía.
- SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima). 2018. “Informe de sostenibilidad 2018”. Informe. SEDAPAL, Lima.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)/INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2016. “Mexico’s Climate Change Mid-Century Strategy.” SEMARNAT e INECC, Ciudad de México. Disponible en https://unfccc.int/files/focus/long-term_strategies/application/pdf/mexico_mcs_final_cop22nov16_red.pdf. Consultado en marzo de 2020.
- SEP (Sistema de Empresas). 2006. *La modernización del sector sanitario en Chile*. Santiago de Chile: SEP. Disponible en http://www.sepchile.cl/fileadmin/ArchivosPortal/SepChile/Documentos/Publicaciones/libro_modernizacion.pdf. Consultado en abril de 2020.
- Serebrisky, T. 2014. “Mega-Cities and Infrastructure in Latin America: What Its People Think.” Folleto. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Serebrisky, T., A. Gómez-Lobo, N. Estupiñán y R. Muñoz-Raskin. 2009. “Affordability and Subsidies in Public Urban Transport: What Do We Mean, What Can Be Done?” *Transport Reviews* 29(6): 715-39.
- Serebrisky, T., A. Suárez-Alemán, D. Margot y M. C. Ramírez. 2015. “Financiamiento de la infraestructura en América Latina y el Caribe:

- ¿Cómo, cuánto y quién?” Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Serebrisky, T., A. Suárez-Alemán, C. Pastor y A. Wohlhueter. 2017. “Aumentando la eficiencia en la provisión de infraestructura pública: Evidencia de potenciales aumentos de eficiencia en el Gasto en Infraestructura Pública en América Latina y el Caribe”. Informe. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- . 2018. “Lifting the Veil on Infrastructure Investment Data in Latin America and the Caribbean.” Nota técnica IDB-TN-1366. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Settimo R. 2017. “Towards a More Efficient Use of Multilateral Development Banks’ Capital.” Documento ocasional 393. Roma: Banca d’Italia.
- Shafique, M., R. Kim y K. Kyung-Ho. 2018. “Green Roof for Stormwater Management in a Highly Urbanized Area: The Case of Seoul, Korea.” *Sustainability* 10(3):584.
- Shaheen, S., H. Totte y A. Stocker. 2018. “Future of Mobility White Paper.” Institute of Transportation Studies, UC Berkeley, Berkeley, CA.
- Sharp, R., et al. 2018. “INVEST 3.5.0 User’s Guide.” The Natural Capital Project. Stanford, CA: Universidad de Stanford, Universidad de Minnesota, The Nature Conservancy y Fondo Mundial para la Naturaleza.
- Sherpa, A. M., T. Koottatep, C. Zurbruegg y G. Cissé. 2014. “Vulnerability and Adaptability of Sanitation Systems to Climate Change.” *Journal of Water and Climate Change* 5(4): 487-495.
- Shuster, W., R. Darner, L. Schifman y D. Herrmann. 2017. “Factors Contributing to the Hydrologic Effectiveness of a Rain Garden Network (Cincinnati OH USA).” *Infrastructures* 2(3): 11.
- Silva, R., D. Lithgow, L. Esteves, M. L. Martínez, P. Moreno-Casasola, R. Martell, P. Pereira, E. Mendoza, A. Campos-Cascaredo, P. Winckler Grez, A. Osorio, J. Osorio-Cano y G.D. Rivillas. 2017. “Coastal Risk Mitigation by Green Infrastructure in Latin America.” *Maritime Engineering* 170(2): 1-16.
- Silva, R., E. Mendoza, I. Mariño-Tapia, M. L. Martínez y E. Escalante. 2016. “An Artificial Reef Improves Coastal Protection and Provides a Base for Coral Recovery.” *Journal of Coastal Research* 75(sp1): 467-471.
- Singh, S. y A. Mishra. 2014. “Deforestation-induced Costs on the Drinking Water Supplies of the Mumbai Metropolitan, India.” *Global Environmental Change* 27: 73-83.
- Smith, B. R. 2009. “Re-thinking Wastewater Landscapes: Combining Innovative Strategies to Address Tomorrow’s Urban Wastewater Treatment Challenges.” *Water Science and Technology* 60(6):1465-73.

- SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). 2019. “Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2018”. Informe. SNIS, Brasília. Disponible en <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>. Consultado en abril de 2020.
- Solano-Rodríguez, B., S. Pye, P.-H. Li, P. Ekins, O. Manzano y A. Vogt-Schilb. 2019. “Implications of Climate Targets on Oil Production and Fiscal Revenues in Latin America and the Caribbean.” Documento de discusión del BID no. 701. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Sønderlund, A. L., J. R. Smith, C. J. Hutton, Z. Kapelan y D. Savic. 2016. “Effectiveness of Smart Meter-Based Consumption Feedback in Curbing Household Water Use: Knowns and Unknowns.” *Journal of Water Resources Planning and Management* 142(12), [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000703](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000703).
- Soteropoulos, A., M. Berger y F. Ciari. 2019. “Impacts of Automated Vehicles on Travel Behaviour and Land Use: An International Review of Modelling Studies.” *Transport Reviews* 39(1): 29-49.
- Stovin, V. 2010. “The Potential of Green Roofs to Manage Urban Stormwater.” *Water and Environment Journal* 24(3):192-99.
- Stults, M. y L. Larsen. 2018. “Tackling Uncertainty in US Local Climate Adaptation Planning.” *Journal of Planning Education and Research*, <https://doi.org/10.1177/0739456X18769134>.
- Suárez-Alemán, A. y T. Serebrisky. 2017. “¿Los teleféricos como alternativa de transporte urbano? Ahorros de tiempo en el sistema de teleférico urbano más grande del mundo: La Paz-El Alto”. Informe. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Suárez-Alemán, A., T. Serebrisky y S. Perelman. 2019. “Benchmarking Economic Infrastructure Efficiency: How Does the Latin America and Caribbean Region Compare?” *Utilities Policy* 58(junio): 1-15.
- Suárez-Alemán, A., G. Astesiano y O. Ponce de León. 2020a. “Perfil de las asociaciones público-privadas en puertos de América Latina y el Caribe: Principales cifras y tendencias del sector”. Monografía IDB-MG-792. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- . 2020b. “Perfil de las asociaciones público-privadas en aeropuertos de América Latina y el Caribe: Principales cifras y tendencias del sector”. Monografía IDB-MG-788. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Suárez-Alemán, A., J. M. Sarriera, T. Serebrisky y L. Trujillo. 2016. “When It Comes to Container Port Efficiency, Are All Developing Regions Equal?” *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 86: 56-77.

- SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento). 2020. “Estudio tarifario: determinación de la fórmula tarifaria, estructuras tarifarias y metas de gestión aplicables a la empresa Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima SEDAPAL S.A. para el Quinquenio Regulatorio 2015-2020”. Lima: SUNASS.
- Sutton-Grier, A. E., K. Wowk y H. Bamford. 2015. “Future of Our Coasts: The Potential for Natural and Hybrid Infrastructure to Enhance the Resilience of Our Coastal Communities, Economies and Ecosystems.” *Environmental Science & Policy* 51: 137-148.
- Tech Wire Asia. 2017. “IBM’s Watson Puts the AI in Air Travel.” Tech Wire Asia, Kuala Lumpur. Disponible en <https://techwireasia.com/2017/10/ibms-watson-puts-the-ai-in-air-travel/>. Consultado en marzo de 2020.
- Thames Water. 2020. “Help and Advice: Spotted a Leak.” Londres: Thames Water. Disponible en <https://www.thameswater.co.uk/help-and-advice>.
- Thebo, A. L., P. Drechsel, E. F. Lambin y K. L. Nelson. 2017. “A Global, Spatially-explicit Assessment of Irrigated Croplands Influenced by Urban Wastewater Flows.” *Environmental Research Letters* 12(7): 074008.
- Thomas, E., L. A. Andrés, C. Borja-Vega y G. Sturzenegger. 2018. *Innovations in WASH Impact Measures: Water and Sanitation Measurement Technologies and Practices to Inform the Sustainable Development Goals*. Washington, DC: Banco Mundial.
- Tiefenbeck, V., L. Goette, K. Degen, V. Tasic, E. Fleisch, R. Lalive y T. Staake. 2018. “Overcoming Saliency Bias: How Real-Time Feedback Fosters Resource Conservation.” *Management Science* 64(3) marzo: 1458-76.
- Tirachini, A. y A. Gómez-Lobo. 2020. “Does Ride-Hailing Increase or Decrease Vehicle Kilometers Traveled (VKT)? A Simulation Approach for Santiago de Chile.” *International Journal of Sustainable Transportation* 14(3): 187-204.
- TNS Opinion and Social. 2014. “Quality of Transport.” Informe especial Eurobarómetro no. 422a. Comisión Europea, Bruselas. Disponible en https://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_422a_en.pdf. Consultado en abril de 2020.
- Toxopeus, H. y F. Polzin. 2017. “Characterizing Nature-based Solutions from a Business Model and Financing Perspective.” Naturvation. Utrecht: Horizon 2020 y Universidad de Utrecht. Disponible en https://naturvation.eu/sites/default/files/news/files/naturvation_characterizing_nature-based_solutions_from_a_business_model_and_financing_perspective.pdf.
- TransMilenio. 2019. “Informe de gestión 2018”. TransMilenio, Bogotá. Disponible en <https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/151119/informe-de-gestion-2018/>. Consultado en marzo de 2020.

- TrataBrasil. 2019. “Perdas de Água 2019: Desafios para Disponibilidade Hídrica e Avanço da Eficiência do Saneamento Básico”. Disponible en http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/Estudo_de_Perdas_2019_5.pdf.
- Trang, N. T. D., D. Konnerup, H. H. Schierup, N. H. Chiem y H. Brix. 2010. “Kinetics of Pollutant Removal from Domestic Wastewater in a Tropical Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland System: Effects of Hydraulic Loading Rate.” *Ecological Engineering* 36(4): 527-535.
- Troncoso, R. y L. de Grange. 2017. “Fare Evasion in Public Transport: A Time Series Approach.” *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 100 (junio): 311-18.
- Uhlenbrook, S., R. Connor, E. Koncagul y D. Coates. 2018. “Nature-Based Solutions for Water.” Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos.
- UK Government Office for Science. 2019. “A Time of Unprecedented Change in the Transport System.” Informe. UK Government Office for Science, Londres. Disponible en https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/780868/future_of_mobility_final.pdf. Consultado en marzo de 2020.
- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo). 2014. *Investing in the SDGs: An Action Plan*. World Investment Report 2014. Ginebra: Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo
- Universidad de los Andes y Banco Interamericano de Desarrollo. 2018. “Agua en América Latina: Abundancia en Medio de la Escasez Mundial”. Disponible en <https://courses.edx.org/courses/course-v1:IDBx+IDB3x+1T2018/course/>.
- Urbiztondo, S., F. Navajas y D. Barril. 2020. “Regulation of Public Utilities of the Future in Latin America and the Caribbean: The Argentine Electricity Sector.” Nota técnica IDB-TN-1804. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- van der Waals, J. 2000. “The Compact City and the Environment: A Review.” *Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie* 91(2): 111-121.
- Vázquez-Rowe, I., R. Kahhat y Y. Lorenzo-Toja. 2017. “Natural Disasters and Climate Change Call for the Urgent Decentralization of Urban Water Systems.” *Science of the Total Environment* 605-606: 246--250.

- Venter, C. y R. Behrens. 2005. "Transport Expenditure: Is the 10% Policy Benchmark Appropriate?" En *Proceedings of the 24th Southern African Transport Conference (SATC) 2005*. Pretoria: SATC.
- Verbyla, M. E., S. M. Oakley y J. R. Mihelcic. 2013. "Wastewater Infrastructure for Small Cities in an Urbanizing World: Integrating Protection of Human Health and the Environment with Resource Recovery and Food Security." *Environmental Science and Technology* 47(8):3598-3605.
- Vergara, W., J. V. Fenhann y M. C. Schletz. 2015. "Zero Carbon Latin America: A Pathway for Net Decarbonisation of the Regional Economy by Mid-Century." Documento prospectivo. Informe. Asociación PNUMA DTU, Copenhague.
- Vincent, J. R., I. Ahmad, N. Adnan, W. B. Burwell, S. K. Pattanayak, J. S. Tan-Soo y K. Thomas. 2016. "Valuing Water Purification by Forests: An Analysis of Malaysian Panel Data." *Environmental and Resource Economics* 64(1): 59-80.
- Viteri Andrade, A. 2019. "Impacto económico y laboral del retiro y/o reconversión de unidades a carbón en Chile". Documento de discusión del BID no. 717. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Voege, T. 2019. "The Future of Transport Services." Documento de discusión del BID no. 680. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Vogl, A. L., B. P. Bryant, J. E. Hunink, S. Wolny, C. Apse y P. Droogers. 2017. "Valuing Investments in Sustainable Land Management in the Upper Tana River Basin, Kenya." *Journal of Environmental Management* 195: 78-91.
- Vogt-Schilb, A. y K. Feng. 2019. "The Labor Impact of Coal Phase Down Scenarios in Chile." Documento de discusión del BID no. 716. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Vogt-Schilb, A., B. Walsh, K. Feng, L. Di Capua, Y. Liu, D. Zuluaga, M. Robles y K. Hubacek. 2019. "Cash Transfers for Pro-Poor Carbon Taxes in Latin America and the Caribbean." *Nature Sustainability* 2 (octubre): 941-48.
- Vymazal, J. 2014. "Constructed Wetlands for Treatment of Industrial Wastewaters: A Review." *Ecological Engineering* 73: 724-751.
- Wang, M., D. Q. Zhang, J. W. Dong y S. K. Tan. 2017. "Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Cold Climate: A Review." *Journal of Environmental Sciences* 57: 293-311
- Warziniack, T., C. H. Sham, R. Morgan y Y. Feferholtz. 2017. "Effect of Forest Cover on Water Treatment Costs." *Water Economics and Policy* 3(4): 1750006.
- Watkins, G., S.-U. Mueller, H. Meller, M. C. Ramírez, T. Serebrisky y A. Georgoulas. 2017. "Lecciones de cuatro décadas de conflicto en torno a

- proyectos de infraestructura en América Latina y el Caribe”. Informe. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.
- Wisser, D., S. Froking, E. M. Douglas, B. M. Fekete, C. J. Vörösmarty y A. H. Schumann. 2008. “Global Irrigation Water Demand: Variability and Uncertainties Arising from Agricultural and Climate Data Sets.” *Geophysical Research Letters* 35(24) diciembre, <https://doi.org/10.1029/2008GL035296>.
- Wood, S. A., A. D. Guerry, J. M. Silver y M. Lacayo. 2013. “Using Social Media to Quantify Nature-based Tourism and Recreation.” *Scientific Reports* 3: 2976.
- Worldpop. 2020. Southampton, Reino Unido: Universidad de Southampton. Disponible en <https://www.worldpop.org/>.
- Wright, J., A. Colling y D. Park, eds. 1999. *Waves, Tides and Shallow-Water Processes*. Segunda edición. Ámsterdam: Elsevier.
- Wu, C. y X. Zhang. 2018. “Economic Analysis of Energy Interconnection between Europe and China with 100% Renewable Energy Generation.” *Global Energy Interconnection* 1(5): 528–536.
- Wyatt, A. 2018. “Case Study: Performance-based Contract for NRW Reduction and Control New Providence, Bahamas.” Nota técnica BID-TN-813. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Xiao, Q. y E. G. McPherson. 2009. “Testing a Bioswale to Treat and Reduce Parking Lot Runoff.” Washington, DC: USDA Forest Service, Center for Urban Forest Research.
- Xiao, Q., E. G. McPherson, Q. Zhang, X. Ge y R. Dahlgren. 2017. “Performance of Two Bioswales on Urban Runoff Management.” *Infrastructures* 2(4): 12–26.
- Yepes, T. 2014. *Inversión requerida para infraestructura en Colombia*. Barranquilla: Cementos Argos, Fedesarrollo.
- Yoeli, E., D. V. Budescu, A. R. Carrico, M. A. Delmas, J. R. DeShazo, P. J. Ferraro, H. A. Forster, H. Kunreuther, R. P. Larrick, M. Lubell, E. M. Markowitz, B. Tonn, M. P. Vandenberg y E. U. Weber. 2017. “Behavioral Science Tools to Strengthen Energy and Environmental Policy.” *Behavioral Science and Policy* 3(1): 69–79.
- York, D., G. Relf y C. Waters. 2019. “Integrated Energy Efficiency and Demand Response Programs.” Informe de investigación no. U1906. American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE), Washington, DC.
- Zhang, D. Q., K. B. S. N. Jinadasa, R. M. Gersberg, Y. Liu, S. K. Tan y W. J. Ng. 2015. “Application of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Tropical and Subtropical Regions (2000–2013).” *Journal of Environmental Sciences* 30: 30–46.

Índice

- acceso
 - agua y saneamiento y, 91-95, 103-104, 290, 351-352
 - brechas de, 123-126
 - conectividad digital y, 136, 138-156, 221
 - costos y, 13, 112, 116, 121, 173
 - educación y, 276
 - electricidad y, 88-90, 220, 234, 237, 242
 - financiamiento y, 15, 184
 - grandes rasgos, 98-99
 - infraestructura y, 4, 7, 23, 26n, 87-90, 309, 341
 - prestaciones para trabajadores y, 192
 - regulaciones y, 243, 370
 - soluciones innovadoras para promover, 99-100
 - subsidios y, 122
 - tecnología y, 128, 130-131, 288
 - transporte y, 10-11, 96-98, 110, 245-246, 254-256, 264, 267
 - véase también* asequibilidad
- ACES (automatización, conectividad, electrificación y uso compartido), 247, 248, 251-253, 258-259, 263-264, 277
 - véase también* sector de transporte
- Acuerdo de París, 177-178, 189-191, 217, 225, 244, 246, 326, 327n, 359-360, 362
 - véase también* cambio climático
- adquisiciones *véase* contrataciones
- Agencia Internacional de la Energía (AIE), 182, 192, 331n, 345
- agua no facturada (NRW), 105-106, 116, 293-294
- agua potable *véase* gestión del agua
- apagones, 4-5, 12-13, 101, 125, 159, 165, 221, 244
 - véase también* sector de energía
- Argentina
 - conectividad, 147-148, 149n
 - economía e infraestructura, 312, 333
 - energía renovable, 329, 361
 - infraestructura de agua, 92, 175
 - inversión en infraestructura, 26, 28, 46, 71
 - inversión privada y, 64
 - políticas de infraestructura limpia, 186
 - regulación, 297
 - sector de la energía y, 20, 122, 229, 242
 - sector de transporte, 110, 132, 265
 - tarifas y, 122, 362
- asequibilidad
 - calidad y, 13-17
 - conectividad digital y, 140, 142, 147-148, 156
 - demandas sociales de, 351-352
 - electricidad y, 23, 184-185, 220, 239-240, 244, 362
 - infraestructura y, 21
 - medida de, 112-116
 - necesidades básicas y, 118-121
 - políticas y, 123

- recursos/tratamiento de agua y, 95-96, 296
- regulación y, 184-185, 341, 343, 370-371
- servicios y, 87, 112-123
- subsidios a la demanda y, 121-122
- subsidios y, 121-122
- transporte y, 186, 245-246, 254, 256, 260
- Asociación Internacional del Agua, 293
- asociaciones público-privadas (APP), 33, 35, 58, 67-69
- automatización, 134, 222, 232
 - barreras para la adopción de, 252
 - efectos en el empleo, 276, 346
 - producción de vehículos y, 247, 251, 260
 - sistemas de transporte y, 256-257
- Bahamas, Las, 37n, 105-106, 159-161, 210, 294
- Banco Mundial, 25n, 37, 47, 66n, 90, 167-169, 195, 328n
- bancos multilaterales de desarrollo (BMD), 5, 30, 36-37, 53, 70, 74-75, 79, 83, 85
- Blackman, Allen, xxvii, 196, 207-208
- Bly, Nellie, 127
- Bolivia
 - acceso a servicios, 90, 92, 99
 - crecimiento económico, 28, 212, 314-316, 319
 - digitalización, 324, 324n
 - inversión en infraestructura, 9, 26-28, 30n, 37n, 59
 - Mi Teleférico, 99-100
 - políticas ambientales, 187
 - regulación, 298
 - sector de energía, 90, 222, 329
 - servicios de agua, 124
- Brasil
 - APP y, 33
 - conectividad digital, 148, 149, 149n
 - consumo de energía, 12
 - corrupción y, 48n
 - empresas de propiedad estatal, 62
 - energía renovable y, 219, 224
 - financiamiento no público y, 71, 73-74
 - gestión de las empresas de servicios, 298-299
 - infraestructura sostenible y, 79
 - infraestructura verde y, 207
 - inversión en infraestructura, 26, 37n, 46, 59, 333
 - inversión privada en, 64
 - mantenimiento de infraestructura, 46
 - Observatorio del Gasto Público, 49
 - políticas e infraestructura, 124
 - regulación, 274, 297-298
 - sector de energía, 90, 229, 242
 - servicios de agua, 116, 291-293, 301, 303
 - transporte, 11, 107, 110, 351
- Brichetti, Juan Pablo, xxvii, 16, 119, 312
- Calatayud, Agustina, xxvii, 251
- cambio climático
 - amenazas a la infraestructura, 29
 - I-bodies* y, 51
 - impacto en los servicios, 87, 96, 101, 125
 - infraestructura resiliente y, 159-160, 162-168
 - metas de mitigación, 79, 183, 187, 191
 - objetivos de mitigación del, 21, 25n
 - planificación de infraestructura y, 173-176, 273
 - políticas y, 84
 - recursos hídricos y, 243, 279-281, 289
 - regulación y, 344, 350-351, 360
 - sector de energía y, 217, 219, 229
 - sector de transporte y, 267
 - tarifas y, 300

- tecnología y, 21, 53
- véanse también* Acuerdo de París;
 - cero emisiones netas; clima,
 - efectos en la infraestructura;
 - descarbonización
- Canal de Panamá, 164
- Canal de Suez, 127, 132
- Cavallo, Eduardo, xxvii, 28, 162, 169
- cero emisiones netas
 - Acuerdo de París y, 178
 - barreras al cambio
 - precios de energía y
 - desigualdad, 185-186
 - prohibir tecnologías
 - contaminantes, 186-187
 - sector del transporte, 183-184
 - sector eléctrico, 184-185
 - descarbonización y, 181-183
 - planificación para
 - estrategias de largo plazo,
 - 190-193
 - evitar la trampa del carbono
 - y los activos en desuso,
 - 187-189
 - NDC y, 189-190
 - resumen, 177-179
 - transición a, 179-180
 - véase también* cambio climático
- Chile
 - APP y, 33
 - competencia y, 147
 - Consejo de Políticas de
 - Infraestructura, 51
 - corrupción y, 48n
 - costos al consumidor, 118
 - demandas de servicios asequibles,
 - 351
 - descarbonización y, 181, 192
 - digitalización, 324
 - economía, 312, 317, 336
 - energía renovable, 329-331
 - financiamiento no público y, 71
 - infraestructura resiliente y, 165,
 - 168
 - inversión en infraestructura, 9-10,
 - 12, 13, 26, 28, 30
 - inversión privada en, 64
 - mantenimiento de infraestructura,
 - 46
 - reformas/regulación, 184, 186-187,
 - 297-298
 - sector de energía, 20, 90, 182, 224
 - servicios de agua, 12, 95, 124, 174,
 - 302
 - transporte, 110-111, 115, 118, 126,
 - 184, 248, 263-265, 267
 - tratamiento de aguas residuales,
 - 95-96
- China, 26, 74, 76-77, 80, 228, 248,
 - 268n
- clima, efectos en la infraestructura,
 - 82-83, 101, 104, 162-165, 174,
 - 203, 281, 287-288, 290, 350
 - véanse también* cambio climático;
 - huracanes
- cocina limpia, 90
 - véase también* sector de energía
- Colombia
 - corrupción y, 48n
 - economía, 312
 - energía renovable, 329, 361
 - financiamiento no público, 71
 - inversión en infraestructura, 26,
 - 30, 33, 43
 - inversión privada, 64
 - MVNO y, 150
 - regulación, 298, 319, 356
 - sector de energía, 182, 222,
 - 361-363
 - servicios de agua, 174
 - subsidios, 122
 - transparencia y, 49
 - transporte, 107, 110, 131, 265
- comercio, 69, 80-81, 85, 205, 226,
 - 233, 237, 311-312, 353, 357-358
- competencia
 - asociaciones público-privadas y, 69
 - conectividad y, 147-150
 - costo y, 54, 106, 146, 186
 - eficiencia y, 309, 318-319
 - empresas de propiedad estatal
 - y, 77

- energía renovable y, 178, 181, 218
- Índice Global de Competitividad, 47
- infraestructura digital y, 155
- intervención pública y, 146-149
- promover la, 155-156
- regulación/reformas y, 186, 235-236, 243-244, 342-343, 346-347, 356, 360, 367, 371
- sector de energía y, 106, 128-129, 220, 223, 229, 233, 361
- servicios de agua y saneamiento y, 282, 301, 305-306
- servicios de infraestructura y, 4, 8, 21, 44, 88
- transporte y, 134, 261, 265-268
- conectividad digital
 - acceso a, 136, 138-156, 221
 - asequibilidad y, 140, 142, 147-148, 156
 - Brasil y, 148, 149, 149n
- conectividad, 139-156
 - acceso a, 136, 138-156, 221
 - Argentina y, 147-148, 149n
 - asequibilidad y, 140, 142, 147-148, 156
 - Brasil y, 148, 149
 - competencia y, 147-150
 - México y, 149
 - subsidios y, 136, 147, 150-152, 156
 - Uruguay y, 124, 148, 152
- contrataciones
 - asociaciones público-privadas y, 68-69
 - corrupción y, 47
 - costo y, 35-36, 54
 - inversión en, 79
 - políticas y, 298
 - reforma y, 50, 354-355
 - regulación y, 170, 371
- contratos basados en el desempeño (CBD), 105
- corrupción
 - Brasil y, 48
 - Colombia y, 48n
 - contratación y, 47
 - inversión y, 47-50
 - México y, 48n
 - transparencia y, 48-50
- Costa Rica
 - agua y saneamiento, 11, 92, 116-118
 - crecimiento económico, 28, 312
 - estrategias de cero emisiones netas y, 190-191
 - inversión en infraestructura, 30n, 37n, 49
 - mejoras de la eficiencia, 314, 319, 324
 - sector de energía, 20
 - tecnología digital y, 154
 - transporte y, 182, 248, 265, 268
- crisis financiera global, 65, 76
- Datshkovsky, Darcia, xxvii, 92, 103, 124, 298
- desastres naturales, 160-161, 163-167, 169-170, 173, 176, 211, 281
 - véanse también* cambio climático; huracanes; inundaciones; terremotos
- descarbonización, 178-193, 221, 268-272, 326, 350
 - véase también* cambio climático
- descentralización de servicios, 100, 220-225, 231-237, 240n, 243, 279, 283, 301, 347, 360-361, 367
- digitalización
 - economía y, 322-326
 - regulación y, 355-356
 - sector de energía y, 221-222
- economía
 - digitalización de servicios de infraestructura y, 322-326
 - ganancias de eficiencia, 310-318
 - infraestructura y, 312-313, 333-334
 - regulación y, 318-321
 - renovables no convencionales y, 326-331
 - resumen, 309-310
 - tecnologías disruptivas y, 321-322

- Ecuador
 contratos basados en el desempeño y, 105
 economía, 312, 317, 324
 empresas de propiedad estatal y, 63
 inversión en infraestructura, 9-10, 59
 inversiones de infraestructura verde, 207-209
 política y servicios, 126
 regulación, 356
 sector de energía, 329
 servicios de agua, 116, 124, 174, 207-209
 transporte, 110, 267
- El Salvador, 63, 92, 103, 149
 captación de agua de lluvia en, 291-292
- electricidad
 acceso a, 88-90, 220, 234, 237, 242
véase también sector de energía
- empresas de propiedad estatal
 calidad de servicios y, 77-78, 80-81
 conectividad y, 147
 inversión en infraestructura y, 19-20, 54, 57-58, 61-64
 papel de, 62-64
 reformas y, 342
 sector de energía y, 226
- energía renovable
 Acuerdo de París y, 191, 225, 359
 aumento de la producción de, 12-13, 217-220
 cambio climático y, 350
 competencia y, 178
 costo y, 22, 184-186
 descarbonización y, 179, 181-184, 191-192
 descentralización y, 223
 digitalización y, 221
 financiamiento para, 81
 fuentes no convencionales, 326-331, 299, 340
 integración en los sistemas nacionales, 227-229
 precios y, 231-232, 242
 regulación y, 243
 tecnologías disruptivas y, 321
 transporte y, 178
 zonas rurales y, 100
véase también sector de energía
- erosión de las playas, 210-212
- Estache, Antonio, xxvii, 114, 370
- Estados Unidos
 adquisiciones, 355
 capacidad de respuesta a la demanda y, 222n
 financiamiento ASG y, 78
 inversión en infraestructura, 162, 167, 175
 líneas aéreas comerciales y, 23
 política comercial y, 357
 reforma laboral y, 356
 sector de energía y, 222, 242n, 334
 telecomunicaciones y, 138, 150
 transporte y, 11, 108, 131, 248, 277
- ferrocarriles, 20, 127-128, 131, 133-134
véase también sector de transporte
- financiamiento
 acceso a, 15, 184
 APP, 67-70
 bancos multilaterales de desarrollo (BMD), 74-75
 empresas de propiedad estatal, 61-64
 inversión privada, 64-66
 inversiones ASG, 78-79
 mejorar la calidad del servicio, 77-86
 no público, 66-67, 70-74
 público, 58-61
 resumen, 57-58
- Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), 169
- fondos de pensiones, 73, 80, 365
- Foro Económico Mundial, 8

- gestión del agua
 - agua potable, 11-12, 103, 164, 167, 170, 195, 280
 - ambiente institucional y de políticas, 297-298
 - comportamiento de los consumidores y, 299-300
 - desafíos, 300-305
 - enfoque integrado de, 283-288
 - escenarios para el futuro, 289
 - futuro de, 305-307
 - gestión de las empresas de servicios, 298-299
 - huella hídrica, 285-286
 - resumen, 279
 - sistema antiguo, 280-283
 - tratamiento de aguas residuales, 294-296
 - zonas rurales y, 290-292
 - zonas urbanas y, 292-294
 - véanse también* agua sin facturar; saneamiento
- gobierno electrónico, 154-155
- Grupo de Acción Financiera Internacional (GAFI), 48
- Guatemala, 11, 90, 103, 110, 149
- Guerrero, Roberto, xxviii, 168

- Haití, 89-90, 125, 302, 356
- Hallack, Michelle, xxviii
- Hamaker-Taylor, Robin, xxviii
- Hoffmann, Bridget, xxviii
- Honduras, 63, 89-90, 103, 163
- humedales artificiales, 202
- huracanes
 - huracán Dean, 211
 - huracán Dorian, 159
 - huracán Irma, 161
 - huracán Mitch, 163
 - véanse también* clima, efectos en la infraestructura; Súper Tormenta Sandy

- impuestos
 - APP e, 70n
 - electricidad e, 242
 - empresas de propiedad estatal e, 62
 - gasolina e, 128, 178, 207, 261, 265, 267
 - gobierno electrónico e, 154
 - incentivos fiscales a las empresas, 300
 - inversión pública en
 - infraestructura e, 58-60, 313, 358-359
 - medio ambiente
 - cambio climático e, 162
 - impuestos al carbono, 183, 185-186, 272
 - reformas fiscales, 77
 - regulación y, 344, 365, 366
 - transporte y, 192, 259, 270
- Indicadores del Desarrollo Mundial, 103, 145n
- Índice Global de Competitividad, 47
- Índice Internacional de Rugosidad, 47
- infraestructura
 - acceso a servicios, 4, 7-10, 23, 26n, 87-90, 309, 341
 - activos y servicios, 17-20
 - agua y saneamiento, 11-12
 - consumidores e, 24
 - costo y calidad, 13-17
 - electricidad, 12-13
 - gobierno e, 20-22
 - proveedores de servicios, 22-23
 - regulación e, 370-371
 - resumen, 3-7
 - transporte, 10-11
- infraestructura verde (IV)
 - arrecifes de coral, 200-201
 - bosques para regular la calidad del agua, 202
 - cuantificar beneficios, 205-206
 - encontrar financiamiento, 206-207
 - estudios de casos
 - Bahamas, Las, 209
 - Ecuador, 207-209
 - México, 211-212

- resumen, 207-209
 - explicada, 196-200
 - humedales artificiales, 202-203
 - inundaciones y, 200-202
 - manglares, 201-202
 - ponderar costos, 206
 - resumen, 195-196
 - terrazas/espacios verdes para
 - regular aguas de tormenta, 203-204
 - ubicación e, 204-205
 - Iniciativa de Transparencia en el Sector de la Construcción (CosT), 48
 - innovación
 - acceso a servicios e, 99-100
 - comercio e, 81, 132
 - gestión de empresas de servicios e, 298-299
 - inversiones e, 83
 - miedo al cambio, 133
 - regulación e, 30, 235-236, 273-274, 298, 343, 360, 368-369
 - sector de energía e, 238-239, 244, 346
 - sector económico e, 130
 - tecnología digital e, 139-141
 - tecnologías de información e, 49
 - tecnológica, 7, 23, 53, 135, 137, 150, 155-156, 170, 254
 - uso del agua e, 305
 - Instituto de Recursos Mundiales (WRI), 303-305
 - interrupciones del servicio de electricidad véase apagones
 - inundaciones, 125, 159-160, 174, 195-197
 - arrecifes de coral e, 200-201
 - infraestructura verde e, 200-202
 - manglares e, 201-202
 - inversión
 - centros especializados, 51-52
 - corrupción e, 47-50
 - impacto de la naturaleza en
 - efectos de los desastres sobre la demanda, 164-165
 - huracán Mitch, 163
 - interrupciones del suministro, 160-164
 - resumen, 159-160
 - infraestructura resiliente
 - explicado, 166-168
 - gestión del riesgo de desastres, 171-172
 - regulación y políticas, 168-172
 - mantenimiento e, 43-47
 - mejorar la eficiencia, 33-34
 - mejorar procesos, 54
 - planes de infraestructura nacionales, 53
 - planificación de proyectos, 173-176
 - preparación y evaluación de proyectos, 53
 - problemas de diseño, 165-166
 - proceso de inversión, 28-33
 - reducir los sobrecostos, 34-38
 - regulación, datos y tecnología, 50-51
 - resumen, 25-28
 - tiempo e, 38-43
 - transparencia e, 55-56
- Jamaica, 28, 33, 312, 316-317, 329, 336
 - liquidez, 76-77, 80, 85
 - López Soto, David, xxviii, 354
 - Machado, Fabiana, xxviii, 92, 103, 124, 298
 - MapalInversiones, 49-50
 - mecanismos de respuesta a la demanda, 170, 220-222, 227, 233, 242, 263, 352
 - México
 - brecha de habilidades y, 152
 - conectividad y, 149
 - corrupción y, 48n
 - descarbonización y, 181, 186, 191
 - economía, 333
 - empresas de propiedad estatal, 62

- energía renovable, 224, 231-232
- entregas de última milla y, 270
- financiamiento no público y, 71
- infraestructura híbrida verde-gris, 210-212
- inversión en infraestructura, 26, 30n
- inversión privada y, 64
- Marco de Infraestructura Sostenible y, 79
- planificación para desastres, 169
- políticas de infraestructura limpia, 186
- políticas e infraestructura, 124
- Proyecto Red Compartida, 152
- regulación, 274
- sector de energía, 20, 90, 92, 222
- servicios de agua, 11, 95, 103, 119, 292, 302-303
- transporte, 11, 97, 110, 113, 246, 262n, 265, 271
- Mi Teleférico, 99-100
- modelo de equilibrio general computable (CGE), 311-313, 335
- modelo RIIO, 238-239
- Montes Calero, Laureen, xxviii
- Muñoz, Juan Carlos, xxviii
- Murphy, Tommy E., xxviii

- Naciones Unidas, 74, 92n, 125, 144, 191, 217, 296, 303
- Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), 88
- véase también* Acuerdo de París
- Nicaragua, 9, 26, 59, 63

- Odebrecht, escándalo, 355, 370
- Oficina de los Mercados de Gas y Electricidad (Ofgem), 238
- operadores virtuales de redes móviles (MVNO), 149-150, 155
- Organización Mundial de la Salud, 92n
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 42, 47, 142-146, 149-150, 152, 268

- Panamá
 - acceso a servicios, 90, 96
 - conectividad, 149
 - inversión en infraestructura, 10, 15, 59
 - reformas, 356
 - servicios de agua, 124
 - transporte, 96, 110, 118
- Paraguay, 10, 20, 49, 90
- Pastor, Cinthya, xxix, 353, 359
- Perú
 - acceso a servicios, 99-100
 - APP y, 33
 - brecha de habilidades y, 152-153
 - competencia y, 147
 - conectividad, 149
 - descarbonización y, 181, 336
 - economía, 312, 317
 - energía renovable, 329
 - financiamiento de servicios ambientales, 299-300
 - financiamiento no público, 71
 - INFOBRAS, 56
 - infraestructura resiliente, 167, 174
 - inversión en infraestructura, 26, 28, 30, 33, 49, 59
 - inversión privada y, 64
 - sector de energía, 90, 222
 - servicios de agua, 104, 175, 302
 - transporte, 107, 110
- Powell, Andrew, xxix, 28, 74
- precios
 - energía renovable y, 230, 242
 - precios de energía y desigualdad, 185-186
- Proyecto de Opinión Pública de América Latina (LAPOP), 11, 91-92, 103, 124-125
- Puig Gabarró, Pau, xxix, 146, 356

- redes sociales, 3, 49, 210, 352
- regulación
 - acceso y, 243, 370
 - adaptar herramientas regulatorias, 360-361
 - adaptar las instituciones

- remodelar los organismos, 367-368
- repensar la rendición de cuentas, 368-370
- adaptar políticas, 353
- adhesión a tratados globales, 359-360
- Argentina, 297
- asequibilidad y, 157-158, 184-185, 341, 343, 370-371
- digitalización y, 355-356
- gestionar transiciones, 370-371
- infraestructura y, 370-371
- innovación y, 30, 235-236, 273-274, 298, 343, 360, 368-369
- política comercial, 356-357
- precios de la electricidad, 361-365
- psicología y, 365-367
- reformular adquisiciones, 354-355
- reformas laborales y de
 - asignación de capacidades, 356
- resumen, 341-343
- subsidios y política fiscal, 358-359
- tendencias que influyen en los reguladores
 - cambio climático, 350-351
 - cambio tecnológico, 345-347
 - demandas sociales de
 - infraestructura, 351-352
 - resumen, 344-345
- regulación de la calidad del agua
 - bosques y, 202
 - espacios verdes y, 204
 - humedales artificiales y, 202-203
 - terrazas verdes y, 203-204
 - véase también* gestión del agua
- Reino Unido, 51-52, 150, 187, 222, 237, 370
- Oficina de los Mercados de Gas y Electricidad (Ofgem), 238-239
- República Dominicana, 103, 302, 356
- Rivas, María Eugenia, xxix, 11, 13, 16, 97, 108-109, 111, 119, 251
- Rycerz, Amanda, xxix
- saneamiento
 - acceso a, 88, 91-92, 98-99
 - BMD y, 37
 - costo, 114, 119-120
 - deficiencias de los sistemas, 11-12
 - desastres naturales y, 163, 167, 170
 - economías y, 309-310, 312, 333, 337
 - enfoque integrado de servicios, 283-288, 291, 293
 - futuro de, 154
 - infraestructura verde y, 287, 299-300
 - innovaciones tecnológicas y, 345
 - inversión en, 19-20, 37, 41, 59
 - regulación y, 343, 347
 - salud y, 309-310
 - sector de energía y, 161-162
 - zonas rurales y, 290-292, 301
 - véanse también* gestión del agua; tratamiento de aguas residuales
- Sanin, María Eugenia, xxix, 90, 100, 116, 229
- Schling, Maja, xxix
- sector de energía
 - adaptar los marcos regulatorios, 235-236
 - Argentina y, 20, 122, 229, 242
 - Bolivia y, 90, 222, 329
 - cambio climático y, 217, 219, 229
 - coordinar la regulación en diferentes sectores, 243-244
 - futuro de
 - descentralización, 223-225
 - digitalización, 221-222
 - empresas de suministro digitales, 230-232
 - escenarios, 225-227
 - resumen, 221
 - sistemas basados en la comunidad, 232-234
 - soluciones fuera de la red, 234-235
 - súper red, 227-229
 - precios, 239-243

- regular la transformación de, 236-239
- resumen, 217-221
- véase también* apagones
- sector de transporte
 - acceso a, 10-11, 96-98, 110, 245-246, 254-256, 264, 267
 - asequibilidad y, 186, 245-246, 254, 256, 260
 - Brasil y, 11, 107, 110, 351
 - cambio climático y, 267
 - Chile, 110-111, 115, 118, 126, 184, 248, 263-265, 267
 - competencia y, 134, 261, 265-268
 - Costa Rica y, 182, 248, 265, 268
 - descarbonización, 267-269
 - economía y, 331-337
 - energía renovable y, 178
 - escenarios futuros
 - adopción rápida
 - insuficientemente guiada por políticas, 259-261
 - adopción rápida y políticas públicas decisivas, 255-258
 - todo sigue igual (*business as usual*), 259
 - Estados Unidos y, 11, 108, 131, 248, 277
 - fijación de precios, 265-267
 - logística de la última milla, 269-272
 - modelos de negocio en, 183-184
 - planificar para el futuro, 272-277
 - resumen, 245-247
 - tendencias disruptivas, 247-252
 - transparencia y, 258
 - transporte masivo, 22, 110-111, 178-180, 182, 191-192, 248, 256, 260, 262-265, 267, 271
 - transporte público, 262-265
 - transporte urbano, 96-97, 107-111
 - véase también* ACES
- sensores remotos, 288, 306
- señales radioeléctricas, 139, 148-149, 152
- véase también* conectividad
- Serebrisky, Tomás, xxix, 11, 13, 97, 99, 108, 109, 111, 121, 124, 246, 251, 353, 359
- servicios
 - acceso a, 88, 98-100
 - agua y saneamiento, 91-95, 103-104
 - apatía política y, 123-126
 - asequibilidad y, 112-123
 - brecha en la calidad de, 101
 - combustibles y, 90
 - contratos basados en el desempeño, 105-106
 - electricidad, 88-90, 101
 - resumen, 87-88
 - transporte urbano, 96-97, 107-111
 - tratamiento de aguas residuales, 95-96
- Singapur, 43, 46, 138, 266, 272, 287, 293
- Sistemas Nacionales de Inversión Pública (SNIP), 30n, 170
- Snyder, Virginia, xxix
- Suárez-Alemán, Ancor, xxx, 11, 13, 35, 76, 97, 99, 108, 109, 111, 353, 359
- subsídios
 - acceso a servicios y, 100, 119-123, 150-151, 156
 - APP y, 67
 - Argentina, 122-123
 - asequibilidad y, 13-14, 114, 121-123
 - Colombia, 122
 - empresas de propiedad estatal y, 63
 - fondeo y, 57
 - Perú, 100
 - política fiscal y, 358-359
 - proyectos de infraestructura y, 16, 170
 - regulación y, 341-342
 - sector de energía y, 178, 183, 185-186, 218, 234, 240, 242-243, 361-365
 - sector de transporte y, 126, 256, 259, 265-268

- subsidios cruzados, 151-152, 240, 242-243
- Súper Tormenta Sandy, 162
 - véanse también* clima, efectos en la infraestructura; huracanes
- tarifas
 - APP y, 67
 - costo y, 240-242
 - empresas proveedoras de agua, 300
 - energía renovable y, 218, 232
 - planificación de infraestructura y, 20, 22
 - recuperar los costos, 298
 - regular servicios de red cambiantes y, 238
 - sector de energía y, 122-123, 218, 234, 236-237, 240, 361-364
 - tarifas de alimentación (*feed-in-tariffs*), 218
- tarifas viales, 257, 265
 - véase también* sector de transporte
- tecnología
 - conectividad digital y banda ancha, 139-154
 - crecimiento y, 129-132
 - guías regulatorias para, 155-156
 - impacto del cambio, 132-134
 - infraestructura y, 129-132, 134-139
 - políticas públicas y, 154-156
 - resumen, 127-129
- terremotos, 125, 162, 167-170, 172
- transparencia
 - corrupción y, 48-50, 55-56, 62
 - desarrollo de conectividad digital y, 154
 - financiamiento y, 79
 - planificación de infraestructura y, 15, 34, 36, 85
 - proyectos de construcción y, 44, 54
 - reforma/regulación y, 78, 235, 288, 369
 - sector de transporte y, 258
 - tarifas y, 241
 - uso del agua y, 288, 294, 305
- Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI), 48
- tratados globales, 359-360
- tratamiento de aguas residuales, 294-296
 - véase también* saneamiento
- Uber, 24, 248, 332
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), 211-212
- Unión Europea (UE), 11, 103n, 195, 265, 356
- urbanización, 9-10, 17, 88, 125, 130, 211, 279
- Uruguay
 - conectividad, 124, 148, 152
 - energía renovable, 219
 - inversión en infraestructura, 46-47
 - sector de energía, 90, 222, 229
 - servicios de agua, 12, 124
- uso de la tierra, 20, 174, 202, 207, 257, 262, 270, 274-275
- vehículo de propósito especial (VPE), 66, 76
- Verne, Julio, 127-128
- Villalobos, Laura, xxx, 208
- Vogt-Schilb, Adrien, xxx, 185, 192
- zonificación, 20, 270

Para cerrar su brecha de infraestructura, América Latina y el Caribe necesita algo más que invertir en nuevas estructuras. Debe ser más eficiente en las inversiones en infraestructura y en la regulación de una nueva gama de servicios que tienen el potencial para transformar los sectores de energía, transporte y agua. La revolución tecnológica vuelve posible, pero no garantiza, un futuro con servicios de calidad. Este libro ofrece opciones de políticas destinadas a que los países mejoren el acceso, la calidad y la asequibilidad de los servicios hoy, a fin de asegurar que sean sostenibles mañana y aprovechar para el beneficio común los avances tecnológicos emergentes. Este volumen tiene como objetivo provocar debates y promover la investigación en estos importantes asuntos, y marcar un camino que ayude a la región a pasar de las estructuras a los servicios y mejorar la infraestructura para todos.

“Este informe Desarrollo en las Américas (DIA) tiene el potencial para convertirse en una publicación que dejará una impronta, y es una verdadera mina de oro. El desatendido problema de larga data relacionado con la mala calidad de los servicios de infraestructura en América Latina es insostenible. Las desalentadoras perspectivas de crecimiento, los riesgos climáticos y la recuperación posterior a la COVID-19 deberían catalizar medidas decisivas. Este libro proporciona una hoja de ruta oportuna sobre qué se debe hacer para mejorar tanto el *hardware* como el *software* del sector. Los líderes deberían prestar especial atención a sus recomendaciones y adoptar nuevas normas de planificación, contratación, regulación y gestión de la infraestructura. El bienestar social aumentará si no se abordan rápida y efectivamente la falta del acceso al agua potable, la elevada congestión del tráfico y la costosa provisión de servicios públicos.”

Mauricio Cárdenas

*Investigador senior en el Center on Global Energy Policy, Universidad de Columbia
Ex ministro de Hacienda, Energía y Transporte de Colombia*

“La gran contribución de este libro es que centra nuestra atención en los servicios que proporciona la infraestructura más que en la propia infraestructura. Esto es importante porque la experiencia advierte que son pocos los países de América Latina y el Caribe que pueden invertir o invertirán tanto en infraestructura como recomiendan los expertos del desarrollo. Sin embargo, focalizarse en los servicios nos recuerda que hay otras maneras de mejorar el acceso, la calidad y la asequibilidad de la infraestructura aparte de sencillamente invertir más. Y el estudio abunda en ejemplos de cómo esto se puede lograr.”

José A. Gómez-Ibáñez

*Profesor de Investigación Derek C. Bok de Planificación Urbana y Políticas Públicas,
Universidad de Harvard*

“Este libro constituye un sólido argumento para aumentar tanto la inversión pública como privada con el fin de contribuir a cerrar la brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe. También destaca la importancia de mejorar el acceso a la infraestructura, a la vez que se crea una infraestructura mejor, más sostenible y resiliente. Para esto, se requiere más innovación, con el fin de reducir costos y mejorar la calidad de la infraestructura. Si bien el futuro presenta desafíos, particularmente en un mundo posterior a la COVID-19, hay un enorme potencial para impulsar el crecimiento económico y cambiar las vidas, sobre todo de los más vulnerables.”

Marie Lam-Frendo

Directora General, Global Infrastructure Hub

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) es una institución internacional creada en 1959 para promover el desarrollo económico y social de América Latina y el Caribe.

