



IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Noviembre 2019

6

Producido por un equipo compuesto por:

Maria Antonia Bravo, Andrés Lozano, Valentina Casasbuenas, Emmanuel Letouzé, Irving Wladawsky-Berger y Alex “Sandy” Pentland

Coordinado por Emmanuel Letouzé

Con insumos de David Shrier

Bajo la supervisión general de: Alex Pentland

Diagramación editorial por Paola Caile

Asistencia de investigación y edición por Natalie Grover y Rodrigo Lara Molina

Noviembre de 2019

Versión revisada y ajustada

ÍNDICE

Introducción	3
Estructura del documento	5
Estado del Arte	6
I. Economía Digital	6
II. Inteligencia Artificial	10
III. Big Data	11
IV. La paradoja de la productividad	15
VI. El costo de oportunidad de no invertir en la transformación digital	19
I. Desarrollo de un marco legal articulado para la explotación de datos	23
Análisis macro: los impactos de la regulación de datos en la Unión Europea	23
Marco legal armonizado y datos abiertos: eficiencias en transporte	25
II: Arquitectura de Datos	28
Banco Mundial y E-Estonia: ahorro en horas por trámites en X-road	28
Microsoft y estudio de sensibilidad de la interoperabilidad en el PIB	29
III. Mejoramiento de Equipos y Servicios de cómputo	32
Los diferentes tipos y beneficios de nube	32
Soluciones on-premise o en la nube: análisis para entidades colombianas	34
IV: Desarrollo de Capital Humano	38
Reducir costos y aumentar la eficiencia de capacitaciones gubernamentales	38
Instituto de datos: aumentando la inversión en R&D en Colombia	41
V. Generación de alianzas público-privadas	44
Alianzas trasnacionales de Big Data: la Unión Europea y BDVA	44
Alianzas basadas en datos en Colombia: potenciales partiendo de Ruta N	46
VI: Productos y proyectos basados en la explotación de datos	49
Identidad digital: habilitador para proyectos y productos de datos	49
Caso de estudio: ahorros generados en el SISBEN a partir de la identificación digital	51
VII. Mejoramiento de la Demanda de Información	54
Los beneficios macro de la dinamización de la demanda	54
Los beneficios de dinamizar la demanda de datos en la agricultura	56
Conclusiones	60
Referencias	64

Introducción

Estimar los beneficios que una estrategia nacional de Big Data e Inteligencia Artificial podría traer al país, es esencial para fomentar su implementación y lograr que el gobierno invierta de manera decidida en potenciar la Cuarta Revolución Industrial como un paradigma generador de valor. En la geografía de la economía digital, se continúan ahondando las brechas que dividen a los países desarrollados con aquellos en vía de desarrollo. China y Estados Unidos en este momento cuentan con un liderazgo marcado, donde juntos, son responsables de más del 90% de capitalización del valor del mercado de las plataformas líderes digitales (United Nations Conference on Trade and Development 2019). Europa de hecho, sólo cuenta con 4% de este mercado, definido según el “Digital Economy Report” de la ONU (2019). Es así que Latinoamérica, y a pesar del liderazgo que Colombia ha logrado consolidar regionalmente, tiene el riesgo de quedarse atrás. El quedarse atrás tendría repercusiones importantes, entre ellas la inhabilidad de que el país se beneficie a misma medida que otros países de los beneficios y cambios precipitados por el Big Data y la Inteligencia Artificial. Sin embargo, implicaría también la profundización de brechas existentes en adopción de estas tecnologías — siendo el Big Data y la Inteligencia Artificial campos inherentemente cambiantes, sería arriesgarse a que esta brecha no se pueda cerrar a largo plazo.

Sin embargo, la naturaleza de estos cambios hace difícil capturar una imagen clara de a quién benefician los avances en Big Data e Inteligencia Artificial y con qué magnitud. Por una parte, debido a que estos se manifiestan a través de la cadena de valor generada a partir de los datos y a través de una serie de “spillovers”. De tal manera que los beneficios de crear un proyecto de datos no serán homogéneos, y serán determinados en gran parte por las circunstancias que definan estos proyectos. Es así que la creación y captura de los beneficios de la transformación digital son diversos en naturaleza — en gran parte también debido a la ausencia de una definición estándar de lo que es la economía digital. Aún así, la certeza de que la tecnología agrega valor, tanto económico como social, es innegable (“10 Breakthrough Technologies 2019; How we’ll invent the future, by Bill Gates” 2019; Anil 2017; Mermer 2018; Sundararajan 2016; OECD 2019).

El rol del gobierno debe ser moldear la economía digital del país para maximizar estos beneficios, asegurándose que estén al alcance de todos. La estrategia delineada a lo largo de esta consultoría tiene como objetivo principal dinamizar el ecosistema de Big Data en el país a lo largo de siete prioridades; con la implementación de estas se espera generar una serie de beneficios tanto para el sector público, como para el privado. Aunque a lo largo de la estrategia plasmada en anteriores documentos, enfatizamos la naturaleza intersectorial de esta, y la necesidad de movilizar a todos los sectores para obtener todos los beneficios que la transformación digital puede brindar, recalamos el poder y la responsabilidad que tiene el Gobierno de Colombia para regular, moldear y promover la economía digital y lo que la Cuarta Revolución Industrial puede traer al país.

La medición que se propone a continuación, tiene como objetivo delinear algunos de los beneficios que se podrían esperar fruto de dicha estrategia. Estos dependen de distintos factores internos y externos a la estrategia per se, como lo son, el grado de adopción de esta, qué tan exitosa sea la implementación, y al fin y al cabo, la medida en que las acciones descritas respondan a las necesidades del país en el momento de la implementación. Plasmar

este impacto presenta ciertas dificultades, tales como el carácter hipotético de su implementación, la variedad de actores involucrados y el tipo de beneficios que cada dimensión puede traer, el cual puede ser diferente dependiendo de la implementación de la estrategia. Además, al ser esta una estrategia enfocada en la dinamización de la tecnología y de los datos como un instrumento generador de valor para y desde el sector público, esta medición se hace más compleja, pues parte del impacto y los efectos tienden a ser intangibles o se manifiestan a través de una cadena vertical de efectos secundarios o en cascada.

A pesar de estos desafíos, el documento a continuación pretende ilustrar y estimar los beneficios de una estrategia de Big Data para el país. Enmarcándose en el estado del arte de la literatura en cómo medir el valor generado por el Big Data, la Inteligencia Artificial y la economía digital, se estudian los beneficios para cada una de las dimensiones, extrapolando información de casos de éxito de otros países, planteando casos de estudio particulares al país, e ilustrando diferentes escenarios para Colombia. Vale recalcar que para potencializar los efectos positivos que dicha implementación puede traerle al país, es básica una alineación y un compromiso gubernamental que lleve a la formulación e implementación de políticas públicas que promueva los efectos beneficiosos y ayude a contrarrestar los posibles desafíos que su ejecución conlleve.

Estructura del documento

El presente documento se centra en la estimación de beneficios económicos y sociales potenciales en diferentes áreas del ecosistema de Big Data y cuenta con dos secciones principales.

La primera sección corresponde a un estado del arte, en la que se ponen en contexto las discusiones recientes respecto a beneficios y limitantes del ecosistema de Big Data, y de cómo medir el valor generado por este. En este recuento de los beneficios estudiados fruto de la transformación digital, se cubren temas relacionados a la economía digital, la Inteligencia Artificial y el Big Data. Por otro lado, se discute la paradoja de la productividad y el costo de oportunidad de no invertir en el desarrollo del ecosistema de Big Data como potenciales limitantes de dichos beneficios.

La segunda parte del documento, tiene como objetivo acercar los beneficios económicos y sociales potenciales del ecosistema de Big Data con la estrategia propuesta en el marco de esta consultoría y con el contexto colombiano. Para ello se estiman beneficios por cada pilar de la estrategia, desde dos perspectivas principales: beneficios desde una mirada macro, y desde una micro. Los beneficios a nivel macro se refieren principalmente a estudios que han estimado los potenciales beneficios del ecosistema de Big Data, relacionados con cada pilar de la estrategia a nivel global. Estas aproximaciones en su mayoría estiman el impacto de tecnologías o cambios a nivel macroeconómico - se hace explícito los beneficios “macro” para Colombia cuando estos ya hayan sido calculados para el país. Los beneficios a nivel micro, en su mayoría, son casos de uso y/o de estudio particulares a Colombia, y cubren por lo menos una de las acciones cubiertas por cada pilar de la estrategia. Para calcular los beneficios micro, se utilizan varios casos, ejemplos y/o metodologías de los estudios explorados a nivel macro, entre otros, para estimar los beneficios potenciales en Colombia.

Estado del Arte

¿De qué manera se ha medido el impacto de la tecnología, de los datos, y de las innovaciones basadas en TIC en el desarrollo humano, la economía y en la sociedad?

I. Economía Digital

A pesar de que los avances tecnológicos se han convertido en un motor clave del crecimiento económico, y que la importancia de la tecnología en la economía sigue creciendo, este cambio frecuentemente no se ve reflejado en estadísticas oficiales. Las cifras y figuras oficiales tienen la capacidad de medir la difusión de las TIC, más no de cuantificar el valor agregado de las tecnologías de rápida evolución, y mucho menos su uso por parte de individuos y empresas (OECD 2014). Ya no es el caso donde los beneficios económicos son solo para las industrias que han logrado automatizar sus procesos, o integrar robots en su cadena de abastecimiento, más bien son beneficios cuyo alcance va desde una simple búsqueda en Google, a la emergencia de un comercio electrónico.

Sin embargo, y por esta misma razón, medir la economía digital es un proceso complejo pues no hay una delimitación específica sobre lo que esta abarca y lo que no. Particularmente, porque existe una gran cantidad de procesos y servicios con componentes tecnológicos, pero no hay certeza si su impacto se refleja únicamente en la economía tradicional o en la economía digital. De hecho, no existe una definición formal de la economía digital.

El *Bureau of Economic Analysis* de Estados Unidos define la economía digital como aquella economía que integra la infraestructura TIC, el intercambio de bienes y servicios (i.e, comercio electrónico) y el contenido digital. Por otro lado, el Fondo Monetario Internacional hace la distinción entre el sector “digital” y la economía digital, esclareciendo que el sector digital cubre las actividades bases de la digitalización, incluyendo productos y servicios TIC, plataformas en línea, y las actividades que estas plataformas habilitan (por ejemplo Uber, o *peer-to-peer lending*). Para el Fondo Monetario Internacional (FMI), la economía digital en un sentido amplio, debe ser entendida como todas las actividades que utilizan datos digitalizados, lo que en efecto, sería toda la economía (2018). Según esta taxonomía del FMI, se debe medir el sector digital, en vez de la economía digital pues esta última es muy general y poco definida.

En cambio, para *Oxford Economics* y *Huawei* (2017), una verdadera economía digital es una donde empresas, indiferente de su sector, están invirtiendo en lo digital para ser más productivas - este beneficio se manifiesta a través de aumentos directos a la productividad, o a través de una serie de beneficios y *spillovers* dentro de una compañía. Este informe hace énfasis en los “*digital spillovers*” o efectos indirectos, pues son beneficios que aún cuando no sean evidentes se materializan a través de la cadena de producción. Es por esto que la medición de *Oxford Economics* y *Huawei* prioriza el impacto que estos *spillovers* tienen sobre la economía, incorporando tanto los sectores puramente digitales - o aquellos que producen tecnología - y se enfocan en medir cómo esas tecnologías están siendo utilizadas en diferentes compañías para estimar los impactos tanto directos como indirectos.

Para el alcance de este documento, se propone adoptar la definición de Bukht y Heeks (2017) para entender la sub-partes y distinciones de la economía digital. Esta se entiende como una

economía compuesta por el sector digital, la economía digital, y cuando sea relevante, por la “economía digitalizada” (ver figura abajo).

Figura 1. Economía digital

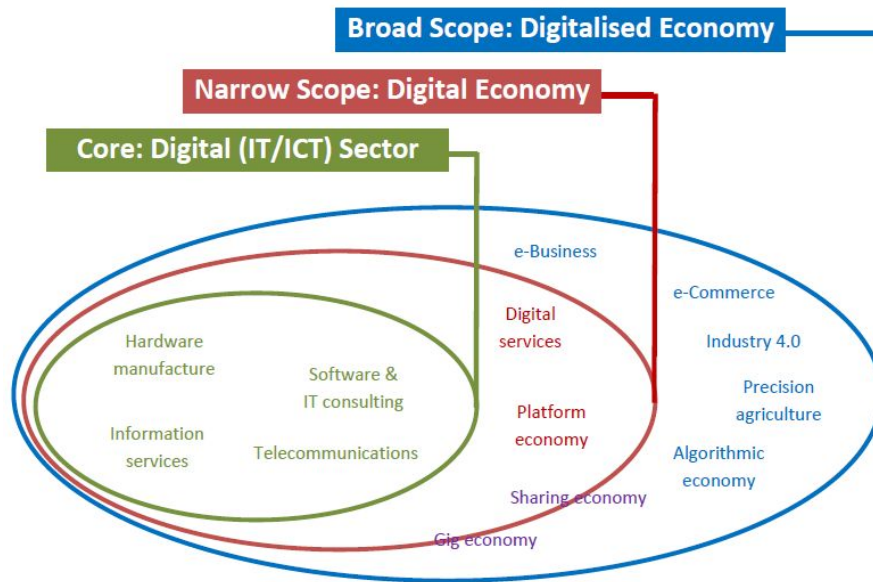


Figure 3: Scoping the digital economy

Fuente: Bukht y Heeks, 2017

Ante la falta de cohesión en un definición unificada, el problema de medir el impacto de la economía digital es particularmente relevante, pues la magnitud de los beneficios se estiman en gran parte basándose en lo que comprende cada definición. La tabla 1 abajo resume las cifras principales de varias fuentes sobre el impacto y tamaño de la economía digital. La magnitud de los beneficios estimados dependen del alcance de la definición de cada uno de los autores.

Tabla 1. Tamaño de la economía digital, por autor

<p>Barefoot et al. 2018¹</p> <p>Estados Unidos</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si la suma de todos los segmentos digitales a través de los sectores productivos que producen bienes y servicios digitales fuera a agregarse, en 2016 esto sería equivalente a 7% del PIB de Estados Unidos. 2. Entre 2006 y 2016 la economía ‘convencional’ creció aproximadamente a un ritmo de 1.5%, mientras la economía digital creció a uno de 5.6% 3. La economía digital tiende a ser menos inflacionaria que la economía ‘convencional’. 4. En 2016, la economía digital fue responsable de 5.9 millones de trabajos, o 3.9% de la tasa de empleo de Estados Unidos.
---	--

¹ Para este estudio, se seleccionaron 200 tipos de productos y servicios digitales de 5,000 categorías de bienes y servicios. Para la estimación de su valor, se analizó el aporte de estos servicios que proviene de su parte digital.

International Monetary Fund 2018 Estados Unidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. El tamaño de la economía digital en la mayoría de los países, es aún inferior al 10% de la economía. 2. En Estados Unidos, el tamaño del “sector digital” para el 2015, se estima en 1.0% del PIB.
--	--

Oxford Economics y Huawei (2017) ² Global	<ol style="list-style-type: none"> 1. En las últimas tres décadas, una inversión de \$1 USD en tecnologías digitales, ha llevado a un incremento de \$20 USD en el PIB, a comparación de inversiones no-tecnológicas, con un retorno de \$3 USD por cada \$1USD. Las inversiones en tecnologías dan un retorno al PIB 6.7 veces mayor a las inversiones no-tecnológicas. 2. La economía digital tiene un valor global de US \$11.5 billones, equivalente al 15.5 por ciento del PIB mundial. Esta ha crecido dos veces y medio más rápido que el PIB mundial. 3. En países desarrollados, la economía digital constituye el 18.4% de la economía, mientras que en países en vía de desarrollo esta cifra es del 10%. 4. Al 2025, si a nivel mundial se logra un escenario de alta digitalización dónde el beneficio de los <i>spillovers</i> es aprovechado, se puede esperar un aumento de \$US 1.7 billones en PIB mundial.
---	--

OECD 2014 Global	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las industrias de la información, en el 2014, fueron responsables del 6% del valor agregado en países de la OCDE.
-------------------------	---

Bukht y Heeks 2017 Global	<ol style="list-style-type: none"> 1. La economía digital compone el 5% del PIB global, y 3% del empleo mundial. 2. Para países en vía de desarrollo, la promesa de la economía digital acelerará el crecimiento económico, aumentará la productividad y el empleo, reducirá los costos transaccionales y facilitará el acceso de estos países a mercados globales.
----------------------------------	---

² Este enfoque se basa en tres metodologías bastante elaboradas:

- 1) Medir el valor que fluye de activos digitales acumulados. Estas estimaciones toman en consideración el valor generado por las empresas cada año a partir de su stock de activos digitales, en lugar de la cantidad de dinero que gastan en él.
- 2) Expandir la definición activos digitales más allá de las definiciones contables nacionales tradicionales del stock de capital TIC. Esto implica reclasificar ciertos gastos digitales que no se consideran inversiones en términos puramente contables.
- 3) Incluir los efectos indirectos (spillover effects) de los activos digitales. Según el estudio, los activos digitales estimulan los efectos indirectos en toda la economía. Este efecto se estima al contrastar la estimación de los rendimientos totales de la inversión digital con una estimación de los rendimientos privados del stock de activos digitales que reciben las empresas.

Utilizando este nuevo enfoque, el informe modeló el impacto en el PIB de las inversiones en tecnología en una muestra de aproximadamente 100 países durante tres décadas. Luego, se aplicó este modelo a los datos económicos de 50 países desarrollados y en vía de desarrollo para estimar el tamaño real de sus economías digitales.

World Forum 2015	Economic	<ol style="list-style-type: none"> 1. La economía digital está creciendo en un 15-25% en mercados emergentes. 2. Para el 2022, más del 60% del PIB mundial será “digitalizado”. 3. Se estima que el 70% del nuevo valor creado en la economía durante la próxima década se basará en plataformas digitales.
----------------------------	----------	--

A pesar de los esfuerzos en medir la economía digital, también hay una línea de investigadores que enfatizan que ésta simplemente no se puede medir a través del PIB. Aún cuando este indicador es la figura más elemental y común para medir la producción económica general de un país, el PIB es simplemente una métrica de producción. Los autores postulan que si bien este indicador era adecuado cuando las economías eran puramente definidas por la producción de bienes físicos, el PIB no capta adecuadamente la creciente participación y variedad de servicios, y el desarrollo de soluciones cada vez más complejas en la economía digital del siglo XXI (Wladawsky-Berger 2017). Por lo tanto, estos cambios no se ven reflejados en las cifras y figuras de las agencias estadísticas, y menos en la productividad, consideración principal para calcular el PIB (Brynjolfsson et. Al, 2019).

Para sobrepasar esta limitación, Brynjolfsson et. al 2019, toman una aproximación diferente para medir el impacto de la economía digital, al proponer una nueva métrica: el *GDP-B*³. Esta métrica tiene como objetivo entender y cuantificar las contribuciones al bienestar general de los bienes digitales, particularmente bienes nuevos y gratuitos (como servicios de información y entretenimiento) que se consumen a un precio de cero, o cuyo precio se asume en cero en contabilidad tradicional. En otras palabras, si el PIB mide el gasto en estos bienes y servicios, y su precio es de cero, entonces su contribución al PIB sería de cero. Pero ¿cómo se puede medir el valor de estos bienes cuyo valor es esencialmente cero?

Medir el excedente del consumidor, o *consumer surplus*, según Brynjolfsson et. al (2019) es un nuevo método que permite medir el valor de los productos digitales para los consumidores. Este estudio utilizó experimentos de elección en línea⁴ a 65,000 personas para medir la diferencia entre la cantidad que los consumidores estarían dispuestos a pagar y el precio real

³ El GDP-B se podría traducir a PIB-B, donde la B representa tanto los beneficios (en inglés, *benefits*), como el alcance *beyond* (más allá) del producto interno bruto.

⁴ En inglés, *online choice experiments*. Para este estudio, los autores utilizaron tres encuestas en línea a gran escala, para encuestar a 65,000 personas y medir su disposición para aceptar compensación monetaria a cambio de perder el acceso a varios tipos de productos digitales durante un periodo de tiempo determinado. El quiebre demográfico de los participantes de la encuesta son representativos de la composición demográfica en Estados Unidos, y la encuesta se dirigió únicamente a personas mayores de 18 años. La diferencia entre el precio que los consumidores estaban dispuestos a aceptar y el precio real del bien digital, en muchos casos cero, se utilizó para calcular el excedente del consumidor del bien digital, es decir, el valor del bien para los consumidores. En particular, identificaron las aplicaciones y sitios web en línea más utilizados en varios dispositivos y los agruparon en ocho categorías digitales diferentes: correo electrónico, motores de búsqueda, mapas, comercio electrónico, video, música, redes sociales y mensajería instantánea. Luego, la encuesta cuantificó el valor de cada una de estas categorías digitales al determinar cuánto dinero se necesitaría para que un consumidor lo abandonara por completo durante un año. A cada participante de la encuesta se le dio la opción de varios niveles de precios para cada categoría. La encuesta se realizó dos veces, primero en 2016 y nuevamente en 2017.

que pagan por bienes digitales (que en muchos casos es cero). Los resultados promedio para que los consumidores dejaran de utilizar estos bienes por un año fueron los siguientes:

Tabla 2. Valor promedio de bienes digitales para 65,000 personas.

Motores de búsqueda	\$17,530	Comercio electrónico	\$842
Correo electrónico	\$8,414	Redes sociales	\$322
Mapas (electrónicos)	\$3,648	Música	\$168
Videos	\$1,173	Mensajería instantánea	\$155

Fuente: Brynjolfsson et. al (2019), "GDP-B: Accounting for the Value of New and Free Goods in the Digital Economy"

A través de estas estimaciones, se puede confirmar que la economía digital está contribuyendo en efecto más valor al consumidor del que se logra capturar en el PIB. Aun cuando estos resultados son preliminares, utilizando este enfoque, las ganancias en bienestar producidas por Facebook, se podrían estimar en un 0.05-0.11 puntos porcentuales del PIB-B desde 2004. Ante la complejidad de obtener una manera simplificada de medir la economía digital, es necesario considerar las áreas de impacto sobre las cuales los bienes digitales y la digitalización de la economía tienen mayor influencia, así como la disponibilidad de datos para aislar los impactos causados por este sector.

II. Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial puede ser entendida como una tecnología de utilidad general (GPT por sus siglas en inglés, *general purpose technologies*), lo que implica entender ésta como una tecnología capaz de inducir cambios considerables y a largo plazo, tales como los precipitados por el ferrocarril, el automóvil y el internet (Brynjolfsson, Rock, y Syverson 2017; Biagi 2013). Particularmente, se espera que la Inteligencia Artificial influya de manera significativa sobre el crecimiento de la economía, pues endógenamente llevará a innovaciones en productos, procesos, y generalmente en organizaciones en sectores que invierten en tecnología. Entender los aportes de la Inteligencia Artificial en el marco de la economía digital, y generalmente de los beneficios económicos y sociales que puede precipitar la apropiación de la Inteligencia Artificial (AI por sus siglas en inglés) es esencial en el marco de este documento.

De hecho, Bughin et. al (2018) anuncia que aun cuando "la revolución de la Inteligencia Artificial no está en su infancia, la mayoría de su impacto económico está por venir". El estudio "Notas desde la frontera de la Inteligencia Artificial" de McKinsey Global Institute (2018), modela el impacto que la adopción de la AI en la industria podría tener para la economía global.

⁵ Esta estimación simula el impacto que la AI tendría a nivel país, a nivel sectorial, a nivel empresarial y a nivel individual o de trabajadores. Este informe analiza principalmente la adopción de cinco tecnologías dentro del marco de la Inteligencia Artificial: visión artificial o

⁵ Para tal estudio, se analizaron datos de encuestas realizadas a aproximadamente 3.000 empresas en 14 sectores diferentes; se analizaron alrededor de 400 casos de uso potenciales de la IA en varias industrias y para varias funciones; se analizó el potencial del IA para automatizar y transformar 800 ocupaciones existentes en 46 países, y se utilizó datos económicos de varias organizaciones, incluidas las Naciones Unidas, el Banco Mundial, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y el Foro Económico Mundial.

computer vision, procesamiento de lenguaje natural, asistentes virtuales, automatización robótica de procesos, y el aprendizaje de máquinas avanzado.

Según las estimaciones de McKinsey, la Inteligencia Artificial tiene el potencial de agregarle a la economía global **\$13 billones de dólares para el 2030⁶**, lo que equivale a un **16% de crecimiento cumulativo en el PIB global** a comparación de la producción económica mundial en la actualidad. Esto equivale aproximadamente a **1.2% de crecimiento de PIB anual**. Si las estimaciones son acertadas, el impacto de la AI sería como el de otras tecnologías de utilidad general, tal como el de las máquinas de vapor, o el internet. De hecho, estas cifras son similares a las de PriceWaterHouseCoopers (PwC) - según su estudio de 2017, se puede esperar al **2030 ganancias de \$15.7 trillones**. PwC aclara que **\$6.6 trillones** podrán ser atribuidos exclusivamente a ganancias en la productividad. Vale recalcar que aun cuando estos dos estudios utilizan diferentes fuentes de información, llegan aproximadamente a la misma conclusión.

Estos modelos muestran que la adopción de la Inteligencia Artificial en el mercado probablemente seguirá un patrón de curva S, es decir, la adopción en las primeras etapas será lenta, seguida de una aceleración abrupta a medida que la tecnología madura y las empresas aprenden cómo desplegarla. Después, la adopción irá disminuyendo progresivamente.

Los patrones de adopción que siguen una curva S son bastante típicos para tecnologías de utilidad general ya que el despliegue de estas tecnologías es más largo, pues activar todos sus beneficios requiere de una serie de co-inversiones e inversiones complementarias, incluyendo tecnologías, aplicaciones, procesos, modelos comerciales y políticas regulatorias adicionales (Wladawsky-Berger 2018).

En este crecimiento, se espera que la brecha entre países, empresas y trabajadores aumente, pues los cambios precipitados por la Inteligencia Artificial no se distribuirán equitativamente a través de los sectores, y las ganancias en gran parte serán para quienes lo adopten. Vale recalcar que este modelo toma en cuenta las externalidades de dicho cambio, particularmente la disrupción que la AI puede generar para los trabajadores y el futuro del trabajo. Existe la posibilidad de que los líderes actuales en implementación de la Inteligencia Artificial — más que todo los países desarrollados — se beneficien principalmente de este crecimiento, con un 20-25% total del beneficio económico. Para países en vía de desarrollo, este impacto puede ser del 5-15% del PIB, teniendo en cuenta que el *momentum* para adoptar la AI no se encuentra tan avanzado. Sin embargo, existe la oportunidad de que países en vía de desarrollo aprovechen las buenas prácticas de países desarrollados — por ejemplo, — para lograr una adopción expedita de la Inteligencia Artificial.

III. Big Data

Aún cuando la Inteligencia Artificial está posicionada como la tecnología que cosechará más beneficios, el Big Data es la base sobre la cual se debe construir para lograr estos beneficios. Efectivamente, la economía digital y específicamente la Inteligencia Artificial, dependen de una gran cantidad de datos para lograr la transformación de servicios y la generación de nuevos productos.

6

Para los servicios tradicionales, la analítica (*big data analytics*) ofrece la posibilidad de innovar sobre procesos, transformando la eficiencia y productividad de estos. Para el sector público, los datos contribuyen a la toma de decisiones, pero también a crear sistemas más eficientes, transparentes y personalizados. En general, los datos son la clave para crear el valor agregado de la economía digital, pero es su uso el que determina su beneficio.

Diferentes estudios han explorado los beneficios potenciales de aprovechar Big Data, entre ellos los siguientes:

- El impacto cumulativo del Big Data para el **Reino Unido** se estima en **40 mil millones de libras cada año**, del 2015-2020 (CEBR 2016).
- En **Estados Unidos**, el Big Data podría generar **\$3 billones de valor agregado cada año**, en siete industrias específicas (McKinsey 2011).
- La industria con el **mayor beneficio económico** potencial a causa del Big Data es la **industria fabril** (CEBR 2016).
- Las **compañías** que adoptan data-driven decision making pueden alcanzar una **productividad mayor de 5-7%** a comparación de compañías que no adoptan el Big Data (Brynjolfsson 2011).
- Las **compañías que adoptan analítica avanzada** tienen la posibilidad de aumentar su productividad en un **5-10%** a comparación con empresas que no adoptan estos procesos (Davies 2016). Según IBM (2014) las organizaciones que implementaron proyectos pilotos de big data y analítica tienen un **15% más de probabilidad** de reportar ventajas comparativas en sus activos de información y analítica.
- La amplia aplicación de big data en **Europa** podría agregar **1.9% al PIB entre 2014 y el 2020** (Davies 2016)
- Si el sector salud en **Estados Unidos** usara el big data de manera creativa y efectiva para optimizar la eficiencia y la calidad de sus servicios, se estima que el valor potencial que se podría generar a partir de la explotación de los datos del sector, podría ser mayor a **\$300 mil millones de dólares cada año**. Dos tercios de esta cifra correspondería a reducciones en gastos del sistema de salud nacional, o un 8% de ahorro (McKinsey 2011).

Cuadro 1. Habilitación tecnológica para la industria y sus beneficios

Debido a la explosión en la disponibilidad de los datos, el incremento en la conectividad, y los bajos costos de procesamiento y almacenamiento, las empresas industriales deben necesariamente priorizar las transformaciones tecnológicas en miras a sus siguientes horizontes de crecimiento, tanto en cuanto a rendimiento como a la mejora de sus servicios.



Sin embargo, los resultados de esta promesa no son siempre visibles - los casos de éxito son pocos y distanciados entre sí. Aun cuando los proyectos pilotos son exitosos, el obstáculo recae en escalar e invertir decididamente en estas tecnologías. Según McKinsey, un *piecemeal approach* o un enfoque gradual, es la pieza fundamental del rompecabezas. Las empresas adoptan el big data, la inteligencia artificial, el aprendizaje de máquinas, la computación en la nube, y otras tecnologías, para casos específicos, en vez de escoger tecnologías que avancen y potencien sus estrategias o que les ayude a cumplir su metas específicas. “El éxito depende de un enfoque holístico en la transformación” (McKinsey 2018). Esto requiere definir metas, hacer un nexo entre las fuentes de valor comercial y las tecnologías que ayudarán a cumplir estas metas, y luego duplicar estos esfuerzos transversalmente para lograr un verdadero impacto.

De ser este el caso, McKinsey estima que una habilitación tecnológica exitosa del sector productivo de Estados Unidos, sería evaluada en **\$0.8 mil millones a \$2 mil millones de dólares** en rendimiento total para los accionistas, equivalente a un aumento del 9-22%. Esta cifra está principalmente basada en dos fuentes: 1) un aumento estimado de \$ 0.3 mil millones a \$ 0.9 mil millones de dólares, generado por una mejora del 3 al 10 por ciento en el crecimiento de ingresos, y 2) \$ 0.3mil millones a \$ 0.7 mil millones en la expansión del margen de las ganancias de eficiencia (una mejora del 4 al 9 por ciento). La figura arriba resume las principales áreas de impacto, incluyendo las estimaciones del beneficio y ejemplos de lo que concierne esa área.

Este crecimiento es generado por varios factores, entre ellos:

- Nuevos modelos de negocio con servicios que desbloquean valor para los usuarios finales
- Mejor conocimiento de los clientes, lo que ayudaría a la empresa a personalizar sus productos
- Desarrollar nuevos servicios y afianzar la lealtad del consumidor
- Ampliación de canales de acceso para nuevos consumidores a través del comercio electrónico
- Optimización de los precios a través de los productos y servicios de una empresa

Fuente: McKinsey 2018, “*The trillion-dollar opportunity for the industrial sector: How to extract full value from technology*”

Estas estimaciones se basan en análisis macroeconómicos y proyecciones de varios factores y sus correlaciones. Para complementar esta vista macro de los beneficios a nivel país o

industria, la siguiente tabla detalla los beneficios económicos, reales o estimados, de diferentes iniciativas y proyectos puntuales de Big Data que se han adelantado en el mundo.

Tabla 3. Beneficios económicos y sociales de proyectos e iniciativas de Big Data y IA

Estudio	Lugar	Uso	Beneficio
Transport for London and Mobility Apps	Londres, Reino Unido	Utilizar datos en tiempo real de transporte	Se estima el tiempo ahorrado a través de aplicaciones que utilizan datos abiertos de transporte de <i>Transport for London</i> , entidad local encargada del sistema de transporte del área metropolitana de Londres. La estimación del valor del tiempo ahorrado mediante el uso de datos de TfL generados por el modelo varía de alrededor de £15 millones a casi £58 millones por año (basado en datos del 2012), dependiendo del escenario de uso de la aplicación y la capacidad de los viajeros para cambiar sus rutas de viaje.
Strength in Numbers: How Does Data-Driven Decisionmaking Affect Firm Performance?	USA	Priorización de decisiones basada en datos y analítica de negocios para mejorar rendimiento empresarial	Utilizando encuestas detalladas en prácticas empresariales e inversiones en tecnología en 179 empresas en el mercado de valores, se encontró que empresas que adopta un <i>data-driven decision making</i> cuentan con una productividad 5-6% más alta de lo que se esperaría dadas sus otras inversiones y uso de TICS
Big Data: La próxima frontera para la innovación, la competitividad y la productividad	Global	Se estima el potencial para disminuir costos, disminuir el fraude, mejorar la efectividad de los tratamientos, entre otras mejoras en la eficiencia del manejo de recursos.	300 mil millones de dólares en ahorro por año, de los cuales 80% son reducciones de costo.
	EEUU	Seguimiento remoto de pacientes (Veteranos de Guerra) a través de historias médicas digitales	El sistema generalmente funciona mejor que el sector privado en el seguimiento de procesos para el cuidado de los pacientes y en el aumento del uso de tratamientos médicos basados en evidencia. En solo un año, han logrado compilar más de 78 mil millones de registros médicos para centralizar su acceso - esto equivale a 50 terabytes de datos. Sin embargo, datos granulares de los resultados de estos procesos no están disponibles.
	EEUU	Consortio de cuidado médico	Se identificó que tomar 25 miligramos de la medicina Vioxx aumentó hasta 3 veces el

	Kaiser Permanente creó una de base de datos uniendo información clínica y de costos, la cual fue usada para análisis.	riesgo de paros cardíacos comparado con Celebrex y se suspendió el medicamento.
--	---	---

IV. La paradoja de la productividad

Al considerar los beneficios económicos y sociales del big data, la tecnología y la inteligencia artificial, entre otros, es necesario considerar también los desafíos que trae consigo la transformación digital. La literatura identifica dos retos principales y recurrentes. El primero, es lo que se conoce como la paradoja de la productividad, que se refiere a que los incrementos en el uso de la tecnología parecen no contribuir al incremento en la productividad a corto plazo. Según esta paradoja, los retornos de la inversión en una estrategia de Big Data, o generalmente, en tecnología podrían no ser visibles al principio. El segundo, es lo que consideramos una extensión de la paradoja⁷, y es el potencial que tiene la tecnología de transformar la naturaleza del trabajo a través de la automatización. A continuación se discuten ambos desafíos y se mencionan las consideraciones que los expertos recomiendan tener en cuenta para afrontarlos.

A. La paradoja de la productividad contemporánea

A pesar del continuo crecimiento de las tecnologías digitales, el siglo XXI se ha visto afectado por un desaceleramiento en la productividad laboral en la economía global, similar a la ola de disminución en la productividad de los años 70 a 90 (ver figura 2 abajo) (Acemoglu et al. 2014). La contradicción entre la expansión de las tecnologías digitales y los bajos índices de crecimiento en productividad parecen una segunda manifestación de la paradoja de la productividad de Solow⁸. Pues, adaptando sus palabras, se podría decir que se ve la expansión digital en todas partes, menos en las estadísticas de la productividad.

⁷ A pesar de que la literatura no trata la automatización directamente como parte de la paradoja de la productividad, ambas son mencionadas frecuentemente en la literatura y se considera que tienen relevancia y relación suficiente para ser tratadas bajo el mismo tema.

⁸ El concepto de la paradoja de la productividad hace referencia a lo que el economista estadounidense Robert Solow describió sobre la productividad de los Estados Unidos durante los 70's y 80's en el New York Times en 1987, "se puede ver la era de los computadores en todas partes, menos en las estadísticas de productividad" (Acemoglu et al. 2014, p. 394). Este fenómeno describe el hecho que, contrario a lo esperado, la creciente adopción de los computadores no se veía reflejada en aumentos en la productividad estadounidense.

Figura 2. Crecimiento anual promedio de la productividad laboral (porcentaje) por región

Fuente: Brynjolfsson et al. (2017)

El informe “Resolviendo el rompecabezas de la productividad: el papel de la demanda y la promesa de la digitalización” de McKinsey (2018), da una vista preliminar de por qué el crecimiento en la productividad laboral ha bajado en los últimos años. En este estudio, la primera razón es que el crecimiento en productividad proveniente y causado por el crecimiento de las TIC en los años 90 se desaceleró. Por otro lado, la crisis económica de 2007 debilitó la demanda en diferentes sectores. Por ejemplo, aun cuando hubo una reducción en las ventas al por mayor y por menor, no hubo una reducción proporcional en el costo del trabajo, disminuyendo así la productividad de este sector. A su vez, la crisis económica vino acompañada de un cambio en la oferta hacia productos con menor valor por unidad.

De hecho, el estudio afirma que una de las razones por las que la productividad no se ha acelerado de nuevo es porque el potencial de la digitalización - entendida como el avance en tecnologías como el cloud computing, e-commerce, el internet móvil, la AI, el aprendizaje de máquinas y el IoT - aún no se ha materializado. La investigación de McKinsey encuentra un potencial aumento en la productividad de un 2 por ciento anual en la próxima década, con un 60 por ciento del crecimiento viniendo de la digitalización (Kirshnan, Mischke, y Remes 2018), entre los otros beneficios mencionados en las secciones anteriores. La realización de este potencial es de suma importancia, ya que es posible que la demanda de bienes y servicios permanezca débil, debido al envejecimiento de la población, el crecimiento en la desigualdad salarial y el crecimiento de los empleos de baja productividad (Remes et al. 2018).

En este contexto la pregunta que surge es, ¿por qué no se ha materializado ese potencial? Existen varias razones que explicarían el potencial no concretado de la digitalización y darían respuesta a la paradoja de la productividad. Una de las explicaciones posibles, sería que la paradoja de la productividad no estuviera fundamentada. Es decir, que el potencial crecimiento en productividad a través de la digitalización esté sobreestimado, o que las mediciones de productividad actuales, como ha sido mencionado en secciones anteriores, no capturen la contribución de la digitalización en la economía.

Sin embargo, Brynjolfsson et al. (2017) defienden que ambas premisas en la paradoja son verdaderas. El autor afirma que hay potencial de crecimiento en la productividad a través de

estas tecnologías, y aunque las metodologías de medición de productividad agregada no permiten medir con precisión los beneficios de la digitalización, todavía debe ser posible hacerlo para sus beneficios económicos.

Por otro lado, Brynjolfsson et al. (2017), argumentan que la Inteligencia Artificial es de hecho una tecnología de utilidad general, y que la razón por la cual no se han visto sus beneficios aún es porque “irónicamente, las tecnologías que mayor potencial tienen para contribuir con la productividad agregada y el bienestar de las personas son las que más tiempo toman para hacerlo” (*ibid*). Esto se debe a que estas tecnologías deben superar varias barreras que generan retrasos en su adopción. Entre estas barreras está llegar al nivel crítico de inversión, la necesidad de inversiones complementarias y los costos de transición. Por ejemplo, tras el cambio a corrientes alternas polifásicas, se necesitaron más de 30 años para que al menos la mitad de las fábricas en Estados Unidos tuvieran acceso a la electricidad. Igualmente, tomó 25 años para que los computadores ocuparan un espacio importante en las inversiones de capital no residencial (Brynjolfsson et al., 2017). McKinsey encuentra que en los últimos 50 años, las tecnologías, en promedio, necesitan entre 8 y 28 años para pasar de la disponibilidad comercial a una tasa de adopción igual o mayor al 90% (Remes et al. 2018). Si esta cifra es indicativa del proceso de transformación digital actual, es natural entonces que los beneficios de esta no se manifiesten aún.

Adicionalmente, para que el potencial de la economía digital se haga realidad es necesario complementar las inversiones en capital digital con otras que permitan aumentar su impacto. Por ejemplo, en el caso de la electricidad, los cambios en productividad requirieron inversiones para el reestructuramiento energético de las organizaciones⁹. En el caso de la digitalización, las técnicas de aprendizaje de máquinas han estado presentes desde la segunda mitad del siglo XX (ver: Turing 1950), sin embargo, al ser el aprendizaje de máquinas un proceso iterativo que requiere grandes cantidades de datos para su ejecución, su uso se vio limitado hasta el siglo XXI, cuando los costos de procesamiento y almacenamiento de información se redujeron al punto que usar estas técnicas se volvió costo-eficiente. Para ilustrar, el procesamiento creció 10.000 veces entre el 2000 y el 2017, mientras que el costo de almacenamiento disminuyó 3000 veces en el mismo periodo (Menon 2018).

Además, existen otras barreras que se presentan como costos de transición al interior de las organizaciones. Esto ocurre particularmente cuando el modelo de negocio establecido compite con los cambios digitales por las mismas cuotas de mercado (Kirshnan, Mischke, y Remes 2018). La encuesta de McKinsey reveló que las empresas que han llevado a cabo transformaciones digitales han visto hasta 17% de su cuota de mercado “canibalizada” por su propia oferta de productos o servicios digitales. Por ejemplo, en el sector de ventas al por menor, las organizaciones que vieron un crecimiento de las ventas en línea, tuvieron bajas en la cantidad de clientes que visitaron sus tiendas; en este sentido los ingresos no aumentan porque la cantidad de tiendas no se puede disminuir al mismo tiempo que aumentan las ventas en línea.

⁹ El reestructuramiento se dio cuando se pasó de una fuente centralizada de energía a máquinas con motores eléctricos independientes, permitiendo flexibilidad en el posicionamiento de las máquinas y la formación de las líneas de montaje.

Para estimular la productividad y superar la paradoja, se recomienda fomentar la demanda, la difusión digital y disminuir el exceso de burocracia (Remes et al. 2018). La demanda se puede estimular logrando que las inversiones productivas sean una prioridad fiscal; aumentando el poder adquisitivo de los consumidores de bajos recursos con mayor propensión a consumir; removiendo barreras para la inversión de los negocios y brindando capacitaciones para los trabajadores y programas de transición para que los cambios en el trabajo no dañen los ingresos.

A nivel de la difusión digital, se necesita remover las barreras para que los negocios puedan usar herramientas digitales. Por ejemplo, aumentar la inversión en Investigación & Desarrollo para el sector público, fomentar la adopción digital de empresas medianas y pequeñas, invertir en infraestructura digital, educar especialistas digitales y consumidores, asegurar la conectividad global y resolver las preocupaciones de privacidad y ciberseguridad (Remes et al. 2018). Cabe resaltar que la estrategia que se propone en el marco de esta consultoría abarca gran parte de estas recomendaciones.

B. El cambio en la naturaleza del trabajo y la automatización

Aún si se consigue superar las barreras mencionadas anteriormente, los beneficios de las tecnologías digitales pueden exacerbar problemas existentes (Remes et al. 2018). Como Brynjolfsson y McAfee (2012) afirman, “no existe una ley económica que garantice que todos, ni siquiera la mayoría, se beneficien automáticamente del progreso tecnológico”. Existe una creciente preocupación que con la digitalización, específicamente la automatización, se puede incrementar la desigualdad salarial al disminuir los empleos de clase media. Por ejemplo, en “*Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics*”, se menciona que alrededor del 45% de las actividades que las personas hacen en la economía de los Estados Unidos se pueden automatizar con los niveles existentes de IA y otras tecnologías (2017). Adicionalmente, el uso de robots en Alemania se relacionó con una disminución en la contratación de jóvenes, lo cual puede crear preocupación ya que se proyectó que para el 2019 se contaría con un total de 2.6 millones en funcionamiento en el mundo (World Bank 2019).

Sin embargo, esta realidad se ve contrastada con el hecho de que la tecnología también se relaciona con la creación de empleos. Aún en los países con más densidad de robots por trabajador, los índices de empleo permanecen altos. Por ejemplo, JD Finance creó más de 3.000 trabajos en análisis de datos o manejo de riesgos para mejorar sus algoritmos de préstamo digital. En general, es difícil saber cuántos empleos se pueden perder o generar a través de la automatización y las predicciones actuales son más indicativas que predictivas (World Bank 2019).

Lo que se puede observar ahora es que la naturaleza del trabajo está cambiando, lo cual se puede ejemplificar en 4 tendencias exploradas en el reporte. Primero, se observa que la **tecnología está desvaneciendo las fronteras de las empresas**. Este es el caso de los mercados digitales. Las plataformas que operan en estos mercados generan valor conectando a los clientes, productores y proveedores de forma masiva, en lugar de ser quienes crean los productos. Esto les permite crecer más rápido y a mayor escala que los negocios tradicionales. Por ejemplo, “Alibaba logró tener un millón de usuarios en dos años, acumuló más de 9

millones de comerciantes y ventas por 700 mil millones de dólares en 15 años” (World Bank 2019).

Segundo, **la tecnología está cambiando la demanda de habilidades en el mercado laboral.** La demanda de habilidades poco técnicas que se pueden reemplazar con tecnología está disminuyendo, al tiempo que está aumentando la demanda de altas habilidades cognitivas, socio-comportamentales, y de adaptabilidad. “En Bolivia la cuota de empleo en ocupaciones que requieren de un alto nivel de habilidad creció en 8 puntos porcentuales entre el 2000 y el 2014 “ (World Bank 2019).

Tercero, **el decrecimiento en los empleos industriales de las economías avanzadas ha sido más que compensado por el crecimiento del sector industrial en el este de Asia y se ha mantenido estable en otros países.** Mientras la cantidad de empleos en el sector industrial en relación con el total del empleo pasó de 31% a alrededor de 23% en los países de ingresos altos entre 1993 y 2017, en el Este Asiático pasó de 11% al 20% en el mismo periodo. En los países en desarrollo la proporción de la fuerza laboral trabajando en la industria entre 1991 y 2017 se mantuvo alrededor del 10%. El incremento en la demanda de trabajadores en las industrias ha sido guiado por la reducción de los costos de conectividad, que ha incrementado la demanda de productos industriales y el crecimiento de los salarios (World Bank 2019).

Cuarto, en muchos países en desarrollo **un gran número de trabajadores se mantiene en empleos de baja productividad, en el sector informal y con poco acceso a la tecnología.** La informalidad se ha mantenido estable en los países en desarrollo, a pesar de los esfuerzos. Por ejemplo, en Perú la informalidad se ha mantenido en un 75% durante los últimos 30 años (ibid).

Adicionalmente, el reporte de McKinsey sobre el potencial de automatización de los trabajos muestra que solo el 5% de los empleos podría ser automatizado completamente. La transformación en la forma de trabajar se daría más sobre el hecho de que 30% de las tareas que componen los trabajos pueden ser automatizadas y los trabajadores tendrán que saber usar la tecnología para poder ser productivos en sus trabajos (Manyika et al. 2017).

En este momento no es posible saber de forma exacta cuántos empleos serán complementados o reemplazados por la tecnología. Sin embargo, ante los cambios en la naturaleza del trabajo que se observan actualmente y la incertidumbre sobre el potencial de automatización de los empleos, lo que se recomienda es que los gobiernos inviertan en capital humano, especialmente en la temprana edad. Se debe evaluar la posibilidad de aumentar la protección social a través de la provisión de un mínimo social y reformas al mercado laboral (World Bank 2019) o de programas de transferencias monetarias (Manyika et al. 2017). Se puede pensar en crear el espacio fiscal para financiar el desarrollo del capital humano y la protección social, a través de prácticas como la disminución de la evasión de impuestos, que no requieren aumentar la carga impositiva.

VI. El costo de oportunidad de no invertir en la transformación digital

Las estimaciones que se han discutido en este documento sobre los beneficios de la economía digital muestran que los niveles de preparación tecnológica e inversión en TICs tienen un papel

crucial a la hora de determinar la proporción de los beneficios que los países podrán recibir. Los países con mayor nivel de inversión en la economía digital tendrán la oportunidad de beneficiarse de forma más que proporcional de sus inversiones y de aumentar su competitividad a través de ganancias en productividad. Los países con menor inversión no solo dejarán de recibir los beneficios de la economía digital, sino que para mantener su competitividad en el mercado deberán recurrir a reducir sus costos; lo cual puede llevar a una disminución en los precios de los productos, el empleo en los sectores afectados y los salarios de los trabajadores en áreas donde la digitalización toma lugar. Esto puede tener como consecuencia un aumento en la desigualdad entre los países.

No tener una inversión adecuada en la infraestructura de datos y en la transformación hacia la economía digital tendría un costo de oportunidad que se puede representar en términos de los beneficios que se dejan de recibir y en términos de los desafíos a los que se enfrentaría el país que no hace una transformación digital. En esta sección se retoman las estimaciones de los estudios discutidos anteriormente y se hace énfasis sobre la heterogeneidad de beneficios que obtendrán los países, sus empresas y trabajadores, dependiendo de sus diferentes niveles de inversión en transformación digital (Bughin et al. 2018).

En los últimos años, el sector digital creció y las inversiones en este sector tuvieron un rendimiento más alto que las inversiones en otros sectores. El reporte de Huawei y Oxford Economics (2017) muestra que el valor de la economía digital se duplicó entre el año 2000 y el 2016, creciendo 2.5 veces más rápido que el PIB global en el mismo periodo. Se estima que en el 2016 el valor global de la economía digital era de 11.5 billones de dólares, equivalente al 15% del PIB global. En las últimas tres décadas, cada dólar invertido en la tecnología digital adiciona 20 dólares al PIB, 6.7 veces más que las inversiones no digitales, que adicionaron 3 dólares por cada dólar invertido. Asumiendo las tasas de crecimiento actual de las inversiones digitales en los próximos 10 años, el reporte estima que en 2025, la economía digital tendrá un valor de 23 billones de dólares globalmente, o 24.3% del PIB global.

Los beneficios futuros que los países podrán recibir también dependen de los niveles actuales de desarrollo, adopción y absorción de tecnologías, como la Inteligencia Artificial. La simulación hecha por McKinsey parte de una clasificación sobre la preparación que tienen los países en IA (Bughin et al. 2018). Para ello, usan el promedio de varios indicadores relacionados a la IA, como inversiones en IA, patentes y publicaciones en IA, potencial de automatización del trabajo, entre otros. Luego clasifican los países según estén por encima del promedio, cerca al promedio o por debajo del promedio de aquellos indicadores¹⁰. De acuerdo con este análisis se clasifican los países en cuatro grupos. Los líderes globales, como China y Estados Unidos, que son responsables de la mayoría de actividades relacionadas con la IA. Las economías con cimientos robustos, que están bien posicionadas para recibir los beneficios y tienen interés en ello debido a su bajo nivel de crecimiento en productividad; ejemplos son Alemania, Japón, el Reino Unido, Francia, Corea del Sur y Canadá, Suecia, Singapur y Finlandia. Las economías con cimientos moderadamente robustos, cuyos cimientos están atrasados respecto a los de las economías desarrolladas, pero que presentan áreas en las que puede construir sus capacidades para la IA, como India, que cada año tiene 1.7 millones de graduados en títulos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Finalmente, las economías en desarrollo corren

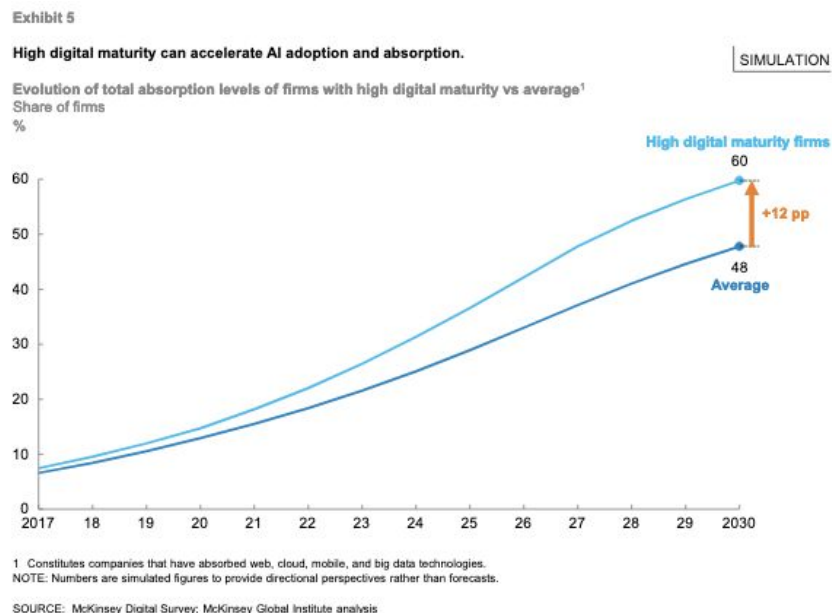
¹⁰ Para la clasificación se usa la desviación estándar, los países encima o debajo del promedio están una a una desviación estándar del promedio.

el riesgo de quedarse atrás mientras los países desarrollados obtienen los beneficios de la IA. Esto, debido a que estos países tienen cimientos relativamente menos desarrollados en temas como la infraestructura digital, la capacidad de inversión y el talento.

PwC también elaboró estimaciones del potencial impacto que la IA podría tener en la economía mundial en el 2030 (PwC 2017). Los resultados de la proyección muestran que Europa del Norte va a obtener \$1.8 billones de dólares a través de la IA, mientras que América Latina va a obtener \$0.5 billones (Wladaswky-Berger 2018, PwC 2017). De no cambiar los niveles de adopción de IA, América Latina — y especialmente Colombia — estaría perdiendo 3.6 dólares de los beneficios de IA por cada dólar de beneficio que gane. De acuerdo con el estudio, una forma de disminuir esta brecha es invirtiendo más en infraestructura digital, en la capacidad de inversión de las empresas en estas tecnologías y en el talento capaz de implementarlas. En el contexto colombiano, el Laboratorio de Economía Digital (Katz 2017) encontró que la adopción de tecnologías avanzadas en el sector productivo del país es bajo en cuanto al uso de la Inteligencia Artificial (1.8%) Big Data (3.2%) y Blockchain (1.6%). Tomando como ejemplo la IA y desagregando su adopción entre grandes, medianas y pequeñas empresas, se encuentra que el porcentaje de adopción es de 9.7%, 2.4 y 0.7%, respectivamente (Katz 2017). La baja adopción de estas tecnologías muestra la necesidad de invertir en una estrategia que fomente su uso, por un lado, para disminuir las brechas entre las grandes, pequeñas y medianas empresas dentro del país y por el otro, para disminuir la brecha de adopción que se crea entre los países de América Latina y otras áreas geográficas del mundo como Europa del Norte.

Disminuir las brechas de adopción entre las organizaciones se vuelve particularmente relevante porque el nivel de digitalización actual también juega un papel importante en la distribución de los beneficios de la Inteligencia Artificial a futuro (Bughin et al. 2018). Las firmas con una mayor madurez digital tienen una adopción de la IA hasta 12 puntos porcentuales mayor a aquellas firmas que tienen menor madurez digital.

Figura 3. Madurez digital y absorción de la Inteligencia Artificial



Es decir que las organizaciones que hasta el momento han invertido más en la digitalización tienen un potencial más importante para aprovechar una mayor parte de los beneficios de la IA en el futuro. Se estima que las “front-runners” (u organizaciones con alta adopción de IA), correspondiente a alrededor del 10% de las empresas, se beneficiarán desproporcionadamente de las tecnologías de la IA y sus aplicaciones en los próximos 7 años, capturando una mayor proporción de los dividendos provenientes de esta. La simulación muestra que estas empresas podrían aumentar su valor en un 122% de aquí a 2030 (Bughin et al. 2018). La siguiente categoría la ocupan los “seguidores”, representando entre el 20 y 30% de las empresas, que están adoptando lenta y cuidadosamente la IA. Se estima que el valor de estas firmas podrían crecer en un 10%. El valor de las firmas que invierten primero es por lo menos 12 veces mayor que el valor de aquellas que adoptan la tecnología lentamente. Finalmente, las organizaciones “rezagadas”, que constituyen entre el 60 y 70% de las organizaciones y son aquellas que no están invirtiendo en IA. Estas organizaciones deberán competir con las empresas que invierten en las tecnologías digitales y al ser en general menos productivas en comparación con aquellas que tienen la tecnología, deberán responder a los cambios económicos reduciendo costos e inversiones (Wladawsky-Berger 2017)

Las reducciones de costos también pueden afectar a los trabajadores cuyo trabajo sea propenso a ser automatizado. Se estima que en el mundo, 375 millones de trabajadores pueden tener que cambiar de ocupación y casi todos los trabajadores deberán adaptarse a trabajar con máquinas. Aquellos grupos que tengan mayor habilidad capturarán una parte desproporcionada de los beneficios de la IA. Las tareas repetitivas tienen un alto potencial de ser reemplazadas. De acuerdo con el modelo de los cambios tecnológicos de McKinsey (Bughin et al. 2018), la demanda laboral va a tender hacia las tareas requiriendo altas habilidades digitales y tareas no repetitivas. Según el reporte, en la economía mundial, las tareas repetitivas podrían disminuir de 43% a 32% en 2030. Los trabajos requiriendo altas habilidades digitales y no repetitivas pueden aumentar entre un 42 y 53% en el mismo periodo. A su vez, los salarios de los trabajos que requieren un bajo conocimiento digital se podrían reducir en un 39%, mientras que los salarios que requieren de un alto conocimiento digital y tareas no repetitivas pueden crecer en 10 puntos porcentuales en 2030. Las empresas que se quedan atrás en las inversiones de IA, tendrán presión para bajar sus costos y en consecuencia deberán reducir los salarios. La OCDE reporta que incrementos de 10% en el riesgo de automatización corresponden a una reducción del 4.3 por ciento en salarios por hora (OECD 2018; Bughin et al. 2018) .

Los análisis a nivel de los países, sus organizaciones y trabajadores muestran que para recibir los beneficios de la transformación digital es necesario fomentar las inversiones digitales. A su vez, se requerirá de un esfuerzo grande para absorber los cambios en el mercado laboral, especialmente en las áreas de formación, “job matching” y programas de movilidad de los trabajadores. McKinsey dice que los países podrían tomar dos posturas respecto a la IA, según decidan implementar una adopción rápida o lenta de ella. La política pública deberá concentrarse en estimular el uso y desarrollo de soluciones de Big Data y AI, al igual que en el manejo de los desafíos de la transición en la fuerza laboral para poder recibir los beneficios de productividad, ya que los países que la adoptan de forma lenta, pueden perder competitividad mundial, no aumentar su productividad y tener dificultades en la creación de empleos, lo cual dificultará su adopción futura de la IA y conduciría a un círculo vicioso que aumentaría la desigualdad económica entre los países (Bughin et al. 2018).

En la siguiente sección se explorarán algunos de los beneficios de la economía digital, del Big Data y la IA para Colombia con el objetivo de ilustrar posibles beneficios económicos y sociales que la adopción de una estrategia como la propuesta en el marco de esta consultoría podría brindar. Esta sección se divide por cada uno de los pilares de la estrategia, indicando beneficios macros, refiriéndose a beneficios globales para el país o para ciertas industrias, y beneficios micro, refiriéndose a beneficios puntuales frutos de una iniciativa y/o proyecto, y cómo estos se podrían manifestar en Colombia.

Como se ha indicado antes, las recomendaciones de los expertos y de los estudios indican que el gobierno juega un papel crucial en la consecución de los beneficios asociados a la digitalización. En este contexto, la heterogeneidad de beneficios que pueden recibir del Big Data — entendido como ecosistema — debe servir como incentivo para que el gobierno actúe lo antes posible durante las primeras fases de la adopción de la economía digital. La urgencia para actuar se acentúa con el hecho que las economías que más invierten en AI (EEUU y China) están asegurando su ventaja comparativa a través del registro de patentes en AI (PwC 2017).

I. Desarrollo de un marco legal articulado para la explotación de datos

En esta sección se presentan los beneficios económicos y sociales de los marcos que regulan la explotación de datos. Se considera que un marco legal tiene la función de permitir, prevenir y sancionar los usos de los datos que pueden afectar el balance entre la explotación de datos y la protección de la privacidad de personas — jurídicas y naturales — que suministran los datos. Para ello, a nivel macro se analiza como el marco del Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) cubre estas tres funciones, y algunos de los beneficios intangibles que este marco brinda. Por otro lado, se detallan los beneficios a nivel micro que la publicidad de datos por defecto¹¹ podría tener en el país, al habilitar e incluso incentivar la explotación de datos abiertos del estado.

Análisis macro: los impactos de la regulación de datos en la Unión Europea

Una de las regulaciones de más importancia respecto a la protección de los datos es el Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea. Puesto que la regulación entró en vigor en Mayo de 2018, es muy temprano para entender sus efectos a mediano y largo plazo en la economía. Hasta el momento, los resultados que se encuentran son mixtos y no permiten llegar a una conclusión sobre el impacto económico general de la regulación.

En el corto plazo, la regulación parece relacionarse con una disminución en los niveles de inversión para capital de emprendimiento. Por ejemplo, el estudio de Jia, Jin, y Wagman (2019) encontró que las empresas europeas tuvieron un decrecimiento promedio de 3.38 millones de dólares en este tipo de inversiones semanalmente, en comparación con las empresas de

¹¹ Los beneficios de las Alianzas Público-Privadas y del intercambio de la información entre el sector público y privado serán tratados en la sección del pilar V, relativo a los beneficios de las Alianzas Público-Privadas. El intercambio de datos entre las entidades del gobierno será tratado en el pilar II.

Estados Unidos.¹² Esta reducción se vio tanto en la cantidad de dólares recolectados por ronda de inversión, que disminuyó en un 39%, como en la cantidad de inversiones que se hicieron, los cuales se cayeron en un 17%. Una posible explicación es que las multas que se le atribuyen a incumplir con RGPD generan un riesgo que los inversionistas están menos dispuestos a asumir. Por otro lado, es posible que las organizaciones que dejaron de recibir inversión fueran más propensas a incumplir con los estándares de protección de datos, por ende no se puede interpretar el decrecimiento en la inversión como una pérdida de bienestar económico y social (Jia, Jin, y Wagman 2019).

Por otro lado, el RGPD puede traer beneficios para las organizaciones en términos de mejoras en la ciberseguridad y en la reputación de las empresas (Godel, Landzaat, y Suter 2017). Las exigencias en términos de ciberseguridad pueden ayudar a evitar el robo de datos, a su vez, cumplir con estas exigencias tiene un beneficio reputacional positivo para las empresas que funcionan bajo la regulación, ya que estas pueden usar la protección de los datos como un factor de diferenciación (Fimin 2018). El RGPD puede ayudar a reparar daños reputacionales cuando ocurre un robo de información, ya que cumple con las expectativas de las personas de ser informadas inmediatamente y obliga a tomar acciones para que los eventos no se repitan.¹³ Otros beneficios que trae el marco legal de RGPD corresponden a mejoras en la administración de los datos a través de la obligación de organizar estos según su nivel de confidencialidad — por ejemplo, se pueden ver beneficios en la obtención de mayores retornos en mercadeo pues las personas que optan por compartir sus datos con las organizaciones tienen una mayor probabilidad de querer usar los productos ofrecidos a través del mercadeo digital (Fimin 2018).

Desde la perspectiva legal, la protección de datos puede servir para reparar daños a la libre competencia. Se estima que Google controla el 92% de las búsquedas en línea (Clement 2019). La ventaja que ha tenido Google en el mercado ha sido sometida a sanciones en Europa, donde ya se le impusieron alrededor de 8.2 mil millones de euros en multas. En 2017, Google pagó 2.43 mil millones de euros por favorecer Google shopping en sus búsquedas. En 2018 pagó 4.34 mil millones de euros por prácticas ilegales por medio de los celulares equipados con Android. En Marzo 2019, pagó 1.49 mil millones por haber impedido el progreso de los rivales de AdSense, el sistema de publicidad contextual (Piquard 2019).

Más allá del marco legal como mecanismo punitivo y reparador, se pueden ver beneficios en los usos de los datos que el marco habilita. El reporte de Mckinsey (Manyika et al. 2013) sobre los beneficios potenciales de los datos abiertos a nivel mundial encuentra beneficios económicos y sociales de los datos abiertos del gobierno de Estados Unidos — pero generalizables a otros países — en siete áreas principales. En **educación** encuentra un potencial de 890 billones de dólares anuales, proveniente de mejoras en la enseñanza a través de la elección de las estrategias más efectivas para enseñar habilidades específicas a los estudiantes. A su vez, los estudiantes que reciben una mejor educación pueden esperar mejores salarios a futuro. El uso de los datos abiertos en el **transporte** tiene un potencial de 720 mil millones de dólares por año, a través de la reducción de tiempo en los transportes y el

¹² En el estudio se usó el método de diferencias en diferencias para comparar los niveles de inversión en capital para emprendimiento en empresas de tecnología en la Unión Europea y Estados Unidos, antes y después de la introducción de RGPD.

¹³ En London Economics (2017) se muestra que luego de un robo de datos las personas valoran más ser informadas inmediatamente y que se tomen medidas para evitar que la misma situación se repita, que una reparación financiera por el robo de datos.

consiguiente incremento en la productividad laboral. En cuanto a la **venta de productos para el consumo**, se encuentra un potencial de 520 mil millones de dólares anuales, que en parte se pueden lograr gracias a las mejoras en la segmentación de los mercados. En cuanto a la generación, distribución y el consumo de la **electricidad**, el potencial es de 340 mil millones de dólares¹⁴. En el sector de la **salud**, los datos abiertos en Estados Unidos tienen un potencial de 300 mil millones de dólares anuales, gracias a que los datos permitirían a las personas tomar un rol activo en la prevención de las enfermedades y en los tratamientos; paralelamente se permitiría que los proveedores de salud optimizaran la selección de tratamientos para los pacientes y que los pacientes fueran asignados a centros médicos de forma más eficiente. Finalmente, en el **sector de finanzas del consumidor** (banca, seguros y bienes raíces) se estima un potencial de 210 mil millones de dólares. En el sector bancario, los datos abiertos pueden ayudar a evaluar los riesgos de las personas que no tienen historial crediticio; en los seguros, los datos pueden ayudar a prevenir el fraude y en los bienes raíces los datos pueden ayudar a mejorar el pareo entre vendedores y compradores.

Sin embargo, estos beneficios dependen de la capacidad de respetar la privacidad de los consumidores y de los marcos legales que permitan usar las nuevas formas en las que los datos pueden ser analizados. El papel del Gobierno en permitir el uso de los datos es crucial y el reporte recomienda que los gobiernos prioricen la apertura de sus datos de acuerdo con su potencial para traer beneficios, en lugar de un enfoque de compartir todos los datos en general. En este sentido, la estrategia propone implementar el principio de publicidad de datos por defecto, que incluye la anonimización de los datos, junto con un marco de clasificación de datos, similar al caso del Reino Unido, donde los datos se agrupan de acuerdo con el impacto potencial que causaría un robo de datos (Cabinet Office 2018). De esta forma se puede facilitar la materialización del potencial previamente discutido en esta sección.

Marco legal armonizado y datos abiertos: eficiencias en transporte

Tener un marco legal que prioriza los datos abiertos — dentro de los límites de protección de datos — es conducente a la creación de eficiencias a partir de estos. En el área de transporte, las posibilidades de utilizar los datos para informar las tomas de decisiones, desde puntos de vista de planeación urbana a decisiones de rutas para optimizar el tiempo, son amplias. Existen varios casos de ciudades, dónde los datos de transporte han sido analizados para mejorar estos servicios. Por ejemplo, luego de que la ciudad de Nueva Jersey publicó datos sobre los flujos de pasajeros en el transporte público (en el 2012), terceros analizaron los datos en diferentes momentos del día y lograron encontrar las paradas del tren que no estaban siendo utilizadas de forma eficiente, lo cual llevó a la creación de más líneas express. Esto llevó a un ahorro de seis minutos del tiempo de desplazamiento promedio en el transporte en hora pico (Manyika et al. 2013).

En Singapur, San Diego y Seattle, la disponibilidad de los datos abiertos ha permitido experimentar con modelos dinámicos de ajuste de precio y uso de vías en tiempo real. Los conductores pueden acceder a información sobre el tiempo de recorrido en varias rutas y precios de peajes que se actualizan en tiempo real para promover el uso del transporte público. Los hallazgos muestran que el ajuste dinámico de precios ha reducido el tiempo en el tráfico en

¹⁴ Sin embargo la generación de este valor depende de inversiones importantes en la tecnología que permitiría mejorar la conservación de la energía y el incremento en el uso eficiente de la energía

las rutas seleccionadas desde un 20% hasta un 30% (Manyika et al. 2013). En Londres, de manera similar, la utilización de datos de tiempo real a través de APIs conectados a varios aplicaciones ha permitido que más de cuatro millones de usuarios descarguen aplicaciones móviles que les permiten tomar decisiones más acertadas e informadas sobre qué tipo de transporte público o privado elegir según sus necesidades de desplazamiento.

La congestión vehicular en las principales ciudades de Colombia es una de los peores del mundo según varios índices; Bogotá es de hecho la tercera ciudad con más congestión mundial (INRIX 2018, TomTom 2018). Se estima que la congestión vial le cuesta al país 3.9 billones de pesos anuales (*Dinero* 2014). Esta cifra se basó en el estudio de INRIX Global Traffic Scorecard, que utilizó big data para analizar la congestión vehicular, e indicó que en Bogotá una persona pierde alrededor de 272 horas al año en el tráfico, en Medellín 138 y en Cali 125 horas (INRIX 2018).

Tabla 4. Costo por persona por congestión al año

		Bogota	Medellin	Cali
Horas perdidas al año debido a la congestión		272	138	125
Costo gasolina (corriente)/galón		\$9,705	\$9,748	\$9,636
Consumo gasolina carro sin moverse galón/hora		0.368	0.368	0.368
Costo (gasolina) por persona al año en tráfico		\$971,432	\$495,042	\$443,256
100,000 personas	Costo	\$97,143,168,000	\$49,504,243,200	\$44,325,600,000
	Reducción del costo en 20%	\$19,428,633,600	\$9,900,848,640	\$8,865,120,000
500,000 personas	Costo	\$485,715,840,000	\$247,521,216,000	\$221,628,000,000
	Reducción del costo en 20%	\$97,143,168,000	\$49,504,243,200	\$44,325,600,000

Si en promedio, el uso de datos abiertos — para informar mejor la planeación de la ciudad, para crear soluciones adicionales a la movilidad, o para optimizar la toma de decisiones, entre otras — ayudara a reducir en un 20% el costo incurrido en gasolina que se pierde por cada hora que una persona espera en una congestión del tráfico, entonces esas ganancias podrían variar desde 44 mil millones en Cali, a 97 mil millones en Bogotá, asumiendo un constante de 500,000 personas. Puntualmente, una reducción del 20% como la que se dio en Singapur, San Diego o Seattle, podría crear millones de pesos en beneficios para usuarios de vehículos particulares en Colombia. Esto, teniendo en cuenta que uno de los factores que influyen en el costo de la congestión vehicular es el de la gasolina que se pierde por el tiempo en el que los carros están detenidos, o por la congestión.

Más allá de generar una reducción en la compra de gasolina, estas optimizaciones podrían llevar a un ahorro significativo en las emisiones de CO₂e en diferentes ciudades del país. Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) un vehículo para pasajeros emite un total de 8,887 gramos de CO₂ promedio por galón de combustión de

gasolina. Utilizando el factor de 0.368 galones por hora de espera o poco movimiento en un trancón, se podría esperar entonces, que en las 272 horas que gastan los bogotanos en congestiones viales, se utilicen más de 100 galones de gasolina al año. Una reducción en el 20% del tiempo en tráfico, reduciría las emisiones de una persona en 177.8 kg de CO₂e al año, lo equivalente a las emisiones que genera quemar 195 libras de carbón por ciudadano¹⁵.

Siendo el marco legal el principal habilitador, pero también delimitador de lo que es permisible con la explotación de datos, los beneficios económicos y sociales explorados a través de este documento son en parte, atribuibles a una regulación sólida y consistente. La creación de valor agregada a partir de los datos parte de que estos estén disponibles; los datos del sector público contienen un gran potencial para generar este valor a través de la creación de servicios y productos basados en los datos. Definir los límites y requerimientos de estos es esencial para estimular el ecosistema de Big Data en el país.

¹⁵ <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>

II: Arquitectura de Datos

La arquitectura de datos del gobierno es el eje sobre el cual funcionan todos los sistemas de éste. Según Manyika et al (2011), el simple hecho de hacer que los datos sean más accesibles de manera oportuna, puede crear un gran valor. El objetivo principal de la propuesta de arquitectura de datos incluida en la estrategia de esta consultoría es ambiciosa; una donde se prioriza la reducción de las ineficiencias en la transferencia y compartición de datos dentro del estado, orientada hacia lograr una interoperabilidad segura, privada, y con los necesarios protocolos de anonimización y procesamiento de datos para una transferencia de datos expedita. Para el sector público, la capacidad de acceder a datos distribuidos a través de entidades, es esencial para lograr reducir drásticamente el tiempo de búsqueda y procesamiento de los datos. Cada vez más productos, plataformas, o servicios individuales puedan integrarse a sistemas comprensivos que abarcan una multitud de productos y servicios relacionados (Wladawsky-Berger 2019)

En esta sección, primero se analizan los posibles ahorros generados en tiempo por la interoperabilidad, al cuantificar a través de un ejemplo puntual o micro el ahorro por reducción en tiempos de realizar trámites. Luego, se describe el efecto que la interoperabilidad podría tener sobre el PIB de Colombia, de acuerdo a diferentes escenarios, al calcular el costo de no tener una infraestructura de datos interoperable.

Banco Mundial y E-Estonia: ahorro en horas por trámites en X-road

Para calcular el impacto fiscal plausible de una arquitectura de datos integrada bajo los parámetros detallados en la Estrategia, se puede considerar el ahorro en minutos de tiempo que herramientas de consultas, peticiones y trámites pudieran tener a raíz del uso de X-road y X-tee. Un estudio del Banco Mundial analiza estos resultados en Estonia, al suponer que cada consulta de un ciudadano-a-funcionario, o funcionario-a-funcionario (in inglés, *human-to-human*) ahorraría un mínimo de 15 minutos de tiempo. Esto, teniendo en cuenta el costo en tiempo que implica ir y venir de las entidades gubernamentales, localizar a un funcionario público relevante, reservar el tiempo y hacer cola (si es necesario), se puede estar seguro que un ahorro de 15 minutos es un escenario conservador¹⁶.

Al suponer que el tiempo ahorrado por consulta fue de 15 minutos, se puede calcular, en función del número de consultas realizadas a X-road en un año determinado, el tiempo total ahorrado a causa de esta. En 2014, el número de consultas de ciudadanos-a-gobierno (*human to human*) fue aproximadamente de 113 millones, lo que equivale tan solo a 5% de las consultas hechas. El 95% de las consultas son hechas de manera automática. *Esto quiere decir que si cada consulta ahorrará 15 minutos, en total se ahorrarían 2.8 millones de horas o 3225 años de tiempo ahorrado.*

¹⁶ Lo que permite hacer X-road es similar a lo que lleva haciendo la Ventanilla Única de Trámites, pero lo que facilita, en adición a consultas y peticiones ciudadanas, es a la interoperabilidad de las entidades del Estado, reduciendo el tiempo que se demora hacer una consulta a otro sistema de información, base de datos, o proceso de una entidad. No se encontraron cifras que detallan el tiempo necesario para compartir datos entre entidades, por lo cual el proxy incluye trámites ciudadanos e inter-gubernamentales.

Si en un año, cada colombiano con acceso a una conexión de internet hace una consulta o trámite al sistema en vez de hacerla presencial, y asumiendo que el ahorro en tiempo es el mismo al de Estonia (15 minutos), se harían un total de 21.7 millones de consultas (MinTIC 2019), para un ahorro en tiempo total de 5.4 millones de horas, o el equivalente al año laboral de 2712 personas¹⁷. Si se asume que este ahorro en su totalidad es de horas laborales (y que cada persona se gana por lo menos un salario mínimo vigente en Colombia), el ahorro generado en este caso podría ser de \$2,246,264,650 COP.

Naturalmente, se debe tener precaución al tomar esta estimación de potencial ahorro como un valor nominal. Existen varios factores, de los que no hay datos disponibles - por ejemplo, número de horas requeridas para hacer del sistema uno funcional, costos de operación del sistema, entre otros - que puede afectar estos cálculos.

Microsoft y estudio de sensibilidad de la interoperabilidad en el PIB

De manera similar, un estudio de Microsoft (2012), hizo los cálculos en términos de ahorros en términos de PIB que asegurar la interoperabilidad del sector público podría traer a un país. Esto, bajo la noción de que las agencias gubernamentales necesitan sistemas interoperables para poder ofrecer programas y servicios coordinados.

En términos generales, se define el valor económico del sistema interoperable con la siguiente fórmula, donde t es el número total de transacciones que interoperan, m es el número de sub-sistemas operacionales, n es el número de transacciones que se requieren para completar un proceso, y λ es el factor de correlación:

$$\sum_{i=1}^m \lambda_i \left(t! \frac{1}{(t-n)!n!} \right)$$

Por ser una fórmula con progresión factorial, a medida que se aumenta el número de combinaciones posibles en el sistema, aumenta también la eficiencia de este. La red que integra estos servicios electrónicos, según este estudio, tienen un comportamiento económico similar a una estructura de red, en donde el valor global de la red puede correlacionarse con el número de posibles interconexiones en la red.

Análisis de sensibilidad del PIB

Utilizando esta fórmula como base para entender el potencial de ahorro de una red interoperable, Microsoft estimó el impacto de la interoperabilidad en diferentes países (Madrid 2012). Este cálculo se basa en contabilizar la cantidad de actividades que un ciudadano debe realizar al año, incluyendo declaraciones de impuestos, llenar formularios gubernamentales, obtener permisos y licencias, entre otras consultas y/o trámites. No asume que hay una "canasta" base de tramites, pero similar el estudio de Vassil (2015), utiliza el tiempo que se podría demorar un trámite para contabilizar el ahorro que se podría generar en términos del PIB.

Este análisis considera el número de trámites que una persona tendría que hacer bajo diferentes escenarios temporales, considerando que el tiempo invertido en estos trámites, consultas y/o actividades no se puede asumir como un uso productivo del tiempo. Por ende,

¹⁷ Se asume que un año laboral tiene 2000 horas laborales.

este tiempo no tendría un impacto positivo sobre el PIB. La Tabla 5 abajo, resume la contribución de una hora de trabajo al PIB, lo que podría tomarse como el costo de oportunidad de hacer un trámite y/o consulta.

Pais	PIB 2018 (USD)	Población	PIB Población	/ PIB / Hora Laboral
World	85,802,000,000,000	7,594,000,000,000	11,298	5.649152
Colombia	330,228,000,000	49,648,685	6,651	3.33
Argentina	518,475,000,000	44,494,502	11,653	5.83
Brazil	1,869,000,000,000	209,469,333	8,923	4.46
Mexico	1,224,000,000,000	126,190,788	9,700	4.85

La tabla 5, permite ahondar en el análisis, al normalizar el impacto que estos trámites podrían tener, considerando diferentes escenarios en cuanto a los minutos que se necesitan para ejecutar un trámite, y el número de trámites que se requieren en un periodo de un año.

Minutos para ejecutar	Número de actividades por año						
	10	15	20	25	30	35	40
5	0.04%	0.06%	0.08%	0.10%	0.13%	0.15	0.17
10	0.08%	0.13%	0.17%	0.21%	0.25	0.29	0.33
15	0.13%	0.19%	0.25%	0.31%	0.38	0.44	0.5
20	0.17%	0.25%	0.33%	0.42%	0.5	0.58	0.67
25	0.21	0.31%	0.42%	0.52%	0.63	0.73	0.83
30	0.25%	0.38%	0.50%	0.63%	0.75	0.88	1
35	0.29%	0.44%	0.58%	0.73%	0.88	1.02	1.17
40	0.33%	0.50%	0.67%	0.83%	1	1.17	1.33
45	0.38%	0.56%	0.75%	0.94%	1.13	1.31	1.5

Fuente: Madrid 2012, *The Economic Impact of Interoperability*

Según estos cálculos, y utilizando escenarios donde el impacto es de 0.20, 0.50 y 0.70 por ciento del PIB, la carga en de la interoperabilidad en Colombia, Argentina, Brasil y México sería la siguiente:

Pais	PIB 2018	0.20%	0.50%	0.70%
World	\$85,802,000,000,000	\$1,716,040,000	\$4,290,100,000	\$6,006,140,000
Colombia	\$330,228,000,000	\$6,604,560	\$16,511,400	\$23,115,960

Argentina	\$518,475,000,000	\$10,369,500	\$25,923,750	\$36,293,250
Brazil	\$1,869,000,000,000	\$37,380,000	\$93,450,000	\$130,830,000
Mexico	\$1,224,000,000,000	\$24,480,000	\$61,200,000	\$85,680,000

Según este estudio, a cifras del 2018, si el impacto sobre el PIB es de .50%, el costo causado por la ausencia de sistemas interoperables sería de 6,604,560 USD anuales, lo que equivale a \$19,523,079,360 pesos¹⁸.

Beneficios Adicionales

Con la introducción de una arquitectura de datos como la planteada en la estrategia, existen beneficios adicionales que no han sido cuantificados para Colombia. Estas incluyen:

Digitizing the state: Five tasks for national governments	McKinsey 2017 Matthias Daub, Axel Domeyer, Julia Klier, y Martin Lundqvist	“Si se eliminara el papel de las transacciones comunes, los ciudadanos podría ahorrar 64 millones de horas de tiempo libre al año, las compañías podría reducir sus costos administrativos en €1 mil millones por año, y <i>las autoridades públicas podrían ahorrar el 59% de las horas de trabajo dedicadas al procesamiento de casos</i> ”
Transforming government through digitization	McKinsey 2016 Bjarne Corydon, Vidhya Ganesan, y Martin Lundqvist	“Al utilizar una herramienta digital para vincular más de mil millones de elementos de datos de 30 fuentes distintas, la <i>autoridad fiscal de Reino Unido ha logrado incrementar los ingresos fiscales por más de 3 mil millones de libras adicionales desde el 2008</i> ”

¹⁸ En base a la TRM promedio del 2018 del Banco de la República, equivalente a \$2,956 pesos (Banco de la República 2019)

III. Mejoramiento de Equipos y Servicios de cómputo

La infraestructura digital es una de las bases sobre las cuales se debe construir la estrategia de Big Data y es por ende, un determinante crucial para poder obtener sus beneficios. El funcionamiento óptimo de los equipos y servicios permite llevar a cabo el análisis de las grandes cantidades de datos que se están generando todos los días. Se usa la palabra óptimo, porque ni los equipos deben ser los más costosos para funcionar bien, ni los servicios deben ser los más costosos para llevar a cabo el procesamiento que se requiere.

Por lo tanto, se debe encontrar un punto en el que, entendiendo las necesidades de uso de datos, se encuentre el costo mínimo que permita llevar a cabo la mayor cantidad de procesos de analítica de datos. En muchos de estos casos, soluciones *hardware-agnostic* logran este objetivo. Por esta razón, igualmente, en la estrategia se recomienda hacer revisiones periódicas del estado de equipos y servicios, analizando la edad de los mismos y su riesgo de obsolescencia.

Teniendo en cuenta el constante crecimiento de la cantidad de datos disponibles y la imposibilidad de conocer de antemano los usos potenciales de los datos de forma exhaustiva, resulta difícil entender la cantidad de datos que necesitan ser almacenados y procesados con antelación. Por esta razón, surge tanto la necesidad de optimizar las soluciones de almacenamiento y procesamiento de datos, como de pensar en el costo-beneficio de tener estas físicas o en la nube.

En esta sección se exploran los beneficios del uso de la nube, con el objetivo de ilustrar uno de los beneficios potenciales de repotenciar los equipos y servicios del Estado. Para hacerlo, primero se detallan los tipos diferentes de nube, para luego explorar a nivel macro algunos de los beneficios de la nube en diferentes países del mundo. Finalmente, a nivel micro, se analiza el potencial beneficio económico de incrementar el uso de la nube en entidades del Gobierno de Colombia contemplando diferentes escenarios de necesidades en almacenamiento y procesamiento.

Los diferentes tipos y beneficios de nube

Existen diferentes categorías de servicio de nube al igual que diferentes tipos de implementación de estos servicios (Amazon Web Services y Deloitte Access Economics 2019; (Tadili y Semma 2015). En cuanto a los tipos de servicio existen:

1. La nube como un servicio (Cloud Software as a Service o SaaS, en inglés), en la cual se usan las aplicaciones del proveedor en la nube y el consumidor no maneja o controla la infraestructura de la nube. Algunos ejemplos son Galaxy, GATK y Hbase.
2. La Plataforma de la nube como un Servicio (Cloud Platform as a Service o PaaS, en inglés), en la cual se permite ejecutar las aplicaciones que hace el consumidor en la plataforma a través de lenguajes de programación que son soportados por el proveedor. El usuario no maneja o controla la infraestructura (la red, los servidores, sistemas operativos o el almacenamiento) pero tiene control sobre las aplicaciones que se usan y a veces en la configuración del ambiente (environment) en el cual se ejecutan las aplicaciones. Aquí los ejemplos son Hadoop/MapReduce, Spark, MAPR.
3. La Infraestructura de nube como un Servicio (Cloud Infrastructure as a Service o IaaS, en inglés). En este tipo de servicio, el consumidor obtiene procesamiento,

almacenamiento, redes y otros recursos computacionales. Ejemplos de este servicio son Amazon Web Services, Microsoft Azure y Rackspace.

De acuerdo con los diferentes servicios de nube, se pueden considerar diferentes tipos de implementación de la misma (Tadili y Semma 2015). Es aquí donde se encuentra la nube privada, que es una infraestructura de la nube operada únicamente por una organización y que puede ser manejada por la organización o una tercera parte, al igual que puede estar ubicada dentro de las premisas de la organización o fuera de ellas. La nube comunitaria se define por una infraestructura que se comparte por varias organizaciones y soporta una comunidad específica con necesidades compartidas. Esta puede ser manejada por las organizaciones y estar dentro o fuera de las premisas de estas. Luego, está la nube pública, donde la infraestructura está abierta para el público y es propiedad de la organización que vende los servicios de nube. Finalmente, se encuentra la nube híbrida, que está compuesta por dos o más nubes (privada, pública o comunitaria). Estas son entidades únicas, pero están unidas por tecnología estandarizada o propia del consumidor que permite la portabilidad de las aplicaciones y los datos.

Los beneficios de usar servicios en la nube van más allá de los ingresos que reciben las organizaciones que suministran estos servicios. Los avances en el rendimiento, costo, confianza y seguridad de la infraestructura de la nube benefician a todos los usuarios de la nube, a través de un efecto de derrame vertical (vertical spillover en inglés) (Wladawsky-Berger 2017).

La gran cantidad de beneficios económicos estudiados sobre los efectos del uso de la nube se relacionan con la capacidad de la nube para brindar¹⁹:

1. Autoservicio instantáneo: los servicios de cloud computing, storage y tiempo en el servidor pueden ser solicitados sin necesidad de interactuar con el proveedor.
2. Interoperabilidad: se puede acceder a la variedad de servicios desde diferentes equipos (celulares, portátiles, asistentes personales digitales).
3. Escalabilidad: se ajusta a la demanda de almacenamiento y procesamiento en tiempo real. Es decir que se puede ajustar para periodos en los que se necesitan más recursos de procesamiento, como en periodos electorales, por ejemplo. El costo se ajusta directamente al uso, lo cual permite optimizar su uso y bajar los costos.
4. Practicidad: la implementación es relativamente simple ya que no se requiere comprar licencias de software o hardware para su uso. Usualmente los proveedores ofrecen APIs para desarrollar las aplicaciones que se requieran usar en la nube.
5. Bajo mantenimiento, ya que este puede ser gestionado por el proveedor, incluyendo la actualización de sistemas operativos o de seguridad.
6. En caso de fallo en un centro de datos, las aplicaciones pueden seguir siendo usadas en otro centro de datos del proveedor.
7. Asistencia en caso de problemas con el servidor.

La versatilidad de usos de la nube ha permitido la generación de una gran cantidad de beneficios económicos. Por ejemplo, en **Estados Unidos** la nube añadió aproximadamente 214 mil millones de dólares en valor agregado al PIB y se relacionó con la creación de 2.15

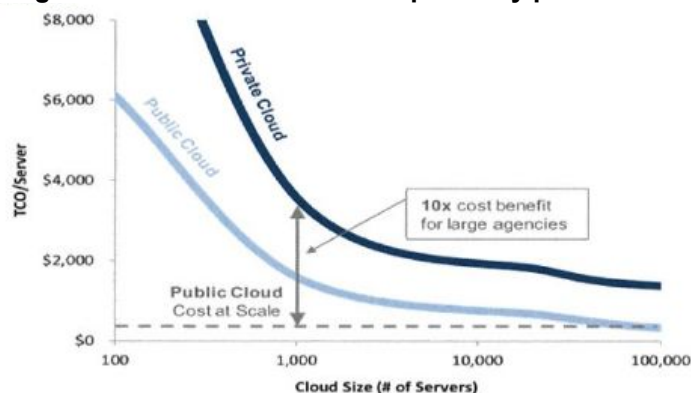
¹⁹ La lista de beneficios fue tomada de Tadili y Semma (2015) y Wyld (2009).

millones de trabajos en 2017; además, entre 2002 y 2017 la nube se triplicó en tamaño (Hooton 2019).

A su vez, en **Francia, Alemania, Italia, España y el Reino Unido**, la nube contribuyó con 763 mil millones de euros en valor agregado y alrededor de 2.4 millones de trabajos entre 2010 y 2015 (McWilliams 2012 y Hooton 2019). Deloitte encontró que el uso de la nube en la **Unión Europea** podría traer alrededor de 499 mil millones de euros al PIB en los siguientes 5 años junto con incrementos en el empleo y en la creación de negocios. En otro estudio, Deloitte (2018) estudió el efecto de la nube en la productividad de **14 países** y encontró que en los países grandes el aumento en la productividad estuvo entre 300 millones y 1.2 mil millones de dólares, mientras que en los países de tamaño mediano entre 100 y 600 millones de dólares.

Adicionalmente, un estudio hecho por Deloitte para el gobierno de **Australia** estima que de usar la nube pública, los beneficios económicos habrían sido de 2 mil millones de dólares australianos, o alrededor de 1.3 mil millones de dólares estadounidenses. Los resultados sobre los beneficios de la nube pública sobre la privada fueron confirmados por el estudio de Alford (2009) al encontrar un potencial de entre 50% y 67% de reducción de costos al pasar las aplicaciones del gobierno a la nube pública o privada. Alford argumenta que las nubes públicas tienen una mejor relación costo-beneficio que las nubes privadas, sin importar la cantidad de recursos de TI.

Figura 4. Economía de la nube pública y privada



Source: Microsoft

El estudio de Booz Allen Hamilton (2010), menciona que en 13 años - de los cuales 3 años son de transición y 10 de operaciones y servicios - se pueden ahorrar 66% de recursos con el uso de la nube comparado con el manejo de IT tradicional para el gobierno federal de los Estados Unidos. Adicionalmente, los beneficios aumentan entre más rápido sea el periodo de cambio de los sistemas de almacenamiento tradicionales a los de la nube. Sin embargo, la mayoría de

agencias toman entre 18 y 24 meses para planear e implementar la migración hacia la nube.

Soluciones on-premise o en la nube: análisis para entidades colombianas

Las encuestas realizadas en el documento tres de esta consultoría mostraron que hay una gran cantidad de entidades del Gobierno de Colombia que usan la nube privada en lugar del almacenamiento físico. La preferencia por la nube privada en Colombia no está alejada de la percepción que se tiene en otros países sobre el uso de la nube. Las nubes privadas son usadas dos veces más que las nubes públicas, sobretodo debido a las preocupaciones de privacidad.

Existe un gran número de variables y consideraciones a tener en cuenta al momento de elegir entre la nube o el almacenamiento físico. A la hora de comparar ambas opciones se debe tener en cuenta que el almacenamiento físico lleva a incurrir en costos relacionados a la cantidad de

CPUs que la organización tiene o necesita, su capacidad de procesamiento y almacenamiento, las licencias de uso de programas, la frecuencia de uso en el tiempo — por ejemplo, si el procesamiento se da solo durante el día y se deja de usar durante la noche — y la amortización de los equipos. A su vez, existen costos asociados a estas necesidades, representados por factores como el costo de la luz y los empleados que deben hacer uso y mantenimiento de estas soluciones.

Por esta razón la solución se debe adaptar a las necesidades específicas de la entidad que las quiere contratar. Varias organizaciones que ofrecen sus servicios de nube, tienen calculadoras en línea²⁰, en las cuales se puede introducir datos correspondientes a las variables previamente mencionadas y se obtiene un costo estimado del almacenamiento físico y en la nube. En el marco de este documento, para tener una idea de los costos, usamos la calculadora de SherWeb (s/f) y simulamos 1000 combinaciones aleatorias de cantidades de CPUs (entre 1 y 1000), procesamiento (RAM de 2, 4, 8, 16 y 32 Gb) y diferentes capacidades de almacenamiento (32, 64, 128, 256, 512 y 1024 Gb)²¹. La calculadora estima los costos de ambas soluciones a partir de estas combinaciones para 7 años y los promedia para mostrar una comparación de costos anuales de ambas opciones.²²

A partir de las simulaciones se hicieron dos regresiones multivariantes para obtener la función que describe el costo de la solución física y la de la nube. Las funciones se describen a continuación:

$$\text{Costo Físico} = 1620.55 + 50.43 \text{ vCPU} + 0.0018 \text{ RAM} + 0.24 \text{ Almacenamiento} \quad (1)$$

$$\text{Costo nube} = 0 + 23.79 \text{ vCPU} + 9.92 \text{ RAM} + 0.36 \text{ Almacenamiento} \quad (2)$$

Donde el “Costo Físico” se refiere al costo del almacenamiento físico en dólares, el “Costo nube” al costo del almacenamiento en la nube en dólares, vCPU se refiere a las CPU’s virtuales requeridas, “RAM” a la capacidad de procesamiento en gigabytes y “Almacenamiento” al almacenamiento en gigabytes.²³

En un principio, los coeficientes de las ecuaciones permiten observar que es más costoso el almacenamiento físico que el almacenamiento en la nube. El costo de cada CPU suplementario aumenta en \$50 dólares el costo del almacenamiento físico ($p < 0.01$), mientras que su equivalente en la nube aumenta el costo en \$24 dólares ($p < 0.01$). Las necesidades en almacenamiento tienen un coeficiente significativo ($p < 0.01$ para ambos) pero con una diferencia pequeña en magnitud (0.8 por cada Gb suplementario en la nube vs. Físico). Sin embargo, una diferencia importante está en la necesidad de procesamiento. El RAM tiene un costo cercano a cero en el almacenamiento físico ($p < 0.05$), mientras que en la nube este es de casi 10 dólares

²⁰ Por ejemplo la calculadora de Amazon Web Services se encuentra [aquí](#).

²¹ La calculadora cuenta con estimados para los costos de electricidad, personal, tasa de amortización y licencias que se pueden modificar por la entidad interesada, sin embargo para este cálculo se dejaron los datos de base propuestos por la calculadora.

²² La calculadora compara el costo promedio de tener almacenamiento físico y el de la nube como un servicio (SaaS).

²³ La constante de la ecuación (1) es de 1620 dólares anuales porque toma cuenta de costos fijos que surgen al pasar de 0 a 1 ordenador de almacenamiento.

por gb de RAM adicional ($p < 0.01$). Es aquí donde se marca la diferencia más importante, si el departamento requiere un procesamiento rápido constantemente durante el año, puede ser aconsejable tener un sistema de procesamiento físico; por el contrario, a niveles más bajos de procesamiento, puede ser más aconsejable el uso de la nube.

Figura 5. Sherweb: Costs-on-premise vs. en la nube

Características			
vCPU	10.00	100.00	500.0
RAM GB/vCPU	4.00	8.00	16.00
Almacenamiento GB/vCPU	64.00	128	256.00
Costo físico (dólares)	2,281.04	9,787.27	58,072.69
Costo nube (dólares)	868.70	14,994.20	138,043.00
Diferencia	1,412.34	(5,206.93)	(79,970.31)
Recomendación	Nube	Físico	Físico

Adicionalmente, a manera de ejemplo se analizan los costos de nube para el proveedor de servicios con mayor proporción de partes de mercado en la actualidad, Amazon Web Services, el cual cuenta con el 47.8% del mercado en Nubes Públicas como Servicio (Su 2019).

Figura 6. AWS - Costos on-premise vs. en la nube

# Servidores	# Cores	RAM (GB)	On-premise	AWS		Ahorro	
						%	a 3 años
1	12	64	\$174,029	vCPU: 16	\$129,901	25	\$44,128
20	12	64	\$522,192	vCPU: 16	\$413,882	21	\$108,310
50	12	64	\$1,114,458	vCPU: 16	\$852,469	24	\$261,989
100	12	64	\$2,168,916	vCPU: 16	\$1,561,588	28	\$607,328
1	12	156	\$174,754	vCPU: 40	\$153,744	12	\$21,010
20	12	156	\$536,683	vCPU: 40	\$849,412	-58	-\$312,729
1	12	256	\$175,541	vCPU: 32	\$191,556	-9	-\$16,015

Fuente: AWS Total Cost of Ownership (TCO) Calculator, 2019

Esta comparación hace claro que la nube es más aconsejable para organizaciones con requerimientos moderados en número de servidores, necesidad de almacenamiento y capacidad de procesamiento. Estas cifras se derivan de análisis de estos costos en Sao Paulo, Brasil (único país disponible en Latinoamérica en la calculadora de costos). A medida que incrementa la necesidad de RAM y de servidores, se ve un beneficio decreciente considerable. Para afianzar este análisis, sería provechoso entender cuáles son las necesidades promedio de

una entidad estatal en cuanto a procesamiento y almacenamiento, conocimiento que no está libremente disponible.

Cuadro 2. AWS e ICFES en Colombia

El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) desde el 2005 viene utilizando servicios para tercerizar parte de su infraestructura tecnológica, debido a sus altos requerimiento de cómputo y de almacenamiento. En el 2019 realizaron un piloto con Amazon Web Services que les permitió apoyarse en esta solución con sus sistemas actuales, al mismo tiempo que les permite la flexibilidad de escalar la solución dependiendo a la demanda de sus sistemas. En promedio, el ICFES está ahorrando en general un 30% en costos de infraestructura en comparación con su previo proveedor de nube.

“Nuestra arquitectura de AWS está compuesta de un pequeño grupo de servidores de bases de datos y un grupo mayor de servidores de aplicación alojado en AWS que escalamos de manera dinámica para satisfacer nuestras necesidades cambiantes. Los servidores de base de datos y aplicaciones están perfectamente integrados con el almacenamiento de AWS, el cual replica nuestros datos a través de múltiples locaciones geográficamente redundantes. Esto asegura que podemos cumplir con nuestras obligaciones de protección de datos mientras seguimos trabajando eficazmente, incluso si ocurre una interrupción grave.” - Oscar Baquero, Subdirector de Desarrollo de Aplicaciones en el ICFES.

Fuente: <https://aws.amazon.com/es/solutions/case-studies/icfes/>

Es importante recalcar que este es un cálculo general, que usa el promedio de procesamiento a tres años y cuyos resultados pueden variar de acuerdo con la necesidad que cada organización identifica. Sin embargo, demuestra un beneficio económico que debe ser explorado dentro de los equipos y servicio de las entidades del Estado.

IV: Desarrollo de Capital Humano

Descuidar las inversiones en capital humano puede debilitar drásticamente la competitividad de un país. En un mundo que cambia rápidamente, las economías necesitan una cantidad, cada vez mayor, de talento para mantener el crecimiento (Wladawsky-Berger 2018). En el marco de la estrategia, se propusieron una serie de acciones para fortalecer el capital humano ante la transformación digital, incluyendo capacitaciones a funcionarios del gobierno, y acciones más ambiciosas como la fundación de un instituto de datos y un programa de fellows gubernamentales.

La digitalización de la educación es una de las grandes oportunidades que ofrece la Cuarta Revolución Industrial. En India, según un estudio realizado por McKinsey, se estima que los beneficios resultado del “aprendizaje remoto, los cursos masivos abiertos, y otros sistemas digitales podrían tener un impacto económico equivalente a \$60 mil millones a \$90 mil millones de dólares al año para 2025”. La magnitud de este impacto es particularmente interesante, pues es producto principalmente del incremento en la productividad laboral entre trabajadores especializados fruto de un mejor entrenamiento. En este caso particular, y a causa de la digitalización de la educación, al 2025 India podría tener más de 24 millones de trabajadores con diplomas de educación media o superior, y más de 13 millones de trabajadores con educación vocacional y/o técnica. Bajo estas suposiciones, todos los estudiantes en el sistema de educación nacional durante la siguiente década, se beneficiarían de mejores resultados educativos. El impacto que se podría esperar, según este estudio, son ganancias de productividad de aproximadamente \$35 mil millones a \$40 mil millones por año para el 2025.

Debido a que los cálculos de este estudio se basan en programas locales del gobierno y municipalidades de India²⁴, es incierto cuál podría ser este impacto para Colombia. Sin embargo, podría esperarse que el cerrar la brecha de capital humano en habilidades digitales tuviera como resultado un incremento en productividad para las funciones del gobierno.

A continuación, algunos de los impactos a nivel micro que podrían derivarse de la implementación de la estrategia propuesta:

Reducir costos y aumentar la eficiencia de capacitaciones gubernamentales

Hoy en día, los cursos de libre acceso masivos, o MOOCs por sus siglas en inglés, permiten que individuos a través del mundo continúen su educación de manera gratuita. Miles de estudiantes pueden llegar a participar de la misma clase, aprendiendo de los mejores profesores de universidades líderes a nivel mundial. Plataformas como Udacity, Coursera y edX han sido pioneras en poner a disposición de estudiantes cursos en una variedad de materias (MIT Tech Review 2015).

Dentro de la propuesta de la estrategia, se hace énfasis en los MOOCs como un medio eficiente para capacitar a funcionarios del Gobierno en temas aplicados necesarios para la transformación digital. Estos incluyen habilidades que inherentemente son digitales, por lo cual

²⁴ Es interesante que estos cálculos asumen una implementación perfecta bajo los criterios puestos a consideración: mejorar la instrucción, mejorar la asistencia de estudiantes, mejorar la calidad de la educación, mejorar los entrenamientos vocacionales, habilitar tecnologías de bajo costo, etc.

su instrucción se enmarca adecuadamente en cursos virtuales. Según una encuesta de McKinsey, los MOOCs han sido una herramienta clave para cerrar la brecha de habilidades que existe en Europa entre las necesidades de los empleadores y su fuerza laboral. Uno de los beneficios económicos cuantificables de estos MOOCs es el ahorro que se puede generar a partir de una capacitación virtual vs presencial.

Cuadro 3. Estrategias para el uso exitoso de moocs en la capacitación del sector público

El estudio de Sanchez-Gordon y Calle-Jimenez analiza el impacto y estrategias de éxito de cuatro programas diferentes que emplean MOOCs para la capacitación de funcionarios públicos, entre los que se encuentran la iniciativa IDBx del Banco Interamericano de Desarrollo, IMFx del Fondo Monetario Internacional, FORMAx del Instituto de Altos Estudios Nacionales de Ecuador y la Academia Abierta En-Línea (OOAC). Las conclusiones de este estudio sobre las prioridades y/o requisitos que estos cursos deben tener para maximizar su impacto son los siguientes:

- 1) Definir alguno de los cursos como mandatorios acorde a las necesidades institucionales
- 2) Ofrecer cursos gratuitos para empleados del Estado
- 3) Dar incentivos laborales a quienes participen de los cursos
- 4) Dar un certificado formal de finalización del curso certificado por instituciones de educación superior y con validez institucionalidad
- 5) Determinar la duración de los cursos de dos a seis semanas, y limitar el compromiso semana de 2 a 6 horas.
- 6) Proveer espacios para realizar estas capacitaciones en el lugar del trabajo.

Por otro lado, el estudio *“Una mirada al impacto de los MOOCs del IDB en estudiantes en América Latina”* de Gonzales, García, arche y Zhang (2017) analiza los resultados de los cursos del BID desde la creación de la plataforma IDBx desde el 2014. En los primeros tres años de despliegue de sus cursos, se inscribieron 629,089 estudiantes (esta cifra no es exclusiva a funcionarios del estado), donde el 45% participaron de manera activa en los cursos. Sin embargo, solo el 11% de los participantes (71,480) cumplieron con más del cincuenta por ciento de los requisitos del curso.

En cuanto al impacto alcanzado, los autores mencionan que el 93.2% de los encuestados reportaron que los contenidos de los MOOCs fueron de utilidad para su trabajo, particularmente en proveer nuevos conocimientos y habilidades aplicables a sus posiciones actuales. De igual manera, reportan que el 59.5% de los encuestados contestaron que el MOOC mejoró su posición para conseguir un nuevo trabajo. Sin embargo, evaluar el impacto de cursos masivos no es sencillo, principalmente por la variedad de estudiantes involucrados y sus diferentes metas de aprendizaje. Aún cuando no existe una cifra precisa de la ganancia generada por estudiante, es claro que el valor de estos cursos se reflejan en las habilidades adquiridas, y las posibilidades que éstos facilitan en los diferentes estudiantes.

Fuente: “Relevance of MOOCs for Training of Public Sector Employees”, Sanchez-Gordon y Calle-Jimenez 2015; “A Glimpse on How MOOCs from IDB are Impacting Learners in Latin America”, Gonzalez et al. 2017

Según Holland y Tirthali (2014), el ahorro se materializa principalmente en (1) la habilidad de reutilizar un curso sin necesidad de una segunda inversión, (2) la posibilidad de compartir materiales a través de sedes (en este caso entidades), (3) el ahorro en tiempo de contratos laborales para los instructores, y (4) el ahorro en gastos de instalaciones fijas. A la luz de la directiva presidencial 09 de 2018, y de la necesidad de austeridad en el sector público, se hace aún más relevante digitalizar la capacitación de funcionarios públicos, particularmente en cuanto a la directiva de apoyar las capacitaciones en tecnologías de la información y las comunicaciones.

Un proxy para entender el beneficio económico de esta acción es entender el posible ahorro en costos de capacitación de desarrollar MOOCS. El costo de crear un curso en línea varía dependiendo del instructor, tema y de la plataforma sobre la cual se crea el MOOC. En caso de cursos universitarios, plataformas como Coursera o Udacity pueden llegar a cobrar de \$3,000 a \$30,000 USD para desarrollar y desplegar el curso²⁵. Sin embargo, existen plataformas de código libre donde el despliegue de los cursos es gratis.

Por ley, las entidades colombianas deben invertir en la capacitación y formación de sus empleados. Según la base de datos “Capacitaciones Iniciativa Datos Abiertos de Colombia” de la Dirección de Gobierno en Línea, de 2016-19 se han capacitado 6,281 funcionarios públicos, miembros de la sociedad civil, periodistas, entre otros. En total, sólo el 36% del total de asistentes fueron capacitados virtualmente, y solo 25 de 135 capacitaciones fueron virtuales. Sin embargo, la disponibilidad de cifras desagregadas de los Planes Institucionales de Capacitación no son de libre acceso, particularmente las proporciones de cursos virtuales versus presenciales, la cantidad de asistentes por curso, y el costo promedio de estos cursos.

Para lograr estimar un beneficio económico, es necesario entender los costos actuales dentro de los rubros dedicados a la capacitación. Sin un quiebre claro, no es posible determinar el ahorro. Asumiendo sin embargo, que el costo de un MOOC oscila entre los \$3,000 y \$30,000 USD, se podría simular el costo de un MOOC y la economía de escala que esta modalidad permite.

Tabla 8. Costo del MOOC por persona

# de personas	Costo del MOOC						
	\$10,000,000	\$20,000,000	\$30,000,000	\$40,000,000	\$50,000,000	\$60,000,000	\$90,000,000
50	\$200,000	\$400,000	\$600,000	\$800,000	\$1,000,000	\$1,200,000	\$1,800,000
100	\$100,000	\$200,000	\$300,000	\$400,000	\$500,000	\$600,000	\$900,000
200	\$50,000.00	\$100,000	\$150,000	\$200,000	\$250,000	\$300,000	\$450,000
300	\$33,333.33	\$66,667	\$100,000	\$133,333	\$166,667	\$200,000	\$300,000
400	\$25,000.00	\$50,000	\$75,000	\$100,000	\$125,000	\$150,000	\$225,000
500	\$20,000.00	\$40,000	\$60,000	\$80,000	\$100,000	\$120,000	\$180,000
1,000	\$10,000.00	\$20,000	\$30,000	\$40,000	\$50,000	\$60,000	\$90,000
2,000	\$5,000.00	\$10,000	\$15,000	\$20,000	\$25,000	\$30,000	\$45,000

²⁵ Esto incluye adaptar el curso a una modalidad virtual. Este costo puede variar dependiendo del costo de filmación del contenido, y de si ya está desarrollado el contenido o no.

5,000	\$2,000.00	\$4,000	\$6,000	\$8,000	\$10,000	\$12,000	\$18,000
10,000	\$1,000.00	\$2,000	\$3,000	\$4,000	\$5,000	\$6,000	\$9,000
20,000	\$500.00	\$1,000	\$1,500	\$2,000	\$2,500	\$3,000	\$4,500

Instituto de datos: aumentando la inversión en R&D en Colombia

El Instituto Turing del Reino Unido, en los último dos años, ha jugado un rol significativo en la generación de investigación, particularmente en publicaciones de alta calidad, lo que le ha permitido a sus investigadores y directivos, influir positivamente en las políticas del país y, en términos más generales, interactuar con stakeholders para definir la agenda de innovación e investigación del país (The Alan Turing Institute 2019).

De igual manera, el Instituto Vector de Inteligencia Artificial de Canadá en su año de operación, ha logrado crear y aumentar la oferta de talento doméstico en Inteligencia Artificial, con el propósito de hacer a las empresas canadienses más competitivas, ayudándoles a aprovechar el potencial transformador de la Inteligencia Artificial (Vector Institute 2019). Para estos institutos, la meta es avanzar en investigación de punta en el aprendizaje de máquinas y tecnologías de punta, para así obtener una ventaja en la economía del conocimiento.

El beneficio económico de estos institutos para sus respectivos países se manifiesta a lo largo de la cadena científica, tecnológica y de innovación. Por una parte, estos cuantifican su éxito a partir del número de publicaciones académicas en varios temas, incluyendo computación, matemáticas, estadística, física, biociencias, economía, finanzas, ley, ética y ciencias sociales, entre otras. Por ejemplo, desde el 2016, el Instituto Turing ha producido más de 200 artículos en publicaciones académicas principales. La investigación y los productos creados a raíz de estas son el principal valor agregado de estos centros de investigación y políticas públicas.

En el poco tiempo que estos Institutos llevan en funcionamiento, han logrado asegurar inversiones capitales para sus actividades y funcionamiento de un total de \$48,551,034 para el Instituto Turing, y \$33,757,015 para el Instituto Vector (The Alan Turing Institute 2019; Vector Institute 2019). En relación con los gastos de estos países en investigación y desarrollo, estas inversiones serían equivalentes a 0.11% y 0.13% de estos rubros, que suman en total 1.67% y 1.53% del PIB anual para el Reino Unido y Canadá respectivamente (“Research and development expenditure (% of GDP)” s/f).

En comparación, en Colombia la inversión en i+d es de sólo el 0.24 del PIB, equivalente a \$7.420 millones de dólares. Sin tener en cuenta los costos operacionales y la inversión necesaria para crear un instituto de datos, la tabla 9 abajo simula escenarios de inversión si el crecimiento del instituto planteado sigue los patrones de crecimientos de los institutos mencionados.

Tabla 9. Impacto de un instituto de datos sobre la inversión en i+d del país (USD)

% en relación con gasto en i+d	PIB 2017		PIB 2018	
	% de inversión en i+d (actual y proyecciones)			
	0.24%	0.28%	0.24%	0.28%
0.12%	\$890,496	\$1,038,912	\$921,663	\$1,075,274
0.11%	\$816,288	\$952,336	\$844,858	\$985,668

0.10%	\$742,080	\$865,760	\$768,053	\$896,062
0.09%	\$667,872	\$779,184	\$691,248	\$806,455
0.08%	\$593,664	\$692,608	\$614,442	\$716,849
0.05%	\$371,040	\$432,880	\$384,026	\$448,031
0.04%	\$296,832	\$346,304	\$307,221	\$358,425
0.02%	\$148,416	\$173,152	\$153,611	\$179,212

*Fuente de PIB y proyecciones: IMF y World Bank 2019

Sin embargo, estos escenarios no consideran todas las variables que podrían afectar la creación, eficiencia e inversión en un instituto dedicado a tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial en el país. Por ende, para pensar en los beneficios resultantes de tal institución, es quizá más provechoso pensar en la investigación y beneficios concretos de los productos de investigación que estos han logrado desarrollar.

Por ejemplo, en Turing, los investigadores están en este momento trabajando en cómo revolucionar las predicciones de polución urbana en Londres, al predecir con una combinación de aprendizaje de máquinas y metodologías estadísticas, las condiciones de polución 48 horas antes de que se presenten. Dado que “9,000 habitantes de Londres se mueren antes de tiempo debido a la contaminación en el aire”, los resultados de esta investigación podrían manifestarse en un beneficio social claro (The Alan Turing Institute 2019). Por otro lado, están en el proceso de creación de un sistema que tenga la posibilidad de proveer información crítica en tiempos cortos a organizaciones de rescate durante desastres naturales a través de *crowd-sourcing*, técnicas de aprendizaje de máquinas de punta, y redes neuronales. Los resultados esperados ayudarán a mejorar la asignación de recursos, y harán más eficientes los sistemas de reacción ante desastres.

En términos generales, la creación de este tipo de institutos tiene como objetivo satisfacer la demanda que existe desde el Estado en investigación y capacitación de funcionarios letrados en tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial.

Beneficios sociales adicionales del pilar IV: capital humano

Data Sandboxes ²⁶	Herrera y Vadillo 2018	<p>“En general, los sandboxes han cumplido con los objetivos propuestos, principalmente al reducir los costos y el tiempo necesario para lanzar al mercado nuevos productos y servicios, al permitirle el acceso a compañías a financiamiento, y la verificación de procesos y soluciones técnicos y comerciales”.</p> <p>“Esto ha contribuido a que un 90 por ciento de las compañías en la primera fase [del sandbox] y que 77 por ciento de las compañías en la segunda fase, hayan podido avanzar y lograr posicionar sus productos en el mercado”.</p>
-------------------------------------	------------------------	---

²⁶ “Un sandbox es esencialmente un entorno controlado en el que las nuevas empresas de FinTech pueden lanzar sus negocios bajo el régimen de 'exención' en el caso de actividades fuera del alcance de las regulaciones existentes o el régimen 'no sujeto' en el caso de actividades que no son expresamente reguladas, debido a su naturaleza innovadora.”

		<ul style="list-style-type: none"> • Los sandboxes enfocados en regulación pueden ayudar a incrementar la confianza y seguridad del inversionista, y por ende la credibilidad en el sistema financiero.
	Financial Conduct Authority UK 2017	<p>“Por lo menos el 40% de las empresas que terminaron el proceso de experimentación, recibieron inversiones durante o seguido la finalización del sandbox”.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fomentar la innovación y creación de empleo • Minimizar riesgos de inversión
Aumentar número de graduandos con PhDs al facilitar becas	Rodríguez-Pose y Vilalta-Bufí 2005	“Aunque limitado plazo y la naturaleza del análisis implican que cualquier conclusión debe considerarse con precaución, el estudio ha identificado que parece haber una correlación significativa entre la dotación de capital humano de las regiones europeas y su desempeño económico en los últimos años”.
	Dustmann y Kirchkamp 2001	Demostramos que aproximadamente la mitad de la población de inmigrantes que regresa se vuelve activa como empresario después del retorno, y que el capital para comenzar un negocio proviene de los ahorros y el capital adquirido en el extranjero.
	Gibson y McKenzie 2012	Los beneficios medidos exceden en gran proporción los costos asumidos, lo que sugiere que, en conjunto, la migración altamente calificada está mejorando el nivel de vida de las personas nacidas en países con altos niveles de emigración

V. Generación de alianzas público-privadas

En Colombia, los sistemas de innovación, según la OCDE son “modestos” y carecen de “fundamentos empresariales fuertes” (2019). De hecho, solo el 30% de la investigación total en el país es llevada a cabo por actores en el sector privado, a comparación del 70% en promedio para países de la OCDE. El último reporte “Going Digital” detalla que las empresas colombianas dedican poco a la innovación, y de hecho, solo un pequeño porcentaje de empresas introducen nuevos productos al mercado. El rol del estado en activar el ecosistema y mercado de datos es esencial tanto para el sector público como el sector privado. Es claro que fortalecer las colaboraciones entre empresas, el sector académico, las instituciones de investigación, y el gobierno como ente habilitador es necesario para impulsar la innovación y transformación digital en el país. Cabe aclarar que el rol del estado es crear las condiciones aptas para el desarrollo del mercado, sin ser, necesariamente el líder de este.

La estrategia propuesta delinea principalmente el emprendimiento de datos como un componente clave para lograr estimular el ecosistema nacional de datos. Particularmente, se propone la creación de un grupo de analítica de datos dentro del gobierno, instrumentos de apoyo directo para empresarios en busca de adoptar tecnologías y habilidades de la Cuarta Revolución Industrial, y mesas multisectoriales para promover la adopción y socialización de dicha estrategia con actores del sector privado.

Principalmente, se hace énfasis en la necesidad de promover alianzas entre diferentes actores tanto para impulsar emprendimientos y soluciones basadas en datos, como para abordar la creación y convergencia de diferentes actores ante la ausencia de estándares y consensos en la explotación de datos. Esta sección detalla los logros que otras iniciativas, particularmente el Big Data Value Private-Public Partnership del Mercado Único Digital (Digital Single Market) de la Unión Europea ha tenido en los últimos años, así como un estudio de la trayectoria de Ruta N en Colombia y de los beneficios económicos y sociales que este ha promovido en la región. Mientras el caso de la Unión Europea es ilustrativo de la convergencia de diferentes actores internacionales para promover una agenda de investigación y creación de productos basados en datos, el caso de Ruta N se utiliza para poner en evidencia algunos de los beneficios que impulsar alianzas de datos pueden brindar.

Alianzas transnacionales de Big Data: la Unión Europea y BDVA

La alianza público-privada transnacional “Big Data Value”, tiene como objetivo crear un mercado de datos y una economía de datos funcional en Europa al desarrollar un ecosistema de datos interoperable como base para la creación de nuevas empresas e innovaciones basadas en el Big Data. Para lograrlo, el cPPP BDVA utiliza cuatro mecanismos de implementación: los i-Spaces (espacios de innovación), Lighthouse projects, áreas de prioridad técnica, y la coordinación de proyectos. Inicialmente se asignaron 524 millones de euros de rubros públicos para esta alianza en el periodo 2016-2020. Sin embargo, hasta el momento, esta alianza ha logrado movilizar más de 1,570 millones de euros en inversión privada, lo que corresponde a un 300% de la inversión inicial. Es así como han logrado contribuir a más de 431 objetivos técnicos delineados en las prioridades iniciales del proyecto.

Entre los logros a 2018, esta alianza ha logrado consolidar 106 innovaciones con “valor explotable”, de las cuales 39 son innovaciones significativas, han patentado 4 innovaciones, logrado producir 17 productos, apoyado 25 proyectos a gran escala y habilitado experimentos en más de 150 casos de uso (“Big Data Value cPPP Monitoring Report 2018” 2019).

Otros beneficios sociales y económicos de esta APP incluyen:

- 70% de los proyectos contribuyen a la creación de trabajos
- Se espera al 2023, agregar más de 7,500 trabajos al mercado laboral
- 42 proyectos activos a inicios del 2019
- Organización de más de 181 actividades de capacitación, con un alcance de más de 18300 participantes durante el 2018
- Creación de 38 perfiles de trabajo en el 2018

Aun cuando no existe una manera de extrapolar el impacto de esta asociación a gran escala, se hace claro que los beneficios sociales y económicos producidos por una APP pertenecen a las siguientes categorías:

Creación de trabajo	Innovación
Nuevos tipos de trabajo	Producción de investigación, patentes, innovaciones y productos
Aumento en la oferta laboral	Ingreso al mercado de productos innovadores
Especialización de la fuerza laboral	
Capacitación	Regulación / Otras
Reforzar habilidades blandas y duras	Crear esquemas de compartición de datos
Crear habilidades para la Cuarta Revolución Industrial	Permitir la experimentación previa a lanzar productos al mercado
Sofisticar la oferta laboral	

Fuente: Data-Pop Alliance, 2019

Vale la pena recalcar (ver I. Marco legal) que McKinsey estima que el conectar data a través de barreras geográficas e institucionales puede crear alrededor de \$3 billones de dólares anuales para el 2020 (Manyika et al. 2013). Aun cuando una gran parte de este beneficio se basa en los datos abiertos, otra parte del beneficio reside en esquemas de compartición de datos tradicionales. De hecho, uno de los principales factores que configuran la economía global actual son las asociaciones y alianzas entre organizaciones quienes se vinculan para conectar diversos conjuntos de datos. De 2017 a 2019, el número de empresas que formaron asociaciones relacionadas con datos aumentó del 21% al 40% (World Economic Forum y McKinsey & Company 2019). Por otro lado, para el mercado de datos, las colaboraciones con el sector privado son esenciales, pues involucrar a las empresas en procesos de innovación es asegurarse que las necesidades del mercado se están cumpliendo.

Alianzas basadas en datos en Colombia: potenciales partiendo de Ruta N

En Colombia, el Centro de Innovación y Negocios de Medellín Corporación Ruta N (Ruta N) se ha posicionado como una entidad colombiana líder en impulsar el emprendimiento basado en ciencia, tecnología e innovación. Su visión se fundamenta en la idea de potenciar la innovación como el principal “dinamizador” de la economía y el bienestar de la ciudad. Ruta N es una alianza estratégica y entidad pública creada en el 2009 entre la Alcaldía de Medellín, la empresa de telecomunicaciones UNE y la Empresa de Servicios Públicos de Medellín (EPM).

Entre sus áreas de negocio se destacan la red de acceso a mercados, su programa de gestión de la innovación empresarial, la red de centro de desarrollo de negocios, y la plataforma abierta de innovación SUNN.

Ruta N es un ejemplo de lo que se puede lograr al invertir en alianzas multisectoriales, pero también en las áreas de investigación y de negocio que se pueden crear a partir de APPs, particularmente relevantes al permitir que el Estado y sus municipalidades avancen una agenda de investigación e innovación centrada en sus necesidades. En 2018, lograron gestionar \$56.282 millones a través de diferentes alianzas, facilitando el acceso de negocios innovadores locales a nuevos mercados a través de una red global de aliados. En 2018, se registraron 867 solicitudes para iniciar procesos de internacionalización, con los 82 aliados de Ruta N en diferentes continentes.

Otro ejemplo del éxito de esta corporación, es la alianza que forjaron con 3 universidades alrededor del mundo, en el marco de su Red de Acceso a Mercados. En 2018 lograron conectar 22 empresas de Medellín y crear 23 planes exportadores en los que participaron 111 estudiantes, 5 profesores y que implicó un ahorro de 731 millones de pesos para el tejido empresarial de la ciudad. Esto quiere decir, que en promedio, la creación de un plan exportador significa un ahorro de 31 millones de pesos, más los beneficios acumulados a través de las actividades exportadoras.

En total, se evidencia que las empresas de la ciudad se han beneficiado gracias a la gestión de Ruta N. Según su informe de gestión anual, las empresas participando en sus programas vieron un aumento del 26% en ventas, atribuibles a los cambios generados por la innovación. “Del total de empleos generados en las empresas que están innovando, el 30% se atribuyen a los procesos de innovación”.

Aunque por el estado de maduración de Ruta N, no es posible calcular los beneficios económicos que está trayendo a la ciudad, es clara la capacidad de esta organización para captar recursos destinados a innovación, lo que demuestra una confianza por parte de los inversores en cuanto a proyectos de esta índole, logrando apalancar 3.7 pesos de distintos inversores, por cada peso captado por parte de la Alcaldía de Medellín. Este multiplicador pone en evidencia no solo el rol del sector público en invertir en innovación y tecnología, pero demuestra la magnitud del impacto creado al impulsar emprendimientos y alianzas de datos.

La tabla abajo ayuda a comprender un poco más la magnitud de este efecto. Vale recalcar que esta tabla no se ajusta al escenario de Ruta N ni a entidades del orden nacional, pero permite ver en promedio cuántos pesos adicionales de inversión podría apalancar una inversión de 100 a 10000 millones de pesos. Por ejemplo, esta tabla ilustra que con una inversión de mil

millones de pesos, y ajustando el factor a varios escenarios de multiplicación se podría apalancar entre 1,000,000,000 a 6,000,000,000 pesos de inversión.

Tabla 10. Retorno por peso invertido en APPs

Asignación en recursos para APPs (en millones de pesos)	Multiplicador por peso invertido- Posibles escenarios						
	1.0	2.0	3.0	3.7	4.0	5.0	6.0
100	100,000,000	200,000,000	300,000,000	370,000,000	400,000,000	500,000,000	600,000,000
200	200,000,000	400,000,000	600,000,000	740,000,000	800,000,000	1,000,000,000	1,200,000,000
500	500,000,000	1,000,000,000	1,500,000,000	1,850,000,000	2,000,000,000	2,500,000,000	3,000,000,000
1000	1,000,000,000	2,000,000,000	3,000,000,000	3,700,000,000	4,000,000,000	5,000,000,000	6,000,000,000
2000	2,000,000,000	4,000,000,000	6,000,000,000	7,400,000,000	8,000,000,000	10,000,000,000	12,000,000,000
5000	5,000,000,000	10,000,000,000	15,000,000,000	18,500,000,000	20,000,000,000	25,000,000,000	30,000,000,000
10000	10,000,000,000	20,000,000,000	30,000,000,000	37,000,000,000	40,000,000,000	50,000,000,000	60,000,000,000

Casos de éxito: Alianzas

Transformación digital y adopción de tecnologías e innovación	Alianza público-privada	La alianza adelantada entre iNNpulsa - entidad del gobierno colombiano que promueve la innovación, el emprendimiento y el desarrollo empresarial - y el Massachusetts Institute of Technology busca la creación de una estrategia nacional de Big Data en el país, apoyando la creación de una política pública que responda a las necesidades de transformación digital del país. En el marco de esta alianza, se realizaron dos proyectos pilotos de analítica de datos - uno, con el objetivo de identificar anomalías en el Sistema de Identificación de Beneficiarios del país (SISBEN), y el segundo con el objetivo de determinar factores y patrones de supervivencia empresarial en el país.
iNNpulsa, MIT - Data-Pop Alliance		Esta colaboración contribuyó tanto a la creación de políticas pública e identificación de brechas en adopción y promoción de tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial, pero también contribuyó a la potencial armonización de iniciativas nacionales con buenas prácticas y casos de éxitos a nivel internacional. Particularmente, sirvió como plataforma de experimentación para la creación de modelos de proyectos de analítica de datos para el sector público.
Colombia		.

<p>Seguridad Ciudadana</p> <p>NYPD e IBM</p> <p>E.E.U.U</p>	<p>Alianza público-privada</p>	<p>La colaboración del Departamento Policial de Nueva York con IBM, les permitió desarrollar un Centro de Crimen Real-Time, un <i>data warehouse</i> con capacidad de almacenar grandes cantidades de datos de diferentes precintos y agencias. Esta alianza, la permitió al NYPD incorporar soluciones nuevas, innovadoras y personalizadas y reducir costos operacionales. (BID)</p>
<p>Explorar potencial de datos administrativos</p> <p>ECRC Reino Unido</p>	<p>Alianza intergubernamental</p>	<p>El Consejo para la Investigación Económica y Social del Reino Unido, se encuentra invirtiendo más de £34 millones de libras en la Red de Investigación de Datos Administrativos, que busca habilitar un acceso seguro a datos del gobierno para investigadores acreditados quienes llevan a cabo proyectos pre-aprobado (por ejemplo, House of Parliament, Parliamentary Office of Science and Technology).</p>
<p>Discapacidad</p> <p>Ministerio de Servicios Gubernamentales, Australia Data and Digital Council</p> <p>Australia</p>	<p>Alianza intergubernamental</p>	<p>Con una inversión de \$15 millones de dólares australianos en financiamiento gubernamental, este proyecto piloto tienen objetivo crear un "Disability Data Asset" con el objetivo de darle más y mejor información al estado sobre los retos que enfrentan australianos viviendo en situación de discapacidad.</p>

VI: Productos y proyectos basados en la explotación de datos

Este pilar de la estrategia se centra en promover la implementación de proyectos de aprovechamiento de datos, enfocado en la identidad digital — y en la infraestructura que habilita esta — como uno de los puntos de partida para incentivar la producción de servicios, bienes y proyectos basados en la explotación de datos. En esta sección, se analiza el impacto que una identidad digital puede tener a nivel macroeconómico según estudios de McKinsey, y las proyecciones del crecimiento que esta podría brindar para países en desarrollo. A nivel micro, se analiza uno de los ahorros puntuales que podría traer la identidad digital para Colombia.

Identidad digital: habilitador para proyectos y productos de datos

Según la publicación de McKinsey, la “Identidad digital: clave para el crecimiento inclusivo” la implementación de una identidad digital descrita como “buena y completa”²⁷ podría desbloquear innumerables avances en acceso a servicios bancarios, beneficios gubernamentales, educación y a servicios críticos, entre otros. Por “buena y completa” se refiere a una identidad digital que permita una identificación de sujetos verificada y autenticada a un alto grado de exactitud, que esté establecida con el consentimiento individual, y que proteja la privacidad del usuario.

Informado por un análisis de más de 100 potenciales usos en Brasil, China, Etiopía, India, Nigeria, el Reino Unido y Estados Unidos, el estudio analiza la creación de valor partiendo de la identidad digital. Precisamente, se reconocen tres tipos de casos principales donde este valor agregado se podría manifestar:

- 1) Al proveer mecanismos de identificación a quienes antes no tenían identificación
- 2) Al expandir el uso limitado de identificación (física) en el ámbito digital
- 3) Al permitir que aquellos individuos que tienen identificación y que participan en la economía digital puedan utilizar su identificación de manera efectiva y eficiente en línea

Entre estos, vale recalcar el gran potencial que tiene la identidad digital para potenciar la economía digital, pues poder reconocer legalmente a un sujeto en línea permitiría incrementar el número de transacciones y la diversidad de la economía en línea. De tal manera que la identidad digital, según McKinsey puede crear valor en cada una estas tres situaciones, particularmente al incrementar el acceso a bienes y servicios, aumentar la formalización, reducir el fraude, proteger los derechos de las personas, incrementar la transparencia e incrementar eficiencias y facilidad de uso de productos y tecnología, entre otras.

De acuerdo a este análisis, extender la cobertura de la identidad digital, podría desbloquear un valor económico equivalente al 3-13% del PIB mundial al 2030, con más de la mitad del potencial valor económico beneficiando directamente a individuos. El análisis econométrico realizado en el marco de este estudio se fundamenta en dos áreas principales del impacto: porción de la economía que se vería impactada, y el potencial de creación de valor en cada

²⁷ Esto, teniendo en cuenta que la identidad digital podría estar sujeta al mal uso por parte de los sujetos o entidades responsables de esta

área. Además, se basa en un análisis por país de los “cuellos de botella” que esta tecnología podría solucionar.

Entre otros beneficios globales, el estudio menciona que expandir la cobertura de la identidad digital podría darle acceso a bienes y servicios bancarios a más de 1.7 miles de millones de individuos en el mundo en estado de desbancarización, puede ahorrar más de 110 miles de millones de horas laborales al implementar más servicios de gobierno electrónico, incluyendo transferencias automáticas de seguridad social y otros beneficios.

Los investigadores hacen una advertencia, sin embargo, que mientras los beneficios para países emergentes tienden a ser modestos inicialmente, la magnitud de los beneficios podrá crecer exponencialmente a medida que se consolida el uso de la identidad digital. En promedio, el beneficio potencial por país, sería de aproximadamente 6 por ciento del PIB en el 2030²⁸. La OCDE²⁹ proyecta que el PIB de Colombia en este año podría ser de 892.049 millones de dólares (OECD 2016), es decir que con la estimación de McKinsey, una completa implementación de la identidad digital podría traer entre 26.761 (3%) y 53.523 millones de dólares al país (6%), o entre 80 y 158 billones de pesos.

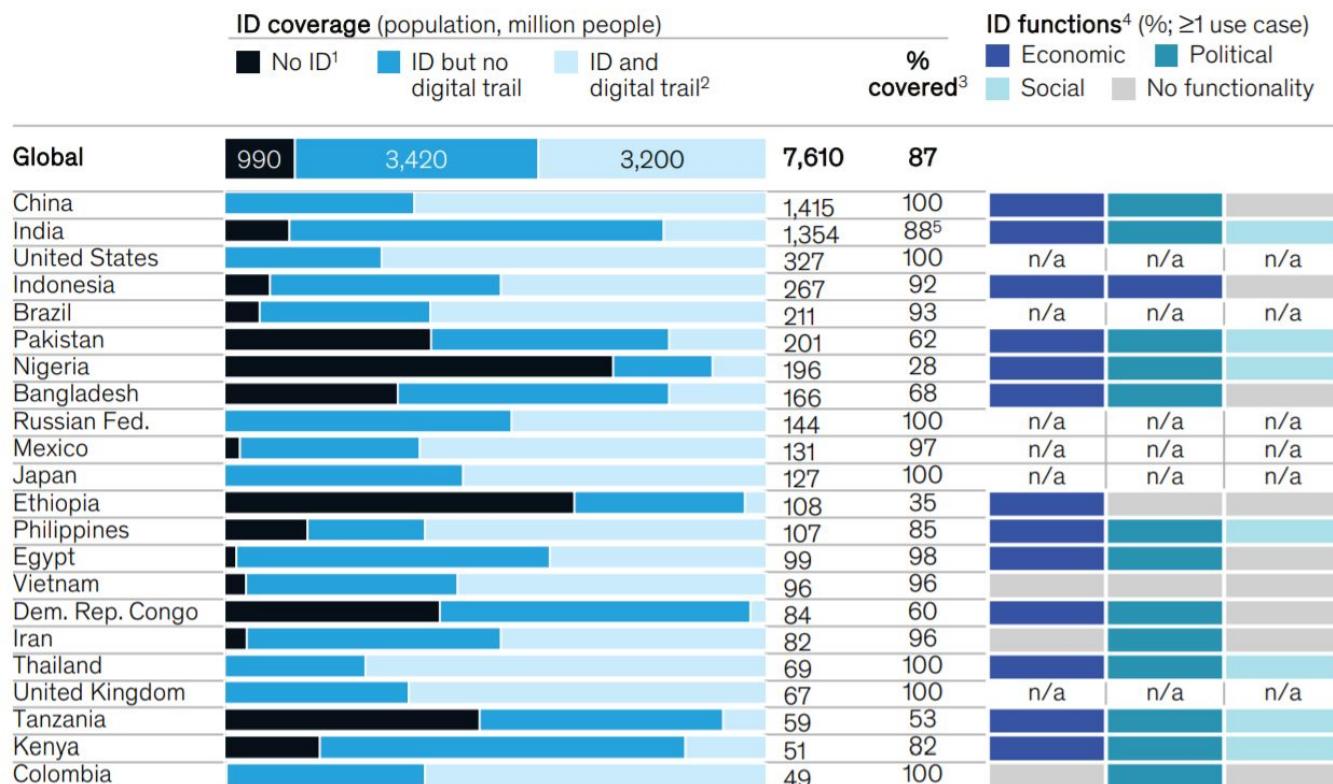
Cabe aclarar que la propuesta de identidad digital contenida en la estrategia de Big Data de Colombia, se basa principalmente en una arquitectura de datos basada en X-road, una solución de intercambio de datos implementada por el gobierno de Estonia. Esta arquitectura de datos habilita una identidad digital “completa y buena” pues permite construir sistemas de pregunta y respuesta que se comunican con bases de datos distribuidas para poder validar una consulta, que en este caso, sería la representación digital de un sujeto. X-road permitiría identificar a una persona sin revelar información privada de esta a través de un sistema de autenticación seguro y eficiente.

En Colombia, la cédula de ciudadanía sirve como documento base para verificar la identidad de las personas y cuenta con una cobertura completa de la población (ver Figura 7). Aunque la agenda digital del país le ha apuntado por unos años ya a consolidar la autenticación electrónica a través de la firma y la autenticación digital, la implementación de esta es aún incompleta, por lo cual en el mundo digital, existen usos limitados de la cédula como identificación en procesos de autenticación electrónica.

²⁸ Variables consideradas para este cálculo: índices de inclusión financiera, horas promedio en registrar una empresa, PIB, tamaño del mercado, índice de inclusión política, transparencia, población sin ID, usos económicos, sociales y políticos de la identidad digital, adopción de sistemas de identificación digital, acceso al internet y smartphones, entre otros.

²⁹ La estimación de la OCDE usa el PPP de 2010 y dólares constantes.

Figura 7: “A través del mundo, mil millones de personas no tienen identificación, y los esquemas de identificación varían”



Fuente: McKinsey 2019, “Digital Identity: Key to inclusive growth”

Caso de estudio: ahorros generados en el SISBEN a partir de la identificación digital

Una de las áreas en las que la identidad digital podría traer beneficios para Colombia es en automatizar las actualizaciones de bases de datos del estado. Cuando se registra la notificación de un cambio asociado a una persona, este cambio de manera automática se vería reflejado en las diferentes bases de datos distribuidas a través de los sistema de información de diferentes entidades. Eso, asumiendo que la actualización (por ejemplo, registro de defunción) se digitaliza si se hace de manera manual.

Un ejemplo puntual es el caso del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (SISBEN), y de la dificultad que tiene en registrar los cambios de sus beneficiarios, pues estos requieren que los ciudadanos se acerquen a oficinas del SISBEN para registrar actualizaciones. Por ende, el proceso de actualización de información no es automático y depende de voluntad propia. La desarticulación de los sistemas de información del estado también implica que aun cuando se registre un cambio, este no se ve necesariamente reflejado en otras bases de datos.

Un caso concreto de esta limitación es la cantidad de beneficiarios que reciben subsidios aún después de su fallecimiento. Las estimaciones del Departamento Nacional de Planeación (DNP) demuestran que en el 2016, se encontraron alrededor de 161 mil personas que aún

recibían recursos tras su fallecimiento. Dado que el gobierno destina alrededor del 8% del PIB (DNP 2016) para los beneficios sociales de la población, y que 36.5 millones de personas pueden potencialmente recibir beneficios a través del SISBEN - alrededor del 75% de la población en Colombia-, es importante que los registros estén actualizados para así maximizar el impacto del gasto en beneficios sociales.

Se estima que el promedio de gasto social sobre los beneficiarios del SISBEN es de US \$1,517 por año en cada beneficiario³⁰. A través del sistema actual para detectar anomalías, que se basa en un cruce de bases de datos con el Ministerio de Salud (El Tiempo 2017) y los reportes hechos por las entidades regionales (DNP 2016), en 2016 se encontraron 161.594 casos de personas fallecidas que tuvieron que ser depuradas de las bases de datos ya que su fallecimiento no había sido reportado. Es decir, alrededor de \$221 millones de dólares (reales) se entregaron erróneamente a beneficiarios fallecidos.

Una de las posibilidades que emergen al tener una identificación digital es lograr que una actualización en una base de datos del sistema, se vea reflejada en otras para cuales dicha actualización sería relevante. Es decir, la arquitectura que habilita la identificación digital permite automatizar los trámites e interoperabilidad para poder actualizar los registros de defunción y subsidios sociales.

Para calcular el beneficio potencial de la identidad digital en la identificación de fallecimientos no reportados al SISBEN, se necesita un estimado de las personas que se espera que fallecieran en un periodo de tiempo determinado, pero que no son identificadas por el SISBEN actualmente. Debido a que no existe información sobre la tasa de mortalidad de los beneficiarios del SISBEN o su distribución por edades, se hacen los siguientes supuestos. Ya que una proporción importante de la población en Colombia está registrada en el SISBEN (75%), se asume que tanto la distribución de la población como su tasa de mortalidad es igual a la de la población en Colombia. Para esta estimación se usa la distribución poblacional por edad y género y la tabla de mortalidad del DANE. Esta tabla revela la probabilidad de mortalidad de la población colombiana por edades y género (en quintiles). El producto de la cantidad de personas en cada quintil y su probabilidad de mortalidad, permite aproximar un número de fallecimientos esperados en Colombia por

Figura 8. Potencial de redistribución - identificación de defuntos



³⁰ Según la OCDE, el PIB de Colombia en 2016 fue de 695,925 millones de dólares (OECD 2016). Debido a que no hay disponibilidad de información sobre la distribución de gasto social promedio por persona en el SISBEN, se hace un promedio con la totalidad del gasto público en subsidios sociales relacionados al SISBEN (aproximadamente 8% del PIB) sobre la totalidad de personas registradas (75% de la población en Colombia).

ese año. De tal manera, se esperaría que 232,797 personas beneficiarias de programas de seguridad social fallecieran cada año. Esto representa 44% más de lo que el SISBEN identificó en el 2016 — 161,594 personas (DNP 2016).

Bajo el supuesto de gasto por persona de 1,517 USD al año, el cruce de datos del SISBEN con los registros de defunción en el 2016, le habría permitido al gobierno redistribuir alrededor de 245 millones de dólares. Sin embargo, teniendo en cuenta que el total de defunciones esperado es 44% mayor, la identificación del total de las defunciones permitiría aumentar la cantidad de recursos para redistribución a alrededor de \$353 millones de dólares.

En este contexto, la identidad digital permitiría el cruce automático de registros de defunción con los registros del SISBEN, mejorando la redistribución de los recursos en un 44%. Aún si la identidad digital no permitiera la identificación del total de las muertes esperadas, en un escenario en el que la identificación fuera del 50%, se podría aumentar la redistribución de recursos en alrededor de 50 millones de dólares anuales o 147.8 mil millones de pesos.

Entre otros beneficios que se podrían esperar al desarrollar más proyectos y productos basados en datos partiendo de una identidad digital, se encuentran los siguientes:

- La posibilidad de bancarizar a más individuos.
De acuerdo al Banco Mundial, la ausencia de documentación, la distancia a instituciones financieras y el costo de acceder a servicios financieros son citados por más de 30% de los encuestados como la razón principal de no tener una cuenta bancaria. En Brasil, la identidad digital puede mejorar el acceso a servicios financieros a más de 39 millones de adultos, posibilitando la extensión de crédito a individuos, micro, pequeñas y medianas empresas. (ID4D Findex Survey Data 2017, World Bank, World Development Indicators 2018, World Bank).
- Disminuir las fugas en beneficios públicos.
Al 2030, se espera que los gobiernos de Brasil, Nigeria y Estados Unidos puedan disminuir las “fugas” de beneficios públicos por \$90 mil millones de dólares
- Posibilidad de formalizar la titulación de tierra.
La identificación digital podría ayudar a mejorar los incentivos para realizar inversiones más grandes a largo plazo en la agricultura. Esto podría aumentar los rendimientos agrícolas en aproximadamente un 10%.
- Disminuir el fraude bancario.
Según el Índice de Seguridad de Unisys, al 98% de los colombianos les preocupa el fraude bancario y califican el fraude con tarjetas bancarias y el robo de identidad como principales preocupaciones.

VII. Mejoramiento de la Demanda de Información

El incremento en la disponibilidad de los datos solo traerá beneficios económicos y sociales si hay una demanda para la explotación de estos en Colombia. Esta demanda depende de la existencia del ecosistema de Big Data, donde se necesitan datos (migajas), herramientas de análisis (capacidades) y grupos de interés que hacen uso y se benefician de los datos (comunidades). La demanda de información y datos es entonces un factor clave para activar el mercado y ecosistema de datos en el país, por lo cual es determinante para el éxito de la estrategia de Big Data.

Un proceso de dinamización del mercado de datos efectivo, tendría como consecuencia el aumento en el uso de los datos. Los beneficios de un mayor uso de datos podría ser tanto tangibles como intangibles; por un lado, dentro de los beneficios tangibles se podría considerar un aumento en la cantidad de organizaciones o en los ingresos de aquellas organizaciones que crean productos a partir de los datos. En cuanto a beneficios intangibles, se puede considerar un aumento en la transparencia, la generación de mayor confianza en los sistemas de gobierno, y el valor implícito del acceso ciudadano a mayores cantidades de información.

Esta sección se concentra en discutir los potenciales beneficios tangibles del aumento en la demanda de información. A nivel macro, se muestran los beneficios económicos que puede traer el incremento en la demanda de bienes y servicios a través de una mayor demanda en el uso de los datos y la Inteligencia Artificial. A nivel micro, se propone un potencial beneficio del uso de las plataformas digitales que hacen uso de esta información con un ejemplo de una mejora potencial de la productividad agrícola en Colombia.

Los beneficios macro de la dinamización de la demanda

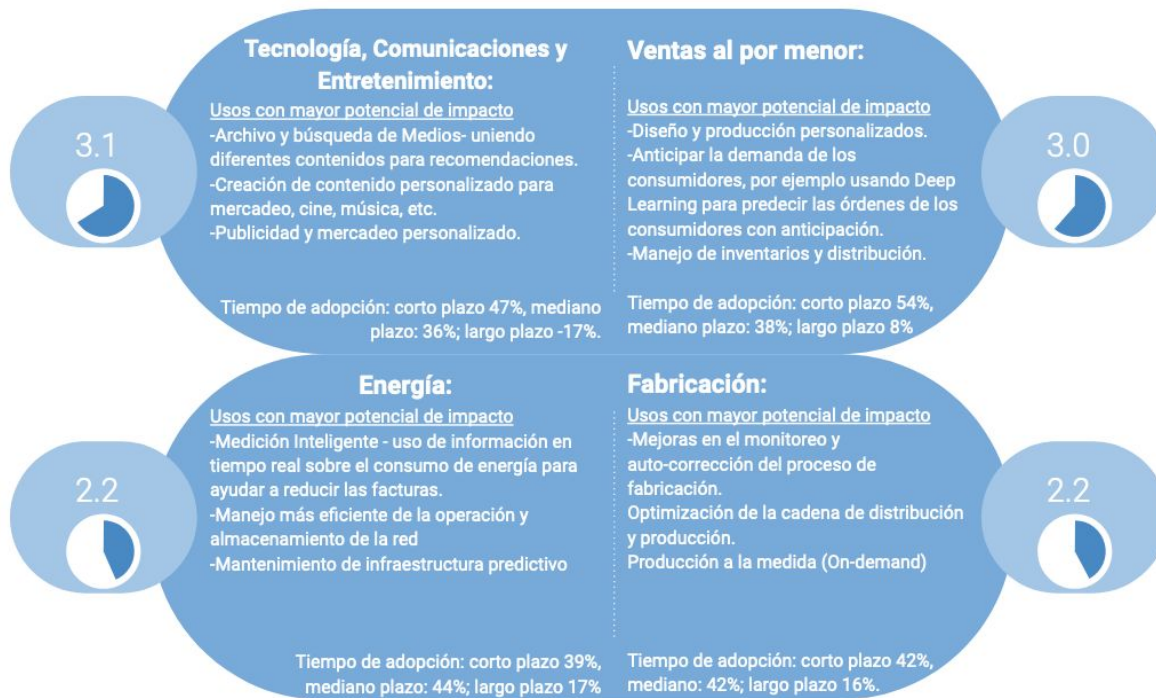
Las tecnologías digitales han cambiado las formas más tradicionales de hacer negocios. Durante los últimos siglos, el enfoque de la economía industrial estuvo en disminuir los costos de producción a través de las economías de escala, es decir, una aproximación a la producción desde la oferta. Esto se debió en gran parte a la importancia de los costos fijos de capital físico en el proceso productivo. Para disminuir el costo unitario de producción, las firmas industriales se enfocaron en producir mayores volúmenes de productos. En este contexto, la estrategia de las empresas para captar mayores partes de mercado se basó en el control de los recursos, las mejoras en la eficiencia y en defenderse de la competencia (Wladawsky-Berger 2018).

Durante los últimos años la digitalización del mercado ha permitido que nuevos emprendedores cambien de enfoque. La disponibilidad de los datos, la conectividad a través del internet y el bajo costo de las plataformas online, han dado el espacio para que los emprendedores creen plataformas donde el objetivo es concentrar usuarios y conectarlos con productos (Wladawsky-Berger 2018). A su vez, diferentes entidades se han encargado de promover la transformación digital en las empresas. Por ejemplo, el gobierno de Colombia creó los Centros de Transformación Digital Empresarial y apoyado de su unidad de Gestión de Crecimiento Empresarial se ha promovido la superación de barreras para la adopción digital de más de 20.000 empresarios (Gobierno de Colombia 2018). La conexión de los usuarios que usan las plataformas, con los productos ofrecidos por las empresas que adoptan la transformación digital es fundamental para el funcionamiento del mercado digital. Dicha conexión se hace a través del análisis de los datos sobre el comportamiento de los usuarios en las redes. La gran

cantidad de datos que generan las redes sobre las preferencias de los consumidores permite que las organizaciones hagan una mejor segmentación de sus consumidores. La ventaja de una mejor segmentación de los productos es que los productores pueden adaptar sus productos a las preferencias de los consumidores y que la información sobre los productos puede ser dirigida a quien tiene una mayor propensión de consumirlos; teniendo como resultado un aumento en la demanda de los productos. PwC (2017) estima que el aumento en la demanda de productos a través de los avances en Inteligencia Artificial tiene el potencial de incrementar el PIB mundial en 9 billones de dólares en 2030. También afirman que la personalización de los productos- consecuencia de la mejor segmentación de los consumidores- aumentarán aún más estos beneficios.

El potencial de crecimiento económico a través de la demanda de datos resulta una opción llamativa para justificar una inversión en su dinamización. Sin embargo la pregunta que queda es dónde y cómo se debe dinamizar esta demanda. A continuación se presenta el índice de impacto de IA, creado por PwC, que podría ser una base de referencia para la priorización de esfuerzos de demanda de IA a nivel mundial. Este índice califica los impactos económicos potenciales -de 1 a 5-, según la disponibilidad de los datos para crear un beneficio, su potencial de personalización para los usuarios, su utilidad y el tiempo que se ahorra gracias a la tecnología en cuestión. A su vez, se estima el porcentaje de usos de cada sector que serán adoptados en el corto, mediano y largo plazo.

Figura 9. Índice de Impacto de AI



Fuente: (PwC 2017)

Aunque el estudio de PwC muestra áreas en las que se podría invertir para obtener mayores beneficios del uso de datos y de la inteligencia artificial, no todos los países están en posición de invertir en estas áreas. Esto se debe a que no todas las economías cuentan con un desarrollo importante en estas industrias y crearlas podría traer costos más altos que sus beneficios potenciales. Particularmente porque varios estudios, incluyendo el de PwC proyectan que los beneficios de la IA serán mayores para aquellos países que puedan invertir primero en estas soluciones. Por ejemplo, los países que ya son productores de carros están en una mejor posición para invertir en las tecnologías de conducción autónoma que aquellos países que no producen carros. Las inversiones para que los países que no producen carros, tengan la capacidad de invertir en carros autónomos pueden ser más altas que las inversiones para aquellos países que ya producen carros.

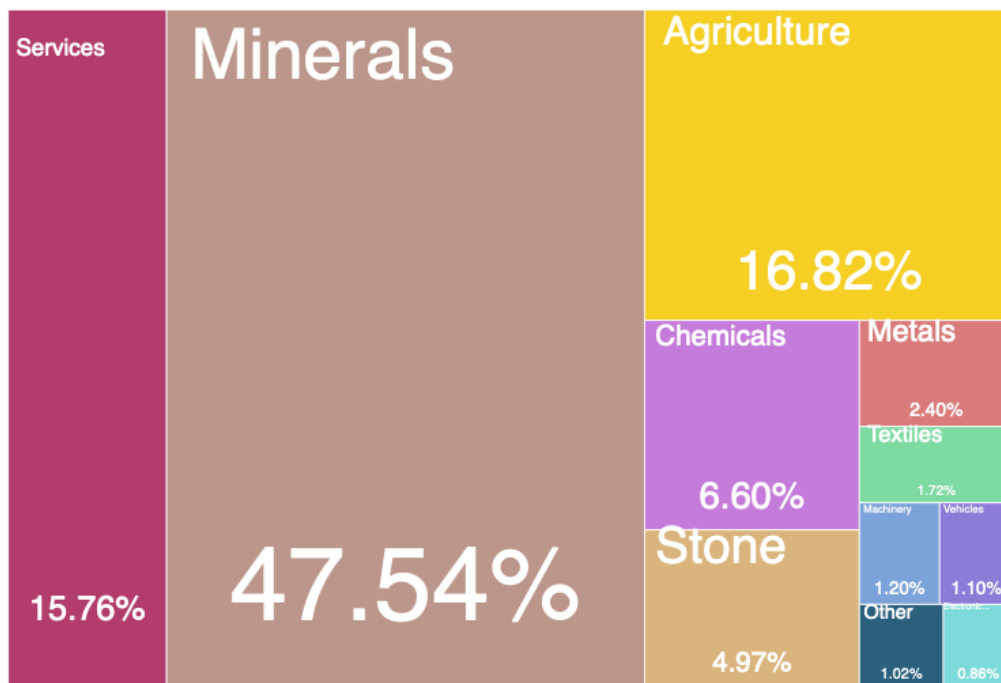
Esto quiere decir que para los casos específicos de cada país, es importante complementar el conocimiento de las áreas con mayor potencial de impacto con las áreas que son alcanzables para dicho país. Una de las teorías de crecimiento económico con mayor acogida, la teoría de la complejidad económica, Hausmann e Hidalgo (Hausmann et al. 2011) afirma que una línea de base para identificar estas áreas es observar el aparato productivo actual de cada país. Este último se puede observar a través de las exportaciones. En esta teoría, los autores demostraron empíricamente que los países que más han crecido económicamente, han tendido a diversificar sus exportaciones con productos cercanos a sus aparatos productivos.

Los beneficios de dinamizar la demanda de datos en la agricultura

Para elegir el área en la cual se va a estimar el beneficio potencial de un aumento en la demanda de datos en Colombia, se observa el aparato productivo colombiano a través de sus exportaciones -de acuerdo con la teoría de Hidalgo y Hausmann (Hausmann et al. 2011)-. Con

la información de las exportaciones del 2017, se observa que los minerales (47.54%), la agricultura (16.82%) y los servicios (15.76%), son los sectores más representativos en las exportaciones colombianas.

Figura 10. Exportaciones de Colombia en 2016



Fuente: Atlas de Complejidad Económica (Harvard 2017).

Debido a la importancia que tiene la agricultura para el país, se estiman los beneficios potenciales de aumentar la demanda de datos en este sector. El sector que está en la intersección entre la agricultura y el uso de la Inteligencia Artificial es el de la agricultura de precisión. Es decir, el enfoque en el manejo de cultivos a través de la tecnología, con la cual se puede observar, medir y analizar las necesidades individuales de los cultivos en momentos diferentes del tiempo. Esta información permite que los agricultores mejoren el cuidado que le dan a los cultivos, usen mejor los recursos, aumenten su producción y minimicen el desperdicio y los impactos ambientales relacionados (McKinsey 2016).

Según el estudio de McKinsey (2016), hay dos tecnologías que están ayudando a desarrollar la agricultura de precisión, por un lado Big Data y las capacidades de análisis avanzado y por otra, los avances en robótica que permiten la toma de imágenes aéreas, la implementación de sensores y la predicción climática ³¹.

Existen tres grandes empresas que están invirtiendo en la agricultura de precisión (Nasdaq 2017), Cisco, IBM y Microsoft. Esta última, se alió con el Instituto Internacional de Cultivos para los Trópicos Semi-Áridos (ICRISAT, por sus siglas en inglés), en un proyecto para usar la agricultura de precisión a través del aprendizaje de máquinas para decidir el momento óptimo

³¹ De acuerdo con el estudio, se espera que el mercado de los sensores para la agricultura aumente de mil millones de dólares en 2014, a 14 o 18 mil millones de dólares en 2020 (McKinsey 2016).

para plantar semillas en India. El piloto brindó una aplicación para los cultivadores y una junta asesora personalizada para el pueblo donde se implementó el proyecto. El resultado de su proyecto piloto fue un aumento del 30% en la producción del cultivo de maní (Microsoft 2017).

Adicionalmente, Molin et al. (2010) analizó los efectos de la agricultura de precisión en la productividad de café Arábica en un cultivo en Brasil. En este caso, se usaron las muestras de suelo para ajustar la cantidad de fertilizante de acuerdo con la variabilidad de los niveles de fósforo y potasio en el cultivo. El estudio encontró que la aplicación variable de fertilizante en el cultivo, es decir, adaptada a las necesidades específicas de fósforo y potasio de diferentes hectáreas — resultó en un incremento del 34% en la producción respecto a las áreas que recibieron fertilización uniforme. De manera similar, la Federación Nacional de Cafeteros en Colombia creó una iniciativa en el Quindío, donde se implementaron plantas de mezcla de fertilizante para adaptar la cantidad de fertilizante a las necesidades de las plantaciones y los suelos. Con ello se proyecta que se puede reducir en un 15% el costo del fertilizante usado en los cultivos (FNC 2015). En el reporte, Luis G. Muñoz, director del Fondo afirma que este “es el inicio de la agricultura de precisión. Si podemos introducir estas plantas, que no son caras, habremos impactado el costo de la fertilización”.

Aunque es difícil asumir que estas prácticas se pueden implementar en todo el territorio, la importancia del café en la producción de Colombia hace que ganancias marginales puedan tener una importancia considerable. Por ejemplo, las exportaciones de café en Colombia en el 2017 correspondieron al 4.72% de las exportaciones totales o 2.63 mil millones de dólares (Harvard 2017). Si el 1% de estas exportaciones (26 millones de dólares) pudieran aumentar su productividad en un 30%, a través del uso de la agricultura de precisión — como en Molin et al. (2010) — se podrían obtener beneficios cercanos a los 7.89 millones de dólares anuales. Por el lado de los fertilizantes, el costo de las importaciones de fertilizantes con potasio representó 157 millones de dólares en el 2017. Si el 1% de estas importaciones tuviera una reducción de costo del 15% — según el reporte de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC 2015) —, podría haber beneficios económicos por el orden de 235 mil dólares. El total de beneficios potenciales sería de 8.12 millones de dólares anuales, o 24 mil millones de pesos.

Sin embargo, un estudio de agricultura de precisión en Australia, hecho por la Corporación de Investigación de Granos y Desarrollo (GRDC 2017), muestra que una de las barreras más importantes para que los agricultores accedan a estas tecnologías es el costo de entrada de invertir en la tecnología. Esto debido a que la disminución de los costos de los sensores que se usan en la agricultura de precisión aún no es suficiente para hacer que el acceso a estas tecnologías sea asequible para los agricultores pequeños y medianos (ibid). En este caso, el estado puede promover la demanda de los datos a través de intervenciones que permitan reducir los costos de entrada a estas tecnologías. Esta intervención puede ser a través de subsidios directos para los agricultores, o puede ser a través de la promoción de plataformas que promueven el uso de la agricultura de precisión con datos abiertos. Una de estas plataformas es CGIAR (CGIAR 2017). El objetivo de esta plataforma es el aprovechamiento de las capacidades de Big Data para acelerar e incrementar el impacto de la investigación en agricultura. En la plataforma se menciona cómo el análisis de los cultivos de arroz en Colombia, permitió mejorar la elección de tiempos de siembra para aumentar la probabilidad de una cosecha exitosa.

Los beneficios estudiados en esta sección permiten ilustrar las instancias donde el Estado puede jugar un rol importante para incentivar la demanda de datos. Por un lado, el estudio de PwC muestra sectores en los que hay un gran potencial de beneficios económicos. Entre los sectores mencionados por PwC, Colombia podría pensar en hacer inversiones en el uso de la Inteligencia Artificial en el sector de las TICs, que representa alrededor del 16% de las exportaciones de Colombia. Adicionalmente, se ilustró un ejemplo de beneficios en el uso de los datos en la agricultura, que es un área que se ajusta al aparato productivo colombiano. En ambos casos, Colombia podría beneficiarse de hacer inversiones para incrementar la demanda de los datos por parte de los ciudadanos.

Conclusiones

A lo largo de este documento, se evidenciaron algunos de los beneficios potenciales de implementar una estrategia nacional de Big Data e Inteligencia Artificial, tal como ha sido formulada en el marco de esta consultoría. Para cada uno de los pilares de la estrategia, se estimaron beneficios macros — aquellos basados en estudios mundiales o de países con estrategia similares —, así como beneficios micros — o aquellos basados en proyectos o casos de estudios puntuales para el país.

Los beneficios descritos a lo largo de este documento — entre disminuciones en tiempos de transacciones, ahorros fruto de optimizaciones, y aumentos en inversiones en áreas estratégicas — ponen en evidencia el gran potencial de estas tecnologías para ser un motor de innovación en el desarrollo socioeconómico mundial, y específicamente del país. Particularmente, al entender la Inteligencia Artificial como una tecnología de uso general — y al Big Data como la espina vertebral de esta — se hace más evidente el gran potencial disruptivo que dichas tecnologías tienen para cambiar los modos de producción y, en general, la composición de la economía. Por otra parte, estudiar los beneficios fruto de esta estrategia pone en evidencia la importancia, e incluso la urgencia, de invertir en la transformación digital lo antes posible, pues es claro que la repartición de los beneficios fruto de esta beneficiará en mayor proporción a aquellos países que primero inviertan en estas iniciativas, y a aquellos que lo hagan de forma integral.

Adicional al potencial económico, invertir en el ecosistema de Big Data, traerá también importantes beneficios sociales al país. Las iniciativas propuestas, por ejemplo, tienen la posibilidad de generar ahorros en tiempo muerto para ciudadanos en transacciones largas y tediosas con el Estado. Las entidades se verán beneficiadas con una mejor interoperabilidad y eficiencia a partir de esta. Entre otras, el potencial de impulsar el nacimiento de un nuevo sector público alfabeta en datos y analítica, con las capacidades laborales para enfrentar la cambiante naturaleza del trabajo, será trascendental.

Queda claro entonces que la economía digital es una nueva frontera de crecimiento para la industria — no solo por el potencial de crecimiento económico, sino porque según diversas estimaciones, la economía digital está aportándole más valor al consumidor de lo que se logra captar con las métricas tradicionales. En este contexto, se espera que nuevas mediciones como la del GDP-B, del profesor de MIT Erik Brynjolfsson, puedan ayudar a entender estos beneficios adicionales de la economía digital.

A pesar de que los beneficios mencionados en este documento están divididos por pilares, la obtención de los mismos no es independiente del desarrollo de los otros pilares. Los proyectos de optimización de tiempo en operaciones administrativas del estado dependen de la interoperabilidad, la capacidad de procesamiento, el uso de productos como la identidad digital y la existencia de un marco legal que agilice el intercambio de datos entre entidades. Por otro lado, otras iniciativas que requieren de la experticia de organizaciones de otros sectores diferentes al público, como por ejemplo la institución de centros de investigación y pensamiento o de organizaciones que hagan uso de la agricultura de precisión. En este caso, la generación de alianzas con el sector público y otros sectores, el marco legal que las regula y el aumento en la demanda por este tipo de iniciativas son fundamentales para que dichos beneficios se den.

Debido a esta interdependencia, se hace esencial que las agencias gubernamentales, implicadas en el desarrollo de cada pilar de la estrategia, trabajen de manera conjunta. La Tabla 11 abajo, describe los beneficios sociales y económicos identificados a través de este estudio.

Tabla 11. Beneficios sociales y económicos - estrategia nacional de Big Data

Marco legal	Reducción del 20% del costo (muerto) por persona en congestión en las principales ciudades del país	Por persona: \$127 mil pesos al año. Con 500 mil personas: \$63.6 mil millones de pesos
	Reducción de emisiones anuales por reducción de tiempo en tráfico (Bogotá)	177.8 kg de CO ₂ e al año por persona
Arquitectura de datos	Ahorro en tiempo por consultas virtuales versus presenciales	5.4 millones de horas (equivalente al año laboral de 2712 personas)
	Ahorro en pesos generados por ahorro en tiempo de trámites y consultas gubernamentales	\$2.2 mil millones de pesos
	Costo de ausencia de sistemas interoperables	\$19.5 mil millones de pesos
Mejoramiento de equipos y servicios	Optimización de soluciones de almacenamiento y procesamiento de datos	ICFES ahorró 30% en costos de infraestructura ³²
Desarrollo de capital humano	Priorización de capacitaciones virtuales en temas de la Cuarta Revolución Industrial	Reducción de costos de capacitación de funcionarios públicos
	Aumento en la inversión i+d fruto de la creación de instituto de datos	\$3.17 mil millones de pesos +14%

³² La decisión entre soluciones de almacenamiento de datos en físico o en la nube depende de las necesidades específicas a la entidad como se muestra en la sección correspondiente.

Generación de alianzas	de Creación de alianzas público privadas	Creación de trabajo, aumento en la oferta laboral, especialización de la fuerza laboral
		Producción de investigación, patentes, innovaciones y productos; ingreso al mercado de productos innovadores
		Crear habilidades para la Cuarta Revolución Industrial
		Crear esquemas más eficientes de compartición de datos; permitir la experimentación previa a lanzar productos al mercado
	Inversión en alianzas público privadas.	Con una inversión de mil millones de pesos, y ajustando el factor a varios escenarios de multiplicación se podría apalancar entre mil millones y 6 mil millones de pesos de inversión.
Desarrollo de productos y proyectos	Implementación de una identidad digital “completa y buena”	Traer entre 79 y 158 billones de pesos al PIB del país al 2030
	Identificación de difuntos en SISBEN	Identificación de un 22% más de beneficiados difuntos Capacidad de redistribuir 147.8 mil millones de pesos en el presupuesto de ayudas sociales.
Aumento de la demanda de datos	Beneficios del aumento en el uso de los datos para la agricultura de precisión	24 mil millones de pesos.

Cabe resaltar lo fundamental que es, para materializar estos beneficios, que las entidades del Estado inviertan de manera oportuna en desarrollar integralmente el ecosistema de Big Data en Colombia. Diferentes estudios proyectan que la repartición de los beneficios del ecosistema se hará de forma desigual; los países que cuentan con un ecosistema más desarrollado están en una mejor posición para recibir mayores retornos a sus inversiones. Es por esta diferencia en niveles de desarrollo del ecosistema que se estima que Europa del Norte va a obtener \$1.8 billones de dólares a través de la AI, mientras que América Latina tiene el potencial de obtener \$0.5 billones (Wladawsky-Berger 2018). De no cambiar los niveles de adopción de AI, América Latina — y especialmente Colombia — estaría perdiendo 3.6 dólares de los beneficios de AI por cada dólar de beneficio que gane.

No invertir en el ecosistema de Big Data, conllevaría a que la brecha con diferentes países siga aumentando y que el país pierda la oportunidad de aprovechar su ubicación geográfica para ser un hub regional de emprendimiento y de la economía digital. Si bien la paradoja de la productividad advierte la necesidad de ser conservadores en cuanto a los retornos esperados en productividad gracias a la tecnología — ya que los retornos tardan en llegar — los riesgos de no invertir en esos cambios tecnológicos van más allá de las mediciones en productividad. Los cambios precipitados por la Cuarta Revolución Industrial cambiarán la naturaleza del trabajo y la estructura tradicional de producción de los países — si Colombia quiere contar con una población competitiva en un mercado laboral que cambia hacia lo digital como el actual, el Gobierno debe esforzarse por contar con una población formada para el futuro del trabajo, con las capacidades digitales relevantes para las necesidades laborales futuras — por lo cual si no se hacen las inversiones ahora, por el tiempo en el que los retornos tardarían en llegar, es probable que la brecha entre la productividad laboral del país y la de otros países que sí hacen estas inversiones aumente.

Por lo tanto, a pesar de que se debe ser conservador en la magnitud y el tiempo en el que se obtendrán los retornos a la inversión en el ecosistema de Big Data, la necesidad de mantener competitividad a nivel internacional y el potencial de beneficios estimados para el país hacen necesario la adopción expedita de la estrategia de Big Data, con el fin de aprovechar tanto los beneficios potenciales que esta podría brindar, como para empezar a cerrar la brecha digital existente. Para lograrlo, el gobierno debe jugar el rol de habilitador, pero también de inversionista, teniendo como eje principal, la expansión de la economía digital, el Big Data y el uso de la Inteligencia Artificial, creando el espacio oportuno para que el tipo de iniciativas que se exploraron en el documento logren materializar este valor.

Referencias

- Acemoglu, Daron, David Autor, David Dorn, Gordon H. Hanson, y Brendan Price. 2014. "Return of the Solow Paradox? IT, Productivity, and Employment in US Manufacturing". *American Economic Review* 104 (5): 394–99. <https://doi.org/10.1257/aer.104.5.394>.
- Amazon Web Services, y Deloitte Access Economics. 2019. "Harnessing public cloud opportunities in the government sector".
- "Artificial Intelligence in Society". s/f. Text. Consultado el 4 de noviembre de 2019. https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/artificial-intelligence-in-society_eedfe77-en.
- Athey, Susan, y Guido W. Imbens. 2017. "The State of Applied Econometrics: Causality and Policy Evaluation". *Journal of Economic Perspectives* 31 (2): 3–32. <https://doi.org/10.1257/jep.31.2.3>.
- Barbaschow, Asha. s/f. "Government Kicks off AU\$15m Pilot Using Data on Australians Living with Disability". ZDNet. Consultado el 4 de noviembre de 2019. <https://www.zdnet.com/article/government-kicks-off-au15m-pilot-using-data-on-australians-living-with-disability/>.
- Barefoot, Kevin, Dave Curtis, William A. Jolliff, Jessica R. Nicolson, y Robert Omohundro. 2018. "Defining and Measuring the Digital Economy". U.S. Bureau of Economic Analysis (BEA). <https://www.bea.gov/research/papers/2018/defining-and-measuring-digital-economy>.
- Benzell, Seth, y Erik Brynjolfsson. 2019. "Digital Abundance and Scarce Genius: Implications for Wages, Interest Rates, and Growth". w25585. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w25585>.
- Biagi, Federico. 2013. *ICT and Productivity: A Review of the Literature*. Luxembourg: Institute for Prospective Technological Studies. <http://dx.publications.europa.eu/10.2788/32940>.
- "Big Data Value cPPP Monitoring Report 2018". 2019. 1. Big Data Value Association. <http://www.bdva.eu/MonitoringReport2018>.
- "Boletín No 8 FINAL a publicar.pdf". s/f. Consultado el 14 de noviembre de 2019a. <https://observatoriodefamilia.dnp.gov.co/Documents/Boletines/Bolet%C3%ADn%20No%20%208%20FINAL%20a%20publicar.pdf>.
- "Boletín No 8 FINAL a publicar.pdf". ———. s/f. Consultado el 14 de noviembre de 2019b. <https://observatoriodefamilia.dnp.gov.co/Documents/Boletines/Bolet%C3%ADn%20No%20%208%20FINAL%20a%20publicar.pdf>.
- Booz Allen Hamilton. 2010. "The Economics of Cloud Computing: Addressing the Benefits of Infrastructure in the Cloud". presentado en ISPA/SCEA Joint Annual Conference and Training Workshop, junio.

- Brynjolfsson, Erik, y Andrew McAfee. 2012. "Thriving in the Automated Economy". *The Futurist*, 2012.
- Brynjolfsson, Erik, Daniel Rock, y Chad Syverson. 2017. "Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics". w24001. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w24001>.
- . 2018. "The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies". w25148. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w25148>.
- Brynjolfsson, Erik, Avinash Collis, W. Erwin Diewert, Felix Eggers, y Kevin J. Fox. 2019. "GDP-B: Accounting for the Value of New and Free Goods in the Digital Economy". *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3356697>.
- Bughin, Jacques, Jeongmin Seong, James Manyika, Michael Chui, y Raoul Joshi. 2018. "Notes from the AI Frontier: Modeling the Impact of AI on the World Economy". Discussion Paper. McKinsey Global Institute.
- Bughin, Jacques, Catlin Tanguy, y Laura LaBerge. 2017. "How Digital Reinventors Are Pulling Away from the Pack". McKinsey Digital. octubre de 2017. <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/how-digital-reinventors-are-pulling-away-from-the-pack>.
- Burgess, Edward, Melissa Peffers, y Isabelle Silverman. 2009. "The Health, Environmental and Economic Impacts of Engine Idling in New York City". Environmental Defense Fund. <https://www.edf.org/attention-drivers-turn-your-idling-engines>.
- Cabinet Office. 2018. "Government Security Classifications". UK Cabinet Office.
- Casey, Bernard H. 2009a. "The Economic Contribution of PhDs". *Journal of Higher Education Policy and Management* 31 (3): 219–27. <https://doi.org/10.1080/13600800902974294>.
- . 2009b. "The Economic Contribution of PhDs". *Journal of Higher Education Policy and Management* 31 (3): 219–27. <https://doi.org/10.1080/13600800902974294>.
- CGIAR. 2017. "CGIAR Platform for Big Data in Agriculture | CIAT Blog". 2017. <https://blog.ciat.cgiar.org/cgiar-platform-for-big-data-in-agriculture/>.
- Clement, J. 2019. "Global Market Share of Search Engines 2010-2019". Statista. el 9 de septiembre de 2019. <https://www.statista.com/statistics/216573/worldwide-market-share-of-search-engines/>.
- Cohen, Jeffrey H. s/f. "Syrian Refugees 'detrimental' to Americans? The Numbers Tell a Different Story". The Conversation. Consultado el 20 de septiembre de 2019.

<http://theconversation.com/syrian-refugees-detrimental-to-americans-the-numbers-tell-a-different-story-72326>.

Cozzens, Susan E, Kamau Bobb, y Isabel Bortagaray. 2002. "Evaluating the Distributional Consequences of Science and Technology Policies and Programs". *Research Evaluation* 11 (2): 101–7. <https://doi.org/10.3152/147154402781776899>.

Creswell, John W., y Vicki L. Plano Clark. 2007. "Chapter 4: Choosing a mixed methods design". En *Designing and conducting mixed methods research*, editado por John W. Creswell y Vicki L. Plano Clark, 62–79. Thousand Oaks, Calif: SAGE Publications.

Davies, Ron. 2016. "Big data and data analytics: the potential for innovation and growth". European Parliamentary Research Services.

Deloitte. 2013. "Market Assessment of Public Sector Information". Department for Business, Innovation and Skills. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/198905/bis-13-743-market-assessment-of-public-sector-information.pdf.

Dinero. 2014. "El costo anual del trancón en Colombia sería de \$3.9 billones", el 14 de noviembre de 2014, sec. Nación. <https://www.dinero.com/empresas/articulo/costo-trancones-colombia/203215>.

Dustmann, Christian, y Oliver Kirchkamp. 2001a. "The Optimal Migration Duration and Activity Choice after Re-Migration", febrero. <https://papers.ssrn.com/abstract=267199>.

Education, Juan Cristóbal Bonnefoy From issue: Higher. s/f. "MOOCs in Development: Fad or Future?" *Americas Quarterly*. Consultado el 27 de septiembre de 2019. <https://www.americasquarterly.org/content/moocs-development-fad-or-future>.

Education, Juan Cristóbal Bonnefoy From issue: Higher, Competitiveness, y Summer 2014. s/f. "MOOCs in Development: Fad or Future?" Consultado el 27 de septiembre de 2019. <https://www.americasquarterly.org/content/moocs-development-fad-or-future>.

El Tiempo. 2017. "El Gobierno ya tiene dientes para excluir a colados del sistema". *El Tiempo*, el 8 de mayo de 2017. <https://www.eltiempo.com/salud/como-saber-si-puede-ser-excluido-de-base-de-datos-del-sben-85810>.

"Estonia's Data Exchange Lets You Pay Your Taxes in Five Minutes". s/f. Apolitical. Consultado el 24 de septiembre de 2019. https://apolitical.co/solution_article/data-exchange-platform-making-estonia-leader-digital-governance/.

"European Commission - PRESS RELEASES - Press release - Frequently asked questions: Public-Private Partnership (PPP) for Big Data". s/f. Consultado el 4 de noviembre de 2019. https://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-14-583_en.htm.

- Fimin, Michael. 2018. "Five Benefits GDPR Compliance Will Bring To Your Business". Forbes. el 29 de marzo de 2018. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/03/29/five-benefits-gdpr-compliance-will-bring-to-your-business/>.
- García de la Cruz, Rodrigo. s/f. "The regulatory sandbox and potential opportunities for Spanish FinTechs".
- "GDP and Spending - Nominal GDP Forecast - OECD Data". ———. s/f. TheOECD. Consultado el 14 de noviembre de 2019. <http://data.oecd.org/gdp/nominal-gdp-forecast.htm>.
- Georghiou, Luke, Jakob Edler, Elvira Uyarra, y Jillian Yeow. 2014. "Policy Instruments for Public Procurement of Innovation: Choice, Design and Assessment". *Technological Forecasting and Social Change* 86 (julio): 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.018>.
- Georghiou, Luke, y David Roessner. 2000. "Evaluating Technology Programs: Tools and Methods". *Research Policy* 29 (4–5): 657–78. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00094-3](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00094-3).
- Gibson, John, y David McKenzie. 2012. "The Economic Consequences of 'Brain Drain' of the Best and Brightest: Microeconomic Evidence from Five Countries". *The Economic Journal* 122 (560): 339–75. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2012.02498.x>.
- Gobierno de Colombia. 2018. "Centros de Transformación Digital Empresarial". 2018. <https://www.centrosdetransformaciondigital.gov.co/695/w3-channel.html>.
- Godel, Moritz, Wouter Landzaat, y James Suter. 2017. "Research and analysis to quantify the benefits arising from personal data rights under the GDPR". Report to the Department for Culture, Media and Sports. London, United Kingdom: London Economics.
- Gonzalez, Edgar, Antonio García, Carlos Macher, y Dou Zhang. 2017. "A Glimpse on How MOOCs from IDB are Impacting Learners in Latin America". En *Proceedings of the International Conference MOOC-MAKER 2017*. Antigua, Guatemala.
- GRDC. 2017. "The Economics of Precision Agriculture". The economics of precision agriculture. Grains Research and Development Corporation. 2017. <https://grdc.com.au/resources-and-publications/grdc-update-papers/tab-content/grdc-update-papers/2017/02/the-economics-of-precision-agriculture>.
- Hall, Bronwyn H., y Alessandro Maffioli. 2008. "Evaluating the impact of technology development funds in emerging economies: evidence from Latin America". *The European Journal of Development Research* 20 (2): 172–98. <https://doi.org/10.1080/09578810802060819>.
- Handbook of Public Policy Analysis*. s/f. Consultado el 28 de agosto de 2019. https://books.google.com/books/about/Handbook_of_Public_Policy_Analysis.html?id=oh03DwAAQBAJ.

- Harvard. 2017. "The Atlas of Economic Complexity by @HarvardGrwthLab". 2017. <http://atlas.cid.harvard.edu/explore?country=49&product=undefined&year=2017&productClass=HS&target=Product&partner=undefined&startYear=undefined>.
- Hausmann, Ricardo, Cesar A Hidalgo, Sebastián Bustos, Michele Coscia, Sarah Chung, Juan Jimenez, Alexander Simões, et al. 2011. *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*. Cambridge, Mass.: Center for International Development, Harvard University : Harvard Kennedy School : Macro Connections, MIT : Massachusetts Institute of Technology.
- Herrera, Diego, y Sonia Vadillo. 2018. "Regulatory Sandboxes in Latin America and the Caribbean for the FinTech Ecosystem and the Financial System". Inter-American Development Bank.
- Hollands, Fiona M., y Devayani Tirthali. 2014. "MOOCs: Expectations and Reality. Full Report". New York, NY: Columbia University. <https://eric.ed.gov/?id=ED547237>.
- Hooton, Christopher. 2019. "Examining the Economic Contributions of the Cloud to the United States Economy". Internet Association.
- Huawei, y Oxford Economics. 2017. "Digital Spillover: Measuring the true impact of the digital economy". Oxford Economics.
- IBM. 2014. "Better Business Outcomes with IBM Big Data and Analytics". Thought Leadership White Paper. Big Data & Analytics. IBM. https://www.ibmbigdatahub.com/sites/default/files/whitepapers_reports_file/59898_Better%20Business%20Outcomes_White%20Paper_Final_NIW03048-USEN-00_Final_Jan21_14.pdf.
- "ICO Selects First Participants for Data Protection Sandbox". 2019. Information Commissioner Office. el 31 de julio de 2019. <https://ico.org.uk/about-the-ico/news-and-events/news-and-blogs/2019/07/ico-selects-first-participants-for-data-protection-sandbox/>.
- INRIX. 2018. "INRIX 2018 Global Traffic Scorecard". Inrix. 2018. <http://inrix.com/scorecard/>.
- International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training. 2015. *2015 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET 2015): Lisbon, Portugal, 11-13 June 2015*. Piscataway, NJ: IEEE.
- Jaffe, Eric. 2016. "How Estonia Became a Global Model for E-Government". Medium. el 20 de abril de 2016. <https://medium.com/sidewalk-talk/how-estonia-became-a-global-model-for-e-government-c12e5002d818>.
- Jia, Jian, Ginger Zhe Jin, y Liad Wagman. 2019. "The Short-Run Effects of GDPR on Technology Venture Investment". SSRN Scholarly Paper ID 3278912. Rochester, NY: Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=3278912>.

- Kaka, Noshir, Anu Madgavkar, James Manyika, Jacques Bughin, y Pradeep Parameswaran. s/f. "India's tech opportunity: Transforming work, empowering people". Consultado el 27 de septiembre de 2019.
<https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/indias-tech-opportunity-transforming-work-empowering-people>.
- Kan, Zihan, Luliang Tang, Mei-Po Kwan, y Xia Zhang. 2018. "Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions Using GPS Big Data". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15 (4). <https://doi.org/10.3390/ijerph15040566>.
- Katz, Raul. 2017. "El Observatorio de la Economía Digital de Colombia". 2017.
https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-61929_recurso_4.pdf.
- King, David A. 2004. "The Scientific Impact of Nations". *Nature* 430 (6997): 311–16.
<https://doi.org/10.1038/430311a>.
- Kirshnan, Mekala, Jan Mischke, y Jaana Remes. 2018. "Is the Solow Paradox Back?" junio de 2018.
<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/is-the-solow-paradox-back>.
- Kosbie, David, Andrew W. Moore, y Mark Stehlik. 2017. "How to Prepare the Next Generation for Jobs in the AI Economy". *Harvard Business Review*, el 5 de junio de 2017.
<https://hbr.org/2017/06/how-to-prepare-the-next-generation-for-jobs-in-the-ai-economy>.
- Lu, Hui, Charlene Rohr, Marco Hafner, y Anna Knack. 2018. *China Belt and Road Initiative: Measuring the Impact of Improving Transportation Connectivity on Trade in the Region*. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR2625>.
- Manyika, James, Michael Chui, Brad Brown, Jacques Bughin, Richard Dobbs, Charles Roxburgh, y Angela Hung Byer. 2011. "Big data: the next frontier for innovation, competition and productivity". McKinsey Global Institute.
- Manyika, James, Michael Chui, Diana Farrell, Steve Van Kuiken, Peter Groves, y Elizabeth Almasi Doshi. 2013. "Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information". McKinsey Global Institute.
<https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/open-data-unlocking-innovation-and-performance-with-liquid-information>.
- Manyika, James, Michael Chui, Mehdi Miremadi, Jacques Bughin, Katy George, Paul Willmott, y Martin Dewhurst. 2017. "A Future that Works: Automation, Employment and Productivity". McKinsey Global Institute.
- "Measuring the Digital Economy". 2018. International Monetary Fund (IMF).
<https://www.imf.org/en/Publications/Policy-Papers/Issues/2018/04/03/022818-measuring-the-digital-economy>.

- Menon, Pradeep. 2018. "An Executive Primer to Deep Learning". Medium. el 22 de febrero de 2018.
<https://medium.com/@rpradeepmenon/an-executive-primer-to-deep-learning-80c1ece69b34>.
- Mckinsey. 2016. "How Big Data Will Revolutionize the Global Food Chain | McKinsey". 2016.
<https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/how-big-data-will-revolutionize-the-global-food-chain>.
- Microsoft. 2017. "Microsoft and ICRISAT's Intelligent Cloud Pilot for Agriculture in Andhra Pradesh Increase Crop Yield for Farmers". Microsoft News Center India. el 9 de enero de 2017.
<https://news.microsoft.com/en-in/microsoft-and-icrisats-intelligent-cloud-pilot-for-agriculture-in-andhra-pradesh-increase-crop-yield-for-farmers/>.
- Molin, José Paulo, Anamari Viegas de Araujo Motomiya, Flavia Roncato Frasson, Gustavo Di Chiacchio Faulin, y Wanderson Tosta. 2010. "Test Procedure for Variable Rate Fertilizer on Coffee". *Acta Scientiarum. Agronomy* 32 (4): 569–75.
<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.5282>.
- MinTIC. 2019. "La mitad de Colombia no tiene internet". Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. el 19 de mayo de 2019.
<https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/MinTIC-en-los-Medios/100837:La-mitad-de-Colombia-no-tiene-internet>.
- Nasdaq. 2017. "From Farm To Tablet? How Technology Can Help Agriculture | Nasdaq". 2017.
<https://www.nasdaq.com/articles/farm-tablet-how-technology-can-help-agriculture-2017-08-10>.
- "Observatorio de Familia, DNP". s/f. Consultado el 14 de noviembre de 2019.
<https://observatoriodefamilia.dnp.gov.co/Documents/Boletines/Bolet%C3%ADn%20No%20%208%20FINAL%20a%20publicar.pdf>.
- OECD. 2016. "GDP and spending - Nominal GDP forecast - OECD Data". 2016.
<https://data.oecd.org/gdp/nominal-gdp-forecast.htm#indicator-chart>.
- "Observatorio de Familia, DNP". ———. s/f. Consultado el 14 de noviembre de 2019b.
<https://observatoriodefamilia.dnp.gov.co/Documents/Boletines/Bolet%C3%ADn%20No%20%208%20FINAL%20a%20publicar.pdf>.
- OECD. 2019a. *Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future*. OECD.
<https://doi.org/10.1787/9789264311992-en>.
- . 2019b. *Artificial Intelligence in Society*. OECD. <https://doi.org/10.1787/eedfee77-en>.
- . 2019c. *OECD Reviews of Digital Transformation: Going Digital in Colombia*. OECD.
<https://doi.org/10.1787/781185b1-en>.

- “OECD iLibrary | Home”. s/f. Consultado el 4 de noviembre de 2019.
<https://www.oecd-ilibrary.org/sites/cf3f3be0-en/index.html?itemId=/content/component/cf3f3be0-en&imeType=text/html>.
- “Open Data”. s/f. World Bank Open Data. Consultado el 27 de septiembre de 2019.
<https://data.worldbank.org/>.
- Piquard, Alexandre. 2019. “En Europe, Google attaqué sur plusieurs fronts”. *Le Monde.fr*, el 10 de septiembre de 2019.
https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/09/10/en-europe-google-attaque-sur-plusieurs-fronts_5508513_3234.html.
- PricewaterhouseCoopers. 2017. “AI to Drive GDP Gains of \$15.7 Trillion with Productivity, Personalisation Improvements”. PwC. el 27 de junio de 2017.
https://www.pwc.com/gx/en/news-room/press-releases/2017/ai-to-drive-gdp-gains-of-15_7-trillion-with-productivity-personalisation-improvements.html.
- PwC. 2017. “Sizing the Prize: What’s the real value of AI or your business and how can you capitalise?” 2017.
<https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>.
- “pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf”. s/f. Consultado el 14 de noviembre de 2019.
<https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>.
- “Recovering labor productivity growth | McKinsey”. s/f. Consultado el 5 de septiembre de 2019.
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/regions-in-focus/solving-the-productivity-puzzle>.
- “Recovering Labor Productivity Growth | McKinsey”. s/f. Consultado el 5 de septiembre de 2019.
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/regions-in-focus/solving-the-productivity-puzzle>.
- “Regulatory sandbox lessons learned report”. 2017. London, UK: Financial Conduct Authority.
<https://www.fca.org.uk/publication/research-and-data/regulatory-sandbox-lessons-learned-report.pdf>.
- Remes, Jaana, James Manyika, Jacques Bughin, Jonathan Woetzel, Jan Mischke, y Mekala Kirshnan. 2018a. “Recovering Labor Productivity Growth | McKinsey”. McKinsey Global Institute.
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/regions-in-focus/solving-the-productivity-puzzle>.
- . 2018b. “Solving the productivity puzzle: the role of demand and the promise of digitization”. McKinsey Global Institute.

- “Research and development expenditure (% of GDP)”. s/f. World Bank. Consultado el 27 de septiembre de 2019.
https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?most_recent_value_desc=true.
- “Rethinking Public Services With Innovation Labs”. s/f. Consultado el 5 de noviembre de 2019.
<https://www.psd.gov.sg/challenge/ideas/deep-dive/rethinking-public-services-with-innovation-labs>.
- “Review of Australian Government Data Activities (2018)”. 2018. Australian Government, Department of the Prime Minister and Cabinet.
https://www.pmc.gov.au/sites/default/files/publications/review_au_gov_data_2018.docx.
- Rodríguez-Pose, Andrés, y Montserrat Vilalta-Buñi. 2005a. “Education, Migration, and Job Satisfaction: The Regional Returns of Human Capital in the EU”. *Journal of Economic Geography* 5 (5): 545–66. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbh067>.
- . 2005b. “Education, Migration, and Job Satisfaction: The Regional Returns of Human Capital in the EU”. *Journal of Economic Geography* 5 (5): 545–66.
<https://doi.org/10.1093/jeg/lbh067>.
- Ruiz, Alex . 2019. “The Digital Economy: The Challenge of Measuring a Technological Revolution”. CaixaBank Research. el 16 de julio de 2019.
<https://www.caixabankresearch.com/en/digital-economy-challenge-measuring-technological-revolution>.
- Sanchez-Gordon, Sandra, y Tania Calle-Jimenez. 2015. “Relevance of MOOCs for training of public sector employees”. En *2015 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 1–5. Lisbon, Portugal: IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ITHET.2015.7218016>.
- Secretaría de Movilidad. 2016. “Movilidad en Cifras 2015”. Bogotá, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá DC.
- SherWeb. s/f. “Free TCO Calculator: On-Premise vs. Cloud Servers”. SherWeb. Consultado el 8 de noviembre de 2019. <https://info.sherweb.com/iaas-tco-comparison-tool.html>.
- “Stop Asking About Completion Rates: Better Questions to Ask About MOOCs in 2019 - EdSurge News”. 2018. EdSurge. el 28 de noviembre de 2018.
<https://www.edsurge.com/news/2018-11-28-stop-asking-about-completion-rates-better-questions-to-ask-about-moocs-in-2019>.
- Su, Jeb. 2019. “Amazon Owns Nearly Half Of The Public-Cloud Infrastructure Market Worth Over \$32 Billion: Report”. Forbes. 2019.
<https://www.forbes.com/sites/jeanbaptiste/2019/08/02/amazon-owns-nearly-half-of-the-public-cloud-infrastructure-market-worth-over-32-billion-report/>.

- Tadili, Hatim, y Alami Semma. 2015. "How government can benefits from Cloud Computing". *IJCSI International Journal of Computer Science Issues* 12 (5): 5.
- "Tasa Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar)". 2019. Banco de la República (banco central de Colombia). el 13 de junio de 2019. <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.
- FNC. 2015. "Colombian Coffee Insider - Federation Makes Fertilizers Mixing Cheaper". 2015. https://www.federaciondecafeteros.org/algrano-fnc-en/index.php/comments/federation_makes_fertilizers_mixing_cheaper/.
- FPFIS. 2016. "Synthesis Report on the Call 'Pilot Projects to Carry out ESF Related Counterfactual Impact Evaluations'". Text. EU Science Hub - European Commission. el 20 de enero de 2016. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/synthesis-report-call-pilot-projects-carry-out-esf-related-counterfactual-impact-evaluations>.
- "Ten IT-Enabled Business Trends for the Decade Ahead | McKinsey". s/f. Consultado el 16 de septiembre de 2019. <https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/ten-it-enabled-business-trends-for-the-decade-ahead>.
- The Alan Turing Institute. 2019. "Annual Report 2018-2019". UK: The Alan Turing Institute.
- "The Digital Economy: The Challenge of Measuring a Technological Revolution". 2019. CaixaBank Research. el 16 de julio de 2019. <https://www.caixabankresearch.com/en/digital-economy-challenge-measuring-technological-revolution>.
- "The Future of AI is Here - PwC". s/f. Consultado el 4 de septiembre de 2019. <http://pwcartificialintelligence.com/>.
- Tiempo, Casa Editorial El. s/f. "Bogota de nuevo ocupó el segundo lugar en listado peor tráfico del mundo". Revista Motor. Consultado el 11 de noviembre de 2019. <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/bogota-nuevo-ocupo-segundo-lugar-listado-peor-trafico-mundo/32419>.
- Tolbert, Caroline J., y Karen Mossberger. 2006. "The Effects of E-Government on Trust and Confidence in Government". *Public Administration Review* 66 (3): 354–69. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2006.00594.x>.
- Turing, A. M. 1950. "I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE". *Mind* LIX (236): 433–60. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>.
- United Nations Conferene on Trade and Development. 2019. *DIGITAL ECONOMY REPORT 2019: Value Creation and Capture - Implications for Developing Countries*. New York: United Nations.

- Uyarra, Elvira, y Kieron Flanagan. 2010. "Understanding the Innovation Impacts of Public Procurement". *European Planning Studies* 18 (1): 123–43.
<https://doi.org/10.1080/09654310903343567>.
- Vassil, Kristjan. 2015. "Estonian e-Government Ecosystem: Foundation, Applications, Outcomes". World Development Report. Digital Dividends. The World Bank.
- Vector Institute. 2019. "Annual Report 2018: Welcoming AI Home". Canada: Vector Institute.
- Wasti, Satish. 2018. "The Myth of Brain Drain: How Emigration Can Help Poor Countries". | Harvard Political Review. el 16 de octubre de 2018.
<https://harvardpolitics.com/world/the-myth-of-brain-drain-how-emigration-can-help-poor-countries/>.
- Wladawsky-Berger, Irving. 2017. "A Novel Approach for Measuring the True Impact of the Digital Economy". *Irving Wladawsky-Berger* (blog). el 30 de octubre de 2017.
<https://blog.irvingwb.com/blog/2017/10/a-novel-approach-for-measuring-the-impact-of-the-digital-economy.html>.
- . 2018a. "The Impact of AI on the World Economy". *Irving Wladawsky-Berger* (blog). el 12 de noviembre de 2018.
<https://blog.irvingwb.com/blog/2018/11/the-impact-of-ai-on-the-world-economy.html>.
- . 2018b. "Human Capital and the Changing Nature of Work". Irving Wladawsky-Berger. el 24 de diciembre de 2018.
<https://blog.irvingwb.com/blog/2018/12/human-capital-and-the-future-of-work.html>.
- . 2019. "A Quarter Century into the Digital Age". *Irving Wladawsky-Berger* (blog). el 12 de agosto de 2019.
<https://blog.irvingwb.com/blog/2019/08/a-quarter-century-into-the-digital-age.html>.
- World Bank, ed. 2019. *The Changing Nature of Work*. World Development Report 2019. Washington, DC, USA: World Bank Group.
- World Economic Forum, y McKinsey & Company. 2019. "Data Collaboration for the Common Good: Enabling Trust and Innovation Through Public-Private Partnerships". Insights Report. Switzerland: World Economic Forum.
<https://www.weforum.org/reports/data-collaboration-for-the-common-good-enabling-trust-and-innovation-through-public-private-partnerships/>.
- Wyld, David C. 2009. "Moving to the Cloud: An Introduction to Cloud Computing in Government". E-Government Series. Southeastern Louisiana University: IBM Center for The Business of Government.

