

Revolución Tecnológica

Cómo la ciencia, tecnología,
conocimiento e innovación pueden
contribuir al desafío país



cnid Consejo Nacional
de Innovación
para el Desarrollo

ÍNDICE

Agradecimientos	04
Introducción	06
El proceso y la proyección	10
Mapeo de iniciativas	11
Reporte	13
Comprensión	13
Dimensiones del desafío	16
Áreas de oportunidad	21

AGRADECIMIENTOS

Este documento contiene una serie de lineamientos estratégicos para contribuir a la consistencia y proyección de una política pública en materia de ciencias, tecnologías, conocimiento e innovación (CTCI) para abordar el desafío país de Revolución Tecnológica con miras a un desarrollo integral, inclusivo y sostenible.

Estos han sido fruto de una alianza entre el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) y la División de Innovación del Ministerio de Economía, los que –tras levantar antecedentes de base en la materia- convocaron a un grupo de expertos tanto del mundo de la investigación, de la política pública como del sector privado para avanzar en una agenda de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) asociada al desafío cambio climático, el que enfrentamos como sociedad.

En las diferentes etapas de este proceso, agradecemos la participación de Marcelo Arenas (Instituto Milenio Fundamento de Datos); Khaled Awad (Conicyt); Ricardo Baeza-Yates (Northeastern University); Alejandro Barros (Universidad de Chile); Andrés Bustamante (División de Gobierno Digital, Ministerio Secretaría General de la Presidencia); Eric Campos (Central Unitaria de Trabajadores, CUT); Pelayo Covarrubias (Fundación País Digital); Didier de Saint Pierre (Universidad de Chile); Sebastián Domínguez (Entel); Diego Dujovne (Universidad Diego Portales); Nicole Ehrenfeld (Iniciativa Científica Milenio); Sebastián Errázuriz (Artista); Pablo Estévez (Universidad de Chile); Delfina Fantini (Royal College of Art); Barbara Figueroa (Central Unitaria de Trabajadores, CUT); Pamela Gidi (Subsecretaría de Telecomunicaciones); Héctor Gómez (In Motion); María Paz Hermosilla (Universidad Adolfo Ibáñez); Nicolas Grimblatt (Cepal); César Hidalgo (Massachusetts Institute of Technology, MIT); José Inostroza (Ministerio de Hacienda); Marcos Kulka (Fundación Chile); Carlos Ladrix (Corfo); Francisca Lecourt (Corfo); Cristián Levín (Conicyt); Cleve Lightfoot (BHP Billiton); Jozsef Markovits (Subsecretaría de Telecomunicaciones); Carolina Muñoz (Corfo); Claudio Muñoz (Telefonica); Juan Luis Núñez (Fundación País Digital); Alicia Olivares (Corfo); Rafael Palacios (Sofofa); Juan Cristóbal Palma (Lares Hub); Patricia Peña (Universidad de Chile); Julio Pertuzé (Ministerio de Economía); Leah Pollak (Fundación Chile); Álvaro Ramírez-Alujas (Gigapp); Nicolás Riquelme (ConCiencia); Gabriel Rodríguez (Ministerio de Relaciones Exteriores); Patricio Rodríguez (Universidad de Chile); Eli Senerman (Walmart); Gordana Stojkovic (Cepal); Carolina Torrealba (Iniciativa Científica Milenio); Daniel Urbina (Subsecretaría de Telecomunicaciones); Soledad Valiente (Corfo); Francisca Varela (Universidad del Desarrollo); Lodewijk Verdeyen (Engie Factory) y Barbara Veyl (School of Tech).

La compilación y análisis de los documentos bibliográficos y de las contribuciones de cada experto, además de el diseño de las pautas de entrevista y las mesas de trabajo estuvo a cargo de un equipo técnico formado por profesionales de la Secretaría Ejecutiva del CNID y de la División de Innovación del Ministerio de Economía: Paloma Baytelman (CNID); Etienne Choupay (Minecon); Juan Pablo Contreras (CNID); Bastián Girardi (Minecon); Nicolás Goluboff (Minecon); Raúl González (CNID) y Soledad Ugarte (CNID).

Estamos ciertos que manteniendo un proceso participativo de esta naturaleza, enriqueceremos crecientemente la toma de decisiones en materia de CTCI vinculada al desafío país de Revolución Tecnológica

Katherine Villarroel Gatica

Secretaria Ejecutiva
Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo

Benjamín Maturana Almarza

Jefe División de Innovación
Ministerio de Economía

INTRODUCCIÓN

Varios estudios internacionales¹ muestran que existe una preocupación mundial respecto de los impactos que están provocando hoy los avances tecnológicos en los seres humanos, la sociedad, la economía, la cultura y los ecosistemas naturales, y en aquellos ámbitos que puedan hacerlo en el futuro. Tal preocupación se expresa como desafío y como oportunidad. Una de las organizaciones mundiales más importantes de profesionales vinculados a lo científico-tecnológico (IEEE), por ejemplo, ya en el título de su reporte principal así lo muestra: *Ethically Aligned Design. A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems*. Y el *National Science and Technology Council* de EE.UU. el año 2016 dedicó sus esfuerzos a generar un plan estratégico para que ese país pudiese asumir mejor las posibilidades que se abren con la investigación y el desarrollo de la inteligencia artificial (IA) considerando los distintos ámbitos y sectores donde esta puede impactar. El reporte especializado del *World Economic Forum* del 2017, por su parte, expresa que un factor clave para el futuro será que los países necesitarán impulsar la adopción y uso de las tecnologías emergentes si es que no quieren perder oportunidades de desarrollo competitivo. La consultora *McKinsey*, en su reporte del mismo año, agrega que la transformación digital incuestionablemente está impulsando la integración económica mundial y que la automatización podría aportar hasta un 50% del crecimiento esperado del PIB mundial.

En este documento hablamos de sistemas inteligentes para englobar el impacto combinado de las tecnologías de inteligencia artificial, *big data* e internet de las cosas. En estos reportes², los principales dominios en los que se proyecta su impacto serían: *empleo, productividad, medioambiente, transporte, seguridad pública, salud, compromiso ciudadano y gobierno*. Se dice, así también, que en sus desarrollos se está considerando el vínculo entre los sistemas inteligentes y los seres humanos, buscando que se adapten a las personalidades individuales y sus metas (*human-awareness*).

Si bien los reportes alertan sobre riesgos potenciales, también destacan que estas tecnologías podrían promover inclusión social al crear mejor acceso a una educación de calidad, ofreciendo nuevas oportunidades para desarrollo de habilidades; mejorando el cuidado de la salud, o el libre acceso y de bajo costo a la información, conocimiento y datos, cuestión importante para las pequeñas y medianas empresas (*e-commerce*).

Lo crucial, está en abordar estas posibilidades de manera urgente y anticipada. Así lo entienden también distintos actores de nuestro país, no solo del mundo científico-tecnológico, sino también de una diversidad de sectores y ámbitos. En este contexto, el Presidente de la República, en su Cuenta Pública del 1 de junio de 2018, relevó, particularmente, la *Revolución Tecnológica* como un desafío urgente a considerar.

A partir de ello, se consolidó una alianza de trabajo entre el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) y la División de Innovación del Ministerio de Economía para abordar este y otros desafíos país. Esta se tradujo en un proceso participativo con expertos en el área cuyos resultados iniciales se sintetizan en el presente informe sirviendo de base para definir políticas públicas concretas y pertinentes para avanzar en una *Agenda de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)* que permita a Chile aprovechar esta Revolución tecnológica para el desarrollo del país.

De esta forma, el contenido de este documento es fruto del intercambio de miradas y conocimientos de quienes han participado en el proceso. Por lo mismo, se trata de una síntesis inicial que se irá enriqueciendo en el tiempo con miras a fortalecer la contribución de las ciencias, la tecnología, el conocimiento y la innovación a desafíos-país, en un proceso participativo que permita incorporar crecientemente el aporte de los diferentes actores del sistema nacional de innovación.

Una sinopsis de los principales hallazgos de este trabajo se puede apreciar en el cuadro siguiente.

¹ IEEE (2017), Ethically Aligned Design. A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems; National Science and Technology Council (2016), The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan; McKinsey Global Institute (2017), A Future that works: Automation, Employment and Productivity; OCDE (2018), Transformative technologies and jobs of the future; NESTA (2017), Future of Skills. Employment in 2030; Go-Science UK (2017), Technology and Innovation Futures 2017; WEF (2018), Readiness for the Future of Production Report 2018; Stanford Study Panel (2016), Artificial Intelligence and life in 2030; OIT (2016), New Technologies: A jobless future or golden age of job creation?; CSIRO, Australia 2030: Navigating an Uncertain Future. Una síntesis de varios de estos reportes se encuentra en el documento "Reportes de futuro: Tres preocupaciones urgentes para Chile". CNID, 2018.

² Frente a los grandes temores y grandes expectativas que otros parecen tener, los organismos más serios y rigurosos realizan seguimiento de distintas iniciativas. IEEE, por ejemplo, en su revista Spectrum de julio de 2018 publica un informe respecto del programa australiano de transformación digital del Estado. <https://spectrum.ieee.org/riskfactor/computing/it/australias-digital-transformation-stumbles-badly>

Entendemos la Revolución Tecnológica como el proceso de desarrollo y adopción acelerada de tecnologías que están impactando nuestros entornos, las maneras cómo trabajamos, nos relacionamos e incluso nuestras visiones del mundo. La masificación del *big data*, de la inteligencia artificial, del Internet de las cosas, entre otras tecnologías, están introduciendo cambios profundos a la forma que vivimos como sociedad –desde el empleo, la cultura, los vínculos sociales, el medioambiente, así como la forma en que el Estado opera y se relaciona con los ciudadanos. El impacto en el trabajo podría ser particularmente fuerte: se estima que alrededor de un tercio de los empleos actuales podrían ser reemplazados por la automatización, a la vez que se crearían nuevos empleos más sofisticados y de mejor remuneración. Los efectos que esta revolución tenga en nuestro país dependerá, en buena parte, de las acciones anticipadas que como sociedad tomemos para de algún modo apropiarnos localmente de sus dinamismos.

Capital humano y empleo

Desarrollar capacidades de adaptación es clave para abordar este desafío, permitiendo integrar las nuevas tecnologías en las organizaciones y favorecer la creación de empleos en un escenario de cambios profundos del mercado laboral. En ese marco, se requiere: formar, atraer e insertar capital humano avanzado, así como conectarlo con los sectores privado y público; educar en habilidades del futuro; y favorecer el aprendizaje a lo largo de la vida, aprovechando la autoeducación y el e-learning.

Capital tecnológico

Se refiere a la infraestructura y recursos estratégicos necesarios para crear valor a partir de la revolución tecnológica. En particular es necesario contar con banda ancha de calidad, creando una carretera digital a lo largo del país. Esto también determina la viabilidad y rentabilidad de hacer desarrollos tecnológicos propios. Entendiendo el rol humano en el uso de la tecnología, también se consideran aquí los espacios para que se desplieguen las capacidades intermedias: centros de prueba e integración.

Capital social

Se requiere de espacios formales de participación para aprovechar la inteligencia colectiva. El impacto de la revolución tecnológica requiere un abordaje multidimensional dado su impacto en las distintas dimensiones de la vida humana. Por lo mismo, la capacidad de abordar este desafío se basa en articulación que, a su vez, supone confianza y colaboración. Además, es necesario ser parte de esfuerzos globales y organizar esta gobernanza también desde lo local y comunitario.

Modernización del Estado

La modernización del Estado requiere de su transformación digital con mirada de largo plazo y asociada a un profundo cambio de la gestión de lo público con foco en su eficiencia y conexión con la ciudadanía. Para ello resulta clave una política pública de datos con estándares para su recolección, manejo y uso, así como la generación de instancias amplias (público-privado-ciudadana) de coordinación.

Marco ético y regulatorio

Se requieren de instancias de reflexión sobre la relación humano-digital que conduzcan a acciones que velen por la integridad de las personas. Es necesario asumir los supuestos que están detrás de los algoritmos y velar por que el avance tecnológico no aumente las brechas de inequidad. Por otra parte, se requiere una revisión de los marcos regulatorios que permita adecuarlos a la dinámica del contexto actual y globalizado en que estamos inmersos.

Chile como polo mundial en ciencia de datos

Generar valor para Chile y desde Chile hacia el mundo, para diversos sectores económicos-productivos, abriendo múltiples posibilidades en el contexto de la revolución tecnológica, dado que los datos son uno de los recursos fundacionales para el resto de las tecnologías y procesos de la cuarta revolución industrial: inteligencia artificial, robótica, agile/scrum, etc.

Ecosistema de emprendimiento e innovación

Convertir a Chile en un polo de exportación de servicios basados en tecnología, conocimiento (CTCI) e industrias creativas.

Revolución Tecnológica Inclusiva

Propiciar investigación científica e iniciativas tecnológicas con las que CTCI puedan promover la igualdad de género y la inclusión en la formación, el empleo y en el aprovechamiento de las CTCI, especialmente en contextos locales y comunitarios.

Estado digital

Desarrollar una estrategia intergubernamental de datos habilitadora de la transformación digital, que posibilite avances sustantivos en la recolección, manejo y uso de datos para asuntos relacionados con la identidad digital, la digitalización de trámites de los ciudadanos y procesos administrativos del Estado, así como para impulsar la toma de decisiones basadas en datos (*Data Driven Government*). Ello permitiría además aumentar la transparencia de los datos de gobierno y, conjuntamente, la confianza de los ciudadanos en las instituciones gubernamentales.

Capital humano para el siglo XXI

Crear una estrategia integral que aborde las tres oportunidades y brechas relacionadas al capital humano: a) reconvertir laboralmente a los trabajadores que serán desplazados por la automatización; b) validar y promover nuevos canales de formación profesional (específicamente e-learning); c) incrementar el número de profesionales capacitados para desempeñarse en profesiones asociadas a la Cuarta Revolución Industrial, por las vías de la migración y de formación local.

EL PROCESO Y LA PROYECCIÓN

La idea de identificar y fortalecer la contribución de la ciencias, la tecnología, el conocimiento y la innovación a desafíos-país, es una de las cinco propuestas de la Estrategia Nacional de Innovación del CNID, de mayo de 2017³, y un eje de la política de innovación del gobierno.

Con el objetivo de elaborar una agenda que pueda traducirse en políticas públicas concretas y pertinentes, en el segundo semestre de 2018, se implementó un proceso participativo para generar una *Agenda de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)* asociada al desafío de la revolución tecnológica.

Una primera fase consistió en entrevistar a un diverso espectro de personas expertas en distintas dimensiones del desafío para recoger de ellas -y sus mundos- las principales percepciones de cómo esta revolución tecnológica puede entenderse, asumirse y abrir posibilidades para Chile. Con esos contenidos se redactó un primer reporte que sirvió de documento base para un taller que se realizó el 30 de octubre de 2018 con un grupo de actores que incluyó a personas entrevistadas y a otros especialistas. El objetivo de ese taller fue enriquecer ese primer reporte en dos aspectos: **i)** comprensión del desafío; y **ii)** dimensiones que involucra. El 22 de noviembre de 2018 se llevó a cabo un segundo taller para visualizar oportunidades para Chile.

Este reporte resume los resultados de este trabajo, que ya está sirviendo de insumo para orientar y definir políticas públicas asociadas a la vinculación del conocimiento con los desafíos país.

³ CNID (2017). Ciencias, tecnologías e innovación para un nuevo pacto para un desarrollo inclusivo y sostenible. Orientaciones estratégicas de cara a 2030, tras diez años de trayectoria. En <http://www.cnid.cl/portfolio-items/cti-para-un-nuevo-pacto-de-desarrollo-sostenible-e-inclusivo/>

MAPEO DE INICIATIVAS

En el desafío que plantea la Revolución Tecnológica nuestro país ya cuenta con distintas instancias que lo abordan.

En la Subsecretaría de Telecomunicaciones (Subtel), por ejemplo, existe el Plan de Infraestructura Digital, que se compone de seis estudios de factibilidad⁴, de la instalación de fibra óptica austral y en la expansión de redes móviles 4G y preparación para las 5G. Además, la Subtel cuenta con el Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones.

En el Ministerio del Trabajo, en el de Educación y en el de Economía existe la preocupación de cómo prepararnos mejor para el impacto que las nuevas tecnologías puedan provocar en el ámbito laboral. Así, existe el Consejo Multisectorial para la Orientación de Competencias Laborales TIC; la Beca Capital Humano “Mil Programadores”; el programa “+Capaz”; el Acuerdo de Cooperación para el Desarrollo de Capital Humano para la Industria 4.0; y la Ingeniería de Datos como área prioritaria de Becas Chile.

En el ámbito del fomento y la tecnificación productiva existe el programa PYMEs Digitales⁵; el Comité de Transformación Digital - Industrias Inteligentes y; el Plan BIM (por su sigla en inglés) - Modernización Industria de la Construcción. Asimismo, en la agenda de modernización del Estado, tenemos la Ley de Gobierno Digital; el Comité de Transformación Digital; el Laboratorio de Gobierno; la digitalización de servicios; y el programa de clave única personal y firma electrónica avanzada. A nivel más general de institucionalidad está la Política Nacional de Ciberseguridad y la Ley de Protección de Datos. Por el lado de Segpres, (Gobierno Digital), existe el Plan Gobierno Digital 2018 – 2022.

La Comisión Nacional de Energía, a su vez, posee el programa Energía Abierta, consistente en un portal web de entrega libre de datos estadísticos, indicadores, mapas, normas legales y estudios del sector energético.

Finalmente, existe el Comité Interministerial de Ciberseguridad, que tiene a su cargo la Política Nacional de Ciberseguridad, encargada de regular y reforzar estándares e iniciativas de ciberseguridad nacionales.

⁴ Ver Agenda Digital 2020 y estudios de infraestructura.

⁵ www.espaciopyme.cl

Iniciativas del Sector Público

Institución	Programa - Responsabilidad	Descripción
Servicio Nacional de Capacitación y Empleo	1000 programadores	1000 becas para formar desarrolladores de aplicaciones de software
Subsecretaría de Telecomunicaciones	Licitación espectro 5G, Instalación de fibra óptica, Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones	-
Gobierno Digital (SEGPRES)	Plan Gobierno Digital 2018-2022	Plan de modernización digital del Estado
Comisión Nacional de Energía	Energía Abierta	Portal web de entrega libre de datos estadísticos, indicadores, mapas, normas legales y estudios del sector energético.
Comité Interministerial de Ciberseguridad	Pollítica Nacional de Ciberseguridad	Regular y reforzar estándares e iniciativas de ciberseguridad nacionales

Iniciativas del Ministerio de Economía

Institución	Programa - Responsabilidad	Descripción
Comité de Transformación Digital	Plan BIM	Modernización digital de la industria de la construcción
	Salud+Desarrollo	Acelerar el desarrollo y adopción de nuevos modelos de gestión, tecnologías y servicios para el sector salud
	Industrias Inteligentes	Generación de infraestructura habilitante para el desarrollo digital de las empresas
División de Empresas de Menor Tamaño	Escritorio Empresas	Ventanilla única de trámites comerciales enfocados a PYMES
	Espacio PYME	Portal de apoyo y descargas de software para digitalización de PYMES
Economía del Futuro	Proyecto de atroinformática Ley de Transparencia tecnológica Encuesta TIC Proyecto de consolidación de deuda Proyecto Gestión de Preferencia	Conjunto de iniciativas para la modernización de la economía chilena
CNID	Mapeo de Capacidades CTCI	Levantamiento de información sobre capacidades actuales de CTCI en envejecimiento y revolución tecnológica

REPORTE

Comprensión

En este reporte se entiende la revolución tecnológica como el proceso de desarrollo y adopción acelerada de tecnologías que están impactando casi la totalidad de los sectores de la economía y esferas de la sociedad. Esas tecnologías están modificando radicalmente no solo el modo en que producimos y consumimos bienes, si no la forma en que nuestra sociedad se construye y convive, a través de integrar sistemas físicos, digitales y biológicos⁶. La revolución tecnológica se presenta como una oportunidad para incrementar nuestros niveles de ingreso a través de mejoras a la productividad y la eficiencia en el uso de recursos, pero –al mismo tiempo– es una amenaza a la competitividad de las empresas nacionales y a buena parte de nuestros empleos, lo que podría tener impactos negativos en los niveles de ingreso y su distribución, y finalmente, en el bienestar de la sociedad.

La revolución tecnológica se comprende como un desafío urgente y permanente y –como tal– determinante en la construcción de futuro y clave en la estrategia de desarrollo del país. Se trata de un desafío impostergable que se tiene que sostener en el tiempo. Que requiere, por lo mismo, del mayor compromiso político, especialmente si queremos enfrentar exitosamente los cambios que esta revolución provocará en la manera de producir, trabajar y relacionarnos.

La revolución tecnológica seguirá provocando un cambio de *paradigma en el mundo*, a nivel individual, colectivo, institucional y de países. En efecto, la conectividad digital ha erosionado las fronteras disminuyendo el impacto que producen las distancias en la vida de las personas.

Como se trata de un cambio paradigmático, asumirlo y aprovecharlo supone de parte nuestra realizar ciertos cambios culturales: en nuestras propias y acostumbradas maneras de pensar, arriesgarnos, estudiar, trabajar y organizarnos. Tales cambios, exigidos por un desafío complejo y multidimensional, requieren de la articulación de diversos actores y perspectivas. Esto en los distintos ámbitos de nuestro quehacer como país y, especialmente, en los vínculos entre lógicas de educación e innovación para el siglo XXI.

Una manera de expresar la complejidad de este desafío es reconociendo que puede abrir muchas oportunidades y también puede ser fuente de grandes dificultades. De hecho, se desconoce cómo pueden ser a ciencia cierta los impactos que en el futuro las nuevas tecnologías podrían tener sobre nuestras sociedades. Con todo, los efectos más reconocidos se vislumbran en la desaparición y creación de nuevos empleos, y, lo mismo, a nivel de industrias, negocios y en la productividad, reconociendo que los impactos serán diferenciados entre sectores.

⁶ Schwab, Klaus (2016) “The Fourth Industrial Revolution: What it means, how to respond”, World Economic Forum.

También se destacan los efectos en la vivencia ciudadana de la democracia, tanto positivos como negativos. Como parte de los efectos positivos, veremos mayores niveles de transparencia de los organismos del Estado y de la clase política y económica en general, junto con mayor flexibilidad en el apoyo y control sobre las autoridades de parte de la ciudadanía. En cuanto a los negativos, ya hemos visto el efecto de las redes sociales en el surgimiento de grupos radicalizados y su impacto en la polarización del debate político en la ciudadanía. Todo indica que estas tendencias se mantendrán en el tiempo.

En el área de la salud, por un lado, puede traer grandes beneficios respondiendo cada vez más a ese gran anhelo del ser humano por extender su vida al máximo, alcanzando una positiva calidad de vida, incluso durante la vejez. Por otro lado, la privacidad de los datos de salud de los usuarios es un desafío en sí mismo, así como también en el diseño y la gestión de las ciudades.

La revolución tecnológica puede también ser la posibilidad de una mayor calidad de vida dando más espacio para la creatividad a través de la eliminación de tareas rutinarias, y puede brindar una mayor equidad, permitiendo superar brechas que posibiliten integrar personas con discapacidad, dueñas de casa, adultos mayores y personas que viven alejadas territorialmente. Sin embargo, la revolución tecnológica también puede ser fuente de mayor inequidad, en especial si el acceso a sus beneficios queda restringido según el poder adquisitivo o el capital sociocultural de las personas.

Por todo lo anterior, para abordar esta revolución tecnológica resulta necesario formar y captar más personas con mirada estratégica y liderazgos específicos para la transformación digital (equipos dinámicos, metodologías ágiles, decisiones basadas en análisis de datos). Las implicancias humanas y sociales suponen integrar y aprovechar el aporte de las ciencias sociales y las humanidades.

El abordar problemas transversales requiere de expertos que tengan experiencia en terreno y una reflexión profunda y crítica al respecto. Dicho de otra manera: se debe anteponer la comprensión del problema antes de buscar soluciones.

Asimismo, para dar el salto tecnológico y en innovación que Chile requiere, resulta fundamental contar con expertos en todas las ciencias básicas y sus áreas específicas, cuyos conocimientos aporten una base sólida para construir soluciones competitivas a nivel internacional. Por ejemplo, en el caso de las oportunidades que se abren en la revolución tecnológica gracias al uso de *big data*, se necesita de una mirada interdisciplinaria, pero también de expertos en áreas tan específicas como manejo de datos, algoritmos, estructuras de datos, estadística, entre otras. De hecho, algunas de las innovaciones que han cambiado el mundo en las últimas décadas han sido posibles gracias a expertos con sólidos conocimientos específicos en temas de ciencia de la computación y matemáticas: la criptografía moderna y el comercio electrónico no habrían sido posibles sin teoría de números y teoría de grupos; Google y el algoritmo de *PageRank* no existiría sin conocimientos sólidos de cadenas de Markov y estadística; *Bitcoin* no existiría sin criptografía; y la revolución que hoy vemos en inteligencia artificial no existiría sin conocimientos sólidos en estadística, algoritmos y algunas áreas de matemáticas.

Del mismo modo se requiere hacer emerger nuevas capacidades que nos permitan hacernos las preguntas adecuadas, vencer nuestra aversión al riesgo y responder a los desafíos de desarrollo del siglo XXI. Tales capacidades tendrían que alentar nuestra decisión de innovar, generar y ofertar conocimientos. En ese sentido, tanto en las empresas como en el Estado, el diseño tiene

que estar centrado en la experiencia de uso de las personas y en crear un dinamismo laboral habilitante para la innovación.

En el plano productivo, debemos evolucionar de la economía basada prioritariamente en los recursos naturales. Eso requerirá dar un rol protagónico a la innovación tanto en las empresas como en centros de investigación apoyados con fondos públicos, con iniciativas como crear entornos psicológicamente seguros para innovar dentro de ellas, donde el ensayo y el fracaso sean parte normal de los procesos de negocios. Por ejemplo, resulta necesario contar con fondos de investigación que operen como capital de riesgo y financien proyectos transformadores con potencial de alto impacto, pero sin castigar a los investigadores si el esfuerzo realizado para llevar a cabo el proyecto no tiene el resultado esperado, dada la incertidumbre natural asociada a los proyectos de investigación realmente transformadores. Por otra parte, en la actualidad las principales carencias del ecosistema de innovación no están en la cantidad de nuevas ideas y nuevos proyectos, sino que en la escalabilidad de las iniciativas exitosas.

Si se quiere asumir bien este desafío, reconociendo el país que somos, tenemos que plantearnos preguntas fundamentales y tomar decisiones conjuntas entre los distintos sectores. Es decir, no basta con una modernización del Estado, también tiene que haber una a nivel de las empresas. Tampoco bastaría que estos dos grandes sectores se modernizaran, ya que requerimos que exista participación y colaboración de parte de la sociedad civil. Dicho de otra manera, no es suficiente con que aumente nuestra cantidad de capital humano avanzado, necesitamos generar capital social desde la más temprana educación.

Los procesos e iniciativas que se decidan proyectar para asumir este desafío y sus tensiones tienen que considerar distintos horizontes y temporalidades, al tiempo que ser matizados con otros desafíos globales (de cambio climático, de inclusión, de género, entre otros).

Dado que la revolución tecnológica abarca muchos ámbitos y de manera muy transversal, durante la mesa de trabajo se evidenció que el enfoque del análisis estaba orientado principalmente a asuntos relacionados con las TICs y no a otros, por ejemplo de biotecnología o nanotecnología. Por tratarse de un esfuerzo inicial, este enfoque se presenta como una opción de arranque que en futuros trabajos podría ampliarse a otras temáticas, profundizando aún más en asuntos tales como la minería verde o nuestras posibilidades en el sector alimentario.

Dimensiones del desafío

La mesa de trabajo para la Agenda de I+D+i de revolución tecnológica identificó que las dimensiones del desafío corresponden a:

- i. Capital humano y empleo
- ii. Capital tecnológico
- iii. Capital social
- iv. Modernización del Estado
- v. Marco ético-regulatorio

i. Capital humano y empleo

Existe la necesidad de desarrollar capacidades de adaptación que permitan que los distintos sectores del país enfrenten los retos y creen oportunidades a partir del desarrollo de estas nuevas tecnologías. Para ello se requiere poner un claro énfasis en la formación, atracción e inserción de capital humano avanzado –más allá de reforzar los actuales programas públicos para ello que existen en Conicyt y Corfo- diseñando una estrategia para captar e incorporar a la industria, a la academia y al sector público investigadores, analistas, técnicos y otros especialistas de excelencia que puedan atraer a otros, haciendo más visible y avanzado nuestro desarrollo tecnológico; así como también fortalecer el diseño y los entornos para reincorporar a investigadores y profesionales que vuelvan luego de formaciones en el extranjero.

Tenemos que diseñar políticas que hagan existir capacidades que busquen nuestro desarrollo integral en todos los estamentos socioculturales. Se necesita pensamiento crítico en general; reforzar habilidades y conocimientos técnico-comprensivos; los niños y jóvenes tendrían que ser introducidos en un aprendizaje constante que se centre tanto en contenidos como en habilidades, apostando a proyectos y desafíos que se aborden de forma colaborativa buscando hacerse más competentes y contar con una base sólida de conocimientos para dar el salto que queremos.

En ese sentido, cualquier estrategia o política pública para asumir este desafío de revolución tecnológica debe considerar al Ministerio de Educación y tiene que preocuparse por la debida formación de profesores. Dicha preparación requiere considerar aspectos docentes, habilidades metodológicas y, especialmente, comprensión profunda en las materias específicas en que se guiará a los alumnos.

En consecuencia con lo anterior, en la educación escolar se necesita realizar cambios que permitan que los niños y jóvenes puedan no solo conocer lenguajes de programación -que podrían eventualmente quedar obsoletos- sino que también puedan aprender e incorporar el pensamiento computacional. Adicionalmente, se requiere propiciar el trabajo en equipo de manera colaborativa y en red.

Las capacidades de la educación técnica, en particular, tienen que ser adaptadas a los desafíos del siglo XXI, con conocimientos técnicos de avanzada a nivel internacional, incorporando pensamiento crítico y habilidades colaborativas.

Sin duda, se requiere también reforzar la academia generando un cambio metodológico en las universidades: avanzando de la teoría a la práctica con sistemas de aprendizaje dinámico e introduciendo flexibilidad en los currículos académicos.

En esa línea, la autoformación y el *e-learning* son herramientas poderosas para reforzar aprendizajes y entregar nuevos conocimientos de forma rápida, pero aún es necesario lograr que sean considerados y validados por empresas y por el Estado como empleador. Esto, a su vez, plantea un desafío en cuanto a su certificación, en el sentido de legitimizarlas. Pero, junto con propiciar la autoformación y el *e-learning*, no puede dejar de atenderse la alfabetización digital de aquellos que -por diversos motivos- queden rezagados.

Asimismo, nuestro país requiere más centros de investigación, más grandes, con más apoyo, con mayores plazos. En términos de recursos monetarios, se requiere contar con instrumentos que incentiven al sector privado para participar y contribuir en estas materias. Y que se mantenga una coordinación cercana entre formación, educación y la demanda de los sectores público y privado, para comprender qué necesitamos, cuánto necesitamos y para qué lo necesitamos.

Chile puede tener acaso más espacios de oportunidad en el ámbito de la ciencia de los datos (*Data Science*). Para ello se requeriría que las universidades chilenas sigan las tendencias internacionales y formen más ingenieros en computación, ingenieros en matemáticas y otros profesionales con fuerte formación en estadística que se pueden convertir en científicos de datos como sociólogos, psicólogos y economistas. Asimismo, que puedan crear lo antes posible el pregrado en Ciencias de Datos, para luego ir atrayendo y articulando más capital humano avanzado en el tema: expertos en aprendizaje de máquinas, redes neuronales, sistemas automatizados, seguridad y algoritmos, competencias que aparecen propuestas por la Comunidad Europea en "*The Digital Competence Framework 2.0*".

En el ámbito productivo tenemos que aprender y desaprender rápido y de manera ágil. La inteligencia artificial y la robótica tienen que ser considerados como parte de los equipos de trabajo e integrarse a los procesos tanto de producción como de negocios.

Desde el punto de vista de la empleabilidad, la automatización tendrá efectos importantes. Se esperan cambios profundos en las formas de trabajo, a través de sustitución de tareas específicas por inteligencia artificial y robots.

La automatización tendrá efectos distintos según sectores económicos: en la minería, la agricultura o el *retail*. Por ejemplo, este último sector ya está mostrando los impactos de la revolución tecnológica, con uso de sistemas automáticos y robotizados tanto para la estimación predictiva de demanda como para eficientar la cadena de suministro y distribución. En ese sentido un mapeo de capacidades-país y de áreas de impacto sería pertinente y conveniente, al igual que crear consejos de habilidades sectoriales (*Sector Skill Council*); iniciativas que busquen ayudar a los empleadores en el desarrollo y gestión de estándares de aprendizaje; reducir brechas y carencias de habilidades y mejorar la productividad; potenciar las habilidades de los trabajadores de un sector determinado; y mejorar la oferta de instrumentos y programas de aprendizaje.

⁷Vuorikari, Punie, Carretero & Van den Brande (2016) – DigComp 2.0: The Digital Competence Framework for Citizens; JRC Science for Policy Report, European Commission.

ii. Capital tecnológico

El capital tecnológico es entendido como la infraestructura y los recursos estratégicos públicos y privados que el Estado y las empresas necesitan para crear valor a partir de la revolución tecnológica y, entre otros, presenta los siguientes requerimientos y elementos específicos.

Primero, es importante incrementar la inversión en telecomunicaciones y, en específico, del aumento de la velocidad de la internet móvil para incrementar la calidad y velocidad de servicio, así como robustecer y ampliar la banda ancha fija, dada su importancia en la transmisión de datos entre empresas y universidades, por ejemplo, para uso de datos en *cloud* y para iniciativas de *big data*. El negocio de la telefonía móvil hace años que no es la comunicación por voz ni los mensajes de texto, si no que la subida y bajada de datos. En esa línea, es importante crear una carretera digital de norte a sur que incremente la competencia en el mercado de las telecomunicaciones.

En segundo lugar, es necesario preguntarse acerca de la viabilidad y la rentabilidad de realizar desarrollos tecnológicos al interior de las empresas chilenas versus importar, adaptar y asimilar tecnología extranjera (actualización tecnológica) o bien adquirirla a través de la compra de *startups* (vía *Corporate Venture Capital*) u otras empresas.

Tercero, es relevante controlar las expectativas sobre las capacidades inherentes de la tecnología para resolver los problemas de las empresas e incrementar su productividad, puesto que la tecnología por sí sola no resuelve problemas (ni públicos ni privados) y para desplegar su impacto positivo se requiere de capital humano y de capital social, de liderazgo y de procesos que la incorporen adecuadamente. Para ello se necesitan espacios para que se desplieguen las capacidades intermedias: centros de pilotaje, espacios de prueba sistemática como la que se generó con REUNA (Red Universitaria Nacional) corporación integrada por universidades, centros de investigación de excelencia y grupos astronómicos internacionales.⁸

iii. Capital social

Se requiere, junto con lo tecnológico, de espacios formales de participación para aprovechar la inteligencia colectiva, que generen confianza y colaboración. Espacios que permitan e incentiven la creatividad de las personas y los colectivos, desde una perspectiva multidimensional dado su impacto en las distintas dimensiones de la vida humana.

Frente a lo anterior, cabe preguntarse si un país como el nuestro tiene que abordar, mediante I+D+i, sus problemas basales, o si acaso debe poner el énfasis más bien en las oportunidades que los mismos avances tecnológicos le abren. Es posible ver esta tensión no de manera dicotómica, dado que los problemas basales podrían considerarse también como oportunidades.

De ahí que sea fundamental promover y crear metodologías multidisciplinares que busquen impulsar la apropiación de parte de amplios sectores de la población respecto de las oportunidades que abra esta revolución tecnológica. Para ello los distintos conocimientos científicos tienen que

⁸ Actualmente, está conformada por 34 instituciones y una plataforma digital con cobertura en 12 regiones de Chile, entre Arica y Osorno, e interconectada a sus pares Internacionales: en América Latina (RedCLARA), América del Norte (Internet2 y Canarie), Europa (GÉANT), Asia (APAN) y Oceanía (AARNET).

involucrarse en la comprensión de las tecnologías. Hacerse de ellas y/o desarrollarlas no puede ser un fin en sí mismo, sino un espacio de comprensión y búsqueda de mejores respuestas conjuntas para nuestro desarrollo como país.

En consecuencia con lo anterior, asumir este desafío de acuerdo a las exigencias globales del siglo XXI supone apropiarse de maneras y prácticas que canalicen el compromiso expresado en el Objetivo 16 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, el cual aboga por la paz, la justicia e instituciones fuertes. En ese sentido, es muy importante hablar y desarrollar una gobernanza en la que se explore políticas para la integración.

iv. Modernización del Estado

La modernización del Estado requiere de su transformación digital con mirada de largo plazo y asociada a un profundo cambio de la gestión de lo público con foco en su eficiencia y conexión con la ciudadanía, potenciando los importantes esfuerzos que está desarrollando el Estado. Esto implica enfrentar los problemas de orden cultural-organizativo que requieren de un esfuerzo sustantivo y de largo aliento.

Para materializar la transformación digital necesaria para dichos avances, se requiere un plan integral de modernización del Estado. Se necesita que los esfuerzos en esta materia no se queden en digitalizar la burocracia, sino que permitan rediseñar la forma en que se hacen las cosas, para generar un gobierno que sea:

- Inteligente, es decir, que tome en cuenta los datos para tomar decisiones que le permitan mejorar su gestión con foco en los ciudadanos (*Data Driven Government*)
- Abierto, es decir, que cumpla con los principios de transparencia, rendición de cuentas y participación ciudadana (no se trataría solo de *big data*, sino también de *open data*)
- Cercano, es decir, que disminuya las barreras para que los ciudadanos accedan a los servicios y beneficios del Estado.

Para ello, es necesario continuar y fortalecer iniciativas tales como la identidad digital, para que las personas puedan interactuar digitalmente y en forma segura con instituciones públicas y privadas. Asimismo, se debe robustecer la gestión documental digital, para eliminar trámites innecesarios y digitalizar los que sí sean requeridos. Finalmente, se necesita promover el uso intensivo de datos para ahorrar tiempo, recursos, mejorar procesos y productividad.

Por otra parte, se requiere contar con una institucionalidad pública que permita analizar éxitos y deficiencias de políticas anteriores, además de ser rigurosa en la identificación de líneas base y en sus indicadores de resultado, impacto y proceso; que diseñe indicadores para medir la transformación digital y nuevas formas de medir los vínculos entre tecnología y sociedad. En particular, se deben crear y fortalecer los procedimientos e indicadores para definir cómo el Estado chileno se relaciona con la ciudadanía y viceversa.

Para avanzar en el desarrollo sostenible e inclusivo del país, así como en productividad, se requiere una institucionalidad sólida para el uso intensivo de datos, que defina la política a este respecto y que identifique estándares de recolección, manejo y uso de datos.

Por último, pero no menos importante, si queremos ser un país a la altura de los desafíos del siglo XXI se requiere innovaciones en los tres ámbitos societales –público, privado y civil– y sobre todo en sus interrelaciones. Para que esto suceda se necesita de distintos procesos que puedan

conversar entre ellos (interoperar), donde se puedan compartir los aprendizajes, e incluso el sector privado pueda aportar generando valor público con datos (filantropía de datos).

En síntesis, la modernización no le cabe solo al Estado, sino también a las empresas y a las organizaciones civiles, de forma que juntos y de manera colaborativa se aborde este desafío consistente en acoger los aportes de las CTCI para insertarse de una mejor manera en esta revolución tecnológica en pos de un mayor desarrollo para el país.

v. Marco ético - regulatorio

Desde el punto de vista ético es necesario reflexionar sobre la relación entre seres humanos y máquinas, velando por la integridad de las personas frente al cambio tecnológico. En resumen, se requiere compatibilizar lo ético con el avance de la tecnología.

Desde un punto de vista técnico, debido a que los sistemas automatizados de apoyo a la toma de decisiones se construyen sobre información histórica, los algoritmos pueden reflejar los sesgos de los datos que los alimentan. En ese sentido, establecer regulaciones que velen por la transparencia de los algoritmos, especialmente en aquellos utilizados por el Estado, para que sea posible rendir cuentas frente a la ciudadanía sobre las decisiones que toman los algoritmos. Asimismo, es necesaria una reflexión sobre el resguardo y los límites de la privacidad y continuar trabajando en la seguridad y protección de la información y datos personales sensibles.

Además hay que considerar las posibles inequidades producidas por los avances de la revolución tecnológica, ya sea por la diferenciación en posibilidades de acceso, como en las capacidades y habilidades necesarias para aprovechar sus ventajas. En ese sentido se recomienda abordar, desde el regulador, los procesos de innovación de manera tan anticipada como sea posible, por ejemplo, el caso Uber/taxistas tradicionales.

Pero también es crucial no caer en la sobre regulación, como el caso de lo ocurrido con la TV Digital. En lugar de ello, se recomienda acordar códigos éticos impulsando reflexiones sobre los diversos niveles de impacto de la revolución tecnológica, que permitan acompañar la exploración y desarrollo de normativas altamente flexibles con foco ético y sus consecuentes aplicaciones en escenarios en permanente cambio como lo que se sucede con la *Gig Economy*, concepto que alude a los trabajos esporádicos que tienen una duración corta y donde el contratado se encarga de una labor específica dentro de un proyecto.

La normativa tiene que ser acorde a dichos escenarios, permitiendo tanto la recepción de la revolución tecnológica, como su participación en ella, en especial en consideración de asuntos tales como la protección de datos personales y la ciberseguridad. Asimismo, es fundamental que las normativas de nuestro país en estas materias conversen con las regulaciones internacionales y con los desafíos globales.

Áreas de oportunidad

Existen oportunidades y brechas que pueden ser abordadas a través de distintas iniciativas de I+D+i para la Revolución Tecnológica. Estas se han identificado en la medida que correspondan a una necesidad existente y relevante de abordar; requieran de una intervención del sector público vinculado a la CTCI para ser abordadas; y generen valor desde la innovación para Chile y desde Chile hacia el mundo.

Dado que la revolución tecnológica es un desafío que está afectando de forma muy significativa a todos los países del mundo, las oportunidades identificadas no responden exclusivamente a singularidades propias de Chile. Se trata de preocupaciones que podemos encontrar en múltiples lugares del globo, pero que tienen un foco de relevancia para el país.

Cabe señalar que el presente documento parte por identificar estas oportunidades y brechas iniciales, las cuales pueden orientar políticas públicas. Para la definición de estas políticas se requerirá de un trabajo posterior de diseño de alcances y límites; definición de actores participantes, articulaciones requeridas y responsables de implementar la agenda de política pública; y definición de prioridades, teniendo en consideración los límites presupuestarios del Estado.

Chile como polo de ciencias, tecnologías, conocimiento e innovación en datos

¿En qué consiste la oportunidad?

Convertir a Chile en un polo de avanzada en I+D en materias de ciencias de datos.

Uno de los aspectos más relevantes que caracteriza a la Cuarta Revolución Industrial es que hoy se hace posible el desarrollo de nuevos sistemas, servicios y productos, gracias a los avances generados por la revolución digital anterior y a la gran cantidad de datos que hoy están disponibles. Esos datos se generan desde el Estado, desde sensores cada vez más presentes en las ciudades, desde los sistemas de información de las empresas, desde la información que producimos interactuando a través de las redes sociales y al usar dispositivos móviles inteligentes, entre varias otras fuentes.

Chile tiene aquí una oportunidad única, no solo para que seamos expertos en análisis de datos, si no porque además podemos generar datos que -por su volumen y naturaleza- son de interés mundial, por ejemplo, en astronomía y en fenómenos meteorológicos, sismológicos y volcánicos. Ello, incluso tiene una elevada potencialidad de abrir posibilidades de colaboración y financiamiento público-privado, tanto nacional como internacional.

En el caso de las iniciativas impulsadas por el gobierno chileno en astrodata, su intención ha sido que este sector funcione como un catalizador de la industria de datos local, considerando que el avance que se pueda alcanzar con los datos astronómicos tendrá un impacto transversal a todo el resto de las industrias y será un promotor del cambio de nuestra matriz productiva. De hecho, se proyecta que hacia 2023 la industria astronómica chilena produzca 20 petabytes de datos anuales (o 20.000 terabytes). Es decir, que este sector producirá un volumen de datos equivalentes

a todos los datos de texto, música, video, fotos e interacciones que los más de 1.000 millones de personas del mundo que usan Facebook generan en un mes. Así, el acceso inmediato a los *pipelines* de información más importantes de la astronomía mundial crea una oportunidad única de proveer a la comunidad internacional de infraestructura para la transmisión, almacenamiento y gestión de los datos astronómicos. A partir de ello, se espera que se generen efectos positivos asociados hacia el resto de la economía producto de la mayor captación y formación de capital humano avanzado especializado en datos, además de acercarnos a la comunidad académica internacional, la industria de TICs y observatorios del resto del mundo.

Materializar el impulso de Chile como polo de ciencias, tecnologías, conocimiento e innovación en datos, significa por ello atender la creciente demanda de una nueva generación de profesionales expertos en datos, análisis, aprendizaje de máquinas e inteligencia artificial. Ello evidencia nuevos requerimientos tanto para los sistemas de educación como para los planes de desarrollo continuo de los trabajadores. No se trata solo de formar científicos de datos, sino que se necesitan especialistas en la gobernanza y ciclo de vida de los datos, profesionales en seguridad y privacidad de los datos, y expertos en el desarrollo de productos y servicios basados en datos.

La democratización de los datos tiene el potencial de afectar a todos los ámbitos, a todas las carreras y áreas del conocimiento. Por ello, para ser actores activos de la revolución tecnológica, se evidencia como necesaria la alfabetización transversal sobre la relevancia de los datos.

¿Por qué es una oportunidad para Chile?

En Chile existen condiciones naturales singulares que nos permiten ser un laboratorio de experimentación y desarrollo para el mundo, en asuntos tales como datos astronómicos; conocimientos en prevención, predicción y resiliencia frente a desastres y cambio climático; y alertas de prevención para niños en situación de vulnerabilidad, entre otros. Estos “Laboratorios Naturales” pueden ser un primer escalón para atraer investigación de primer nivel que requiera de análisis de datos (como la astronomía), que a su vez pueda generar el conocimiento, los especialistas y la infraestructura necesaria para potenciar las capacidades del país en ciencia de datos, lo que finalmente repercutirá en la economía completa.

¿Qué se busca?

Generar valor para Chile y desde Chile para el mundo, y para diversos sectores económicos-productivos, abriendo múltiples posibilidades en el contexto de la revolución tecnológica, dado que es uno de los recursos fundacionales para el resto de las tecnologías y procesos de la cuarta revolución industrial: inteligencia artificial, robótica, *agile/scrum*, etc.

¿Cómo se desarrolla la oportunidad?

a) Generando una política nacional de datos que asegure estándares para la recolección, manejo y uso de datos, para que el Estado pueda tomar decisiones basadas en evidencia y puedan generarse emprendimientos tecnológicos basados en datos públicos y privados.

Dichos emprendimientos podrían generar desarrollos de soluciones a problemas locales, con iniciativas tales como alertas tempranas para la protección de niños en situación de vulnerabilidad; sistemas de prevención de desastres de origen natural; sistemas de fiscalización de irregularidades de las normativas del trabajo, entre otros. Dichos avances habilitarían la generación de nuevos emprendimientos tecnológicos, para generar una industria de uso de datos que permita resolver problemas locales, generando fórmulas de aplicabilidad internacional.

- b) Incluyendo los datos referentes a las telecomunicaciones en la Política de Datos.
- c) Fortaleciendo la formación y atracción de capital humano avanzado proveniente de redes nacionales e internacionales y considerar la formación específica creando un pregrado en ciencias de datos.
- d) Creando nuevos centros de excelencia en I+D centrados en ciencias de datos con más investigadores, más plazo y más recursos.

Estado Digital

¿En qué consiste la oportunidad?

Fortalecer iniciativas del Estado Digital.

La última década Chile ha hecho esfuerzos significativos por avanzar en la modernización del Estado tanto para tener un mejor funcionamiento de las instituciones públicas como para fortalecer la manera en que se relaciona con los ciudadanos. Sin embargo, aún hay mucho por hacer. Actualmente -a través de iniciativas principalmente lideradas por la División de Gobierno Digital del Ministerio Secretaría General de la Presidencia- se están desarrollando diversos planes y programas de transformación digital que buscan fortalecer iniciativas relacionadas con la identidad digital, para que las personas puedan interactuar digitalmente en forma segura con instituciones públicas y privadas; gestión documental digital, para la eliminación de trámites innecesarios y digitalización de los que sí sean requeridos, así como para la digitalización de los procesos de gestión dentro del Estado; y la promoción del uso intensivo de datos para ahorrar tiempo, recursos, mejorar procesos y productividad. Para avanzar dichos impulsos requieren no sólo de tecnología, sino que también de componentes de formación de profesionales públicos, así como de planes de gestión del cambio.

¿Por qué es una oportunidad para Chile?

Chile ha ocupado puestos de liderazgo en asuntos de digitalización del Estado y actualmente cuenta con uno de los más altos índices de penetración de Internet de la región. Potenciar los esfuerzos relacionados con el Estado Digital, puede significar grandes posibilidades para reducir los costos de gestión del Estado, entregar mejores servicios a los ciudadanos, tomar mejores decisiones, y propiciar mayores niveles de involucramiento ciudadano.

¿Qué se busca?

Contar con una estrategia intergubernamental de datos habilitadora de la transformación digital, que posibilite avances sustantivos en la recolección, manejo y uso de datos para asuntos relacionados con la identidad digital, la digitalización de trámites de los ciudadanos y procesos administrativos del Estado, así como para impulsar la toma de decisiones basadas en datos (*Data Driven Government*).

¿Cómo se desarrolla la oportunidad?

- a) Impulsando una gran base interoperable de datos del Estado.
- b) Creando un programa de formación de capacidades y gestión del cambio para el sector público.

Revolución Tecnológica inclusiva

¿En qué consiste la oportunidad?

Velar por la equidad de participación entre géneros e inclusión de grupos minoritarios (como pueblos originarios, personas con capacidades diferentes, adultos mayores y personas viviendo en territorios aislados) en los avances de la revolución tecnológica, especialmente en contextos locales y comunitarios.

Uno de los efectos no deseados que traerá consigo la revolución tecnológica es la probable ampliación de la brecha entre hombres y mujeres en el trabajo, tanto en salarios como en estatus, a menos que se tomen medidas para abordar la desigualdad en sectores de alto impacto, según evidencia el reporte 2018 sobre el futuro del empleo del Foro Económico Mundial. Pero no solo se debe propiciar una mayor participación de las mujeres, sino que también abordar las barreras específicas que impiden la participación de adultos mayores, personas con capacidades diferentes, personas en territorios aislados, entre otros grupos humanos que aparecen en situación de desventaja en los ámbitos de mayor impacto de la Cuarta Revolución Industrial.

¿Por qué es una oportunidad para Chile?

Siendo Chile uno de los países con altos índices de desigualdad en asuntos económicos y sociales (por ejemplo posee un índice de Gini de 47.7⁹), el desarrollo de iniciativas inclusivas basadas en nuevas tecnologías abre una oportunidad única de avanzar en mayores niveles de equidad en nuestra economía y sociedad.

¿Qué se busca?

Propiciar investigación científica e iniciativas tecnológicas con las que CTCL puedan promover la igualdad de género y la inclusión en la formación, el empleo y en el aprovechamiento de las CTCL, especialmente en contextos locales y comunitarios.

¿Cómo se desarrolla la oportunidad?

- a) Creando modelos participativos de transformación digital para la gobernanza de asuntos locales y comunitarios.
- b) Articulando y desarrollando oportunidades desde las nuevas tecnologías que permitan que las mujeres y otros grupos humanos con baja participación tecnológica se empoderen y desarrollen mayor autonomía.
- c) Diseñando posibilidades desde las nuevas tecnologías para crear oportunidades laborales y de desarrollo (capital social y capital humano) para las mujeres y otros grupos humanos con baja participación tecnológica.

⁹ Fuente: Banco Mundial, datos 2015

Ecosistema de emprendimiento tecnológico e innovación

¿En qué consiste la oportunidad?

Fortalecer el ecosistema de innovación tecnológica para potenciar el escalamiento de proyectos y startups y así convertir a Chile en un polo a nivel local y global, para productos y servicios ligados a la CTCI y a las industrias creativas.

Chile ha ido fortaleciendo su ecosistema de emprendimiento e innovación sostenidamente en los últimos años. De particular interés resultan las políticas públicas orientadas al financiamiento temprano de emprendimientos tecnológicos globales (programa Start-up Chile) y, antes que eso, aquellas políticas que impulsaron la formación de decenas de incubadoras de empresas. En 2012, Santiago ya era destacado como un polo de emprendimiento por el sitio *TechCrunch*, uno de los sitios web más influyentes en emprendimiento digital, junto con otros renombrados polos como Bangalore o París. Más recientemente, lo mismo evidencia *The Global Entrepreneurship and Development Index 2018*, donde se posiciona a Chile como el mejor entorno para emprender, dentro del concierto latinoamericano. Sin embargo, poseemos un rezago importante aún respecto a geografías líderes como Silicon Valley, Londres o Tel Aviv. Pese a que se han desarrollado varios fondos de etapas tempranas recientemente, requerimos tener más fondos en las etapas de escalamiento, como aceleradoras corporativas, *Venture Capital* corporativo, financiamiento especializado para emprendimiento desde bancos o *private equity*.

Además, para muchas empresas y emprendimientos de base tecnológica o con potencial de crecer gracias a la tecnología, actualmente existe falta de acceso a elementos de conectividad; escasez de vínculos entre los diversos actores del ecosistema; y limitados recursos para el escalamiento de iniciativas de base tecnológica. Dada la gran inversión o capacidades de articulación que algunos de estos asuntos requieren, el Estado es fundamental para promoverlos de forma sistemática, generando y reforzando las condiciones habilitantes de conectividad, instrumentos de fomento a la asociatividad y escalamiento para proyectos y empresas de innovación tecnológica, especialmente de aquellas con potencial de exportación de servicios basados en tecnología, conocimiento (CTCI) e industrias creativas.

Por otra parte, existe consenso en las dificultades importantes a las que se enfrentan los emprendimientos en las etapas intermedias de escalamiento del negocio (esto es, inmediatamente después de las etapas tempranas, donde, de nuevo, existe consenso sobre los buenos niveles de apoyo entregados por el Estado y el ecosistema en general). Entre otros aspectos, esta dificultad se da debido a la incertidumbre y los riesgos inherentes del emprendimiento, además del componente de inapropiabilidad que gran parte de estos emprendimientos innovadores tienen. El Estado entonces debe jugar un rol importante en resolver las fallas de mercado que están detrás del alto costo de financiamiento, promoviendo el crecimiento de este tipo de empresas.

¿Por qué es una oportunidad para Chile?

Se trata de una oportunidad para cerrar las brechas existentes en Chile para coordinar a diversos actores y escalar proyectos de base tecnológica.

¿Qué se busca?

Posicionar a Chile dentro de los ecosistemas de innovación tecnológica líderes a nivel mundial.

¿Cómo se desarrolla la oportunidad?

- a) Reforzar la conectividad necesaria para avanzar en redes público privadas, en la creación de iniciativas asociativas y en apoyar el fortalecimiento de la digitalización y conectividad de todos los sectores de la sociedad.
- b) Fortalecer las capacidades ecosistémicas regionales.
- c) Impulsar iniciativas de innovación abierta, como ya se está intencionando en minería, energía, salmonicultura y astro-data, entre otras.
- d) Incorporar de forma transversal y robusta la recolección, manejo y uso del *big data* en lo productivo y en la toma de decisiones en general, tanto en los ámbitos del sector público, como del sector privado.
- e) Generar incentivos para que los investigadores desarrollen trabajos asociados con la industria, propiciando que no sólo sean evaluados por sus publicaciones, sino que también por aportes a problemas país o problemas productivos.
- f) Incrementar los fondos en etapas semilla, tanto a nivel central como regional.
- g) Aumentar y ampliar los espacios de trabajo compartido (*coworking*).
- h) Fortalecer el capital social vinculado al ODS 16.

Capital humano para el siglo XXI

¿En qué consiste la oportunidad?

Esta oportunidad se refiere a la mitigación de las consecuencias negativas del cambio tecnológico, acompañada de nuevas formas de capacitación y de la inserción del capital humano necesario para nuevo desarrollo tecnológico y operación de nuevas tecnologías.

La introducción de nuevas tecnologías productivas y comerciales tendrá efectos importantes en el mercado del trabajo. Si bien existen buenas razones¹⁰ para ser escépticos en relación a las magnitudes de los reportes más alarmistas sobre la vulnerabilidad de los trabajos chilenos a la automatización¹¹, sí es importante considerar que los trabajadores en empleos más susceptibles a ser completamente automatizados¹² son aquellos con mayores restricciones de liquidez –por lo que no pueden invertir en su propio capital humano– y menores accesos al aprendizaje de habilidades.

Esos trabajadores además reciben poca o nula capacitación en el trabajo, ya que no es habitual encontrar empleadores que inviertan en las habilidades de personas que podrían ser innecesarios

¹⁰ Autor (2015) - Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation

¹¹ Por ejemplo, Nedelkoska, L. and G. Quintini en “Automation, skills use and training” (2018) estiman que hasta un 55% de nuestros empleos son automatizables.

¹² Fundamentalmente, empleos rutinarios que requieren poca interacción humana y que pueden ser codificados en un programa (temporeros, operarios de línea de producción, asistentes técnicos, secretarios, etc.)

en el corto plazo, por lo que es difícil reasignarlos a nuevas tareas incluso dentro de sus actuales empleos. En este contexto, los programas de capacitación del Estado son y serán fundamentales para entregar nuevas habilidades laborales a ese grupo de trabajadores vulnerables, que no pueden financiar sus propios estudios y que tampoco es rentable hacerlo para el sector privado.

Por otro lado, la revolución tecnológica está creando nuevos empleos y tareas asociados a las tecnologías de la información más rápido de lo que el sistema educativo y de capacitación laboral es capaz de abastecer. Estos empleos requerirán de especialistas de todos los niveles, desde capital humano avanzado -ingenieros de sistemas, informáticos, programadores, científicos de datos, etc.-, hasta técnicos menos especializados que puedan gestionar plataformas digitales (redes sociales, marketplace, sitios web), generar contenido, completar tareas de programación básicas y operar los sistemas de información de las empresas¹³.

Finalmente, la misma tecnología está cambiando el panorama de oportunidades laborales y de capacitación que enfrentan los trabajadores, en múltiples niveles. Por ejemplo, la alta velocidad y el acceso casi universal a Internet móvil hoy hace posible trabajar en una empresa ubicada fuera del país, capacitarse con programas de formación impartidos por universidades extranjeras, participar de la *gig economy* (Uber, Fiverr, Glovo, Rappi, etc.) o desempeñarse en trabajos que hace 10 años (o menos) no existían (Community Manager, Data Scientist, Scrum Master, etc.).

¿Por qué es una oportunidad para Chile?

El capital humano es fundamental para la transformación digital de la economía, la absorción de nuevas tecnologías y la productividad en general. Por otro lado, las diferencias en la distribución de capital humano entre sectores socioeconómicos son un factor importante de desigualdad en Chile.

¿Qué se busca?

Crear una estrategia integral que aborde estos tres aspectos relacionados con capital humano: reconvertir laboralmente a los trabajadores que serán desplazados por la automatización; validar y promover nuevos canales de formación profesional (específicamente e-learning), e incrementar el número de profesionales capacitados para desempeñarse en profesiones asociadas a la Cuarta Revolución Industrial, por la vía de la migración y por la de formación local.

¿Cómo se desarrolla la oportunidad?

- a) Otorgando legitimidad al e-learning a través del reconocimiento y certificación de títulos desde el Estado.
- b) Focalizando programas de capacitación o reconversión laboral en los segmentos de los trabajadores más vulnerables a la automatización.
- c) Creando una política de incentivos para atracción de talentos desde el extranjero.
- d) Introduciendo cambios en las mallas curriculares de escuelas, centros de formación técnicas y universidades para formar profesionales con las competencias necesarias.

¹³ Facturar, llevar inventarios, alimentar el software de gestión de clientes, descargar datos y hacer análisis básicos, etc.

REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Cómo la ciencia, tecnología, conocimiento e innovación pueden contribuir al desafío país

Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo / División de Innovación del Ministerio de Economía

