

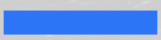


CONSEJO NACIONAL
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,
CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN
PARA EL DESARROLLO

ENERO, 2025

Transición Digital

Implicancias de Futuro para Chile



Mauricio Marín



DOCUMENTO TÉCNICO

DOCUMENTO TÉCNICO

Transición digital. Implicancias de Futuro para Chile

AUTOR

Mauricio Marín

Profesor titular del Departamento de Ingeniería Informática de la Universidad de Santiago de Chile. Anteriormente fue académico de la Universidad de Magallanes, Chile, periodo en que fue investigador principal del Centro de Investigación de la Web financiado por el programa de Núcleos Milenio. Luego fue director e investigador de Yahoo! Labs Latinoamérica, laboratorio de I+D ubicado en la Universidad de Chile y financiado por Yahoo! Inc. Actualmente es director del Centro de Innovación en Tecnologías de la Información para Aplicaciones Sociales (CITIAPS) de la Universidad de Santiago, y es investigador titular en el Centro de Biotecnología y Bioingeniería (CeBiB) financiado por el programa de Centros Basales de ANID.

CONTRAPARTE TÉCNICA

Katherine Villarroel

Isidora González

Los Documentos de Trabajo de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, buscan abrir temas de discusión que permitan avanzar en el diseño consensuado de estrategias de largo plazo en estas materias, para el desarrollo de nuestro país. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – NoComercial– Compartir Igual 4.0 Internacional.

A continuación, se presenta el análisis de implicancias para Chile para el fenómeno de cambio global asociado a la transición digital, considerando las especificidades de nuestro país en el contexto latinoamericano y global. Este documento se complementa con un informe similar para cada uno de los seis fenómenos de transformación global identificados por el Consejo CTCI en la edición 2024 del Reporte de Futuros, que fueron: Transición Digital; Seguridad Alimentaria y Salud Integral; Sustentabilidad Planetaria; Democracia y Gobernanza Global; Fragmentación Geopolítica y Económica; Desigualdad Social y Contrato Intergeneracional. Estos análisis desarrollados por expertos que realizan investigación vinculada a cada uno de estos fenómenos son un insumo esencial para el proceso de actualización de la Estrategia Nacional de CTCI para el Desarrollo, en la que se identifican posibles espacios de contribución de la CTCI nacional a las oportunidades y desafíos del país en el contexto global.

Cómo citar este documento:

Marín, M. (2025). *Transición digital. Implicancias de Futuro para Chile*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo (Consejo CTCI). Santiago, Chile.

Índice

Resumen Ejecutivo	2
Introducción	3
Análisis de Implicancias para Chile	10
Conclusiones	29
Anexo Metodológico	31
Referencias	32

Resumen Ejecutivo

Este documento presenta un análisis encargado por el Consejo Nacional CTCI sobre implicancias para Chile de las tendencias internacionales en la transición digital, en el contexto latinoamericano, que forma parte de una serie de informes similares para cada uno de los seis fenómenos de transformación global identificados por el Consejo CTCI en la edición 2024 del **Reporte de Futuros**, y son: **Transición Digital; Seguridad Alimentaria y Salud Integral; Sustentabilidad Planetaria; Democracia y Gobernanza Global; Fragmentación Geopolítica y Económica; Desigualdad Social y Contrato Intergeneracional.**

El documento comienza por explicitar que la transición digital se refiere a los esfuerzos de las sociedades por guiar los procesos de cambio tecnológico y sociales derivados de la revolución digital hacia entornos altamente digitalizados, donde todas las personas puedan beneficiarse de las oportunidades que ofrecen las tecnologías digitales, promoviendo la equidad, la inclusión y el desarrollo sostenible en todos los ámbitos de la vida.

Luego de describir algunas formas relevantes que adquieren las tecnologías digitales para intervenir en el bienestar de las personas, se identifican oportunidades para reducir brechas, resolver vulnerabilidades y fortalecer las capacidades habilitantes del país. Para enriquecer el análisis, se incluye la visión de personas expertas en áreas clave para el desarrollo nacional.

Se plantea que la aceleración del cambio tecnológico impulsado por tecnologías disruptivas recientes, como la inteligencia artificial generativa y las aplicaciones del aprendizaje profundo, está contribuyendo a incrementar las desigualdades en el acceso a los beneficios de las tecnologías digitales. Para mitigar estos riesgos, se considera necesario fortalecer el ecosistema de CTCI digital con un enfoque que contemple la naturaleza intrínseca del área.

Las principales implicancias que se derivan de este análisis se relacionan con el convencimiento de que, para impulsar una transición hacia una sociedad digital justa, es necesario nivelar los activos digitales nacionales y acelerar un desarrollo digital equilibrado en innovación social, pública y privada. Se debe avanzar en esas tres dimensiones sobre una base amplia y diversa en investigación aplicada, a través de la reflexión, desarrollo y adaptación de tecnologías digitales pertinentes para la cultura del país, promoviendo la adopción y uso en una sociedad que comprenda los dominios de aplicación y el impacto de esta clase de herramientas en el bienestar de las personas.

Introducción

Chile ha avanzado de manera continuada en la implementación de políticas dirigidas a maximizar los beneficios de la revolución digital, buscando también reducir los riesgos asociados con la adopción de las nuevas tecnologías digitales por parte de la población. A lo largo de los sucesivos gobiernos, se han desarrollado instrumentos de política pública que abarcan desde el fomento de la investigación asociativa de frontera y sus aplicaciones, hasta la conexión entre la oferta nacional de las capacidades en investigación y desarrollo, y la demanda por parte de los sectores productivos, el Estado y la sociedad civil. Estos esfuerzos incluyen áreas esenciales para el desarrollo del país tales como educación, industria, sociedad, cultura o salud, además de programas enfocados en reducir las brechas digitales de la población de mayor vulnerabilidad socioeconómica. Asimismo, el sistema de aseguramiento de la calidad en investigación, posgrado y pregrado mantiene altos estándares, fomentando la colaboración nacional e internacional.

Sin embargo, la desigualdad de acceso a los beneficios de la digitalización y su impacto en la modernización de los productos, procesos y servicios, en el ámbito privado, público y social, aún se mantiene muy por debajo de los países desarrollados. Esto se evidencia en indicadores como la conectividad (calidad y cobertura), la pertinencia y accesibilidad de los servicios digitales del Estado, o la alfabetización digital en la educación y la fuerza laboral. También, se evidencia en la reducida adopción efectiva de tecnologías digitales de avanzada en áreas como educación y salud, así como en el ámbito productivo, abarcando desde las grandes empresas a las microempresas y las organizaciones sociales.

La *revolución digital* es el proceso global de cambio tecnológico que ha venido interviniendo progresivamente en todos los ámbitos de la sociedad desde mediados del siglo pasado. Se acostumbra a utilizar el término *digitalización* en un sentido amplio para referirse a los procesos de adopción y aplicación de tecnologías digitales en la modernización de procesos, productos y servicios, sean estos públicos, privados o sociales, y el desarrollo de la sociedad en general. En este contexto, la *transformación digital* es una estrategia que se refleja en los esfuerzos de las organizaciones de todo tipo y los gobiernos para aprovechar los beneficios de este cambio tecnológico, en el que se suelen priorizar objetivos específicos como la competitividad, la eficiencia y la innovación en ciertos sectores, sin que necesariamente se tenga como meta directa el bienestar de las personas, lográndose este de manera indirecta.

La *transición digital* es el proceso específico, de acuerdo con cada realidad, mediante el cual las sociedades van gradualmente evolucionando hacia la digitalización, asegurando que el proceso de cambio sea inclusivo y sostenible. Un proceso inclusivo garantiza la participación igualitaria de las personas, eliminando barreras para la igualdad de oportunidades. Un proceso sostenible busca equilibrar el desarrollo económico, la protección ambiental y el bienestar social, sin comprometer los recursos de las futuras generaciones. La *transición digital justa*¹ intenta que el proceso considere al menos la equidad social. La transformación digital ha estado ocurriendo en Chile durante más de dos décadas, mientras que los procesos de transición digital son relativamente recientes en los países desarrollados.

Por lo tanto, en términos de políticas públicas, el diseño e implementación de una estrategia de transición digital es más exigente que en la transformación digital, ya que implica abordar problemas más amplios y estructurales de la sociedad en su conjunto. En particular, los principios que sustentan la transición digital son más difíciles de alcanzar en los países con menor grado de desarrollo en digitalización, ya que requieren intervenciones en áreas normalmente más rezagadas como la innovación social y la alfabetización digital tanto en la educación como en la población general. Las tecnologías digitales disruptivas, como las distintas formas de la inteligencia artificial, suelen venir acompañadas de términos y conceptos que se ponen de moda y que en realidad pocas personas llegan a comprender en profundidad, pero que generan grandes expectativas y temores en la sociedad. Esto plantea el desafío de diseñar y promover los incentivos adecuados, así como comunicar de manera efectiva los beneficios específicos que estas tecnologías pueden ofrecer a cada sector.

Desde la perspectiva de la reducción de riesgos en el avance de la transición digital, es indudable que el reciente auge de la inteligencia artificial plantea diversas amenazas, pero también ofrece enormes oportunidades para el crecimiento y desarrollo del país. Todos coinciden en que el futuro es incierto. Tal vez estas tecnologías digitales continuarán creciendo en nivel de sofisticación, o quizás pasarán a un estado de mejora incremental lenta y pausada que puede durar décadas. Pero es indudable que, con el nivel de desarrollo alcanzado hasta ahora, ya existe suficiente tecnología para generar un impacto positivo en variados sectores de nuestra sociedad. ¿Cómo hacemos entonces para escalar los beneficios asociados a las tecnologías digitales en nuestro país? Debemos comprender las amenazas, vulnerabilidades y capacidades de nuestro ecosistema, analizando nuestro presente, para identificar y acoger las oportunidades del futuro.

¹ Carolina Gainza. El plan del Ministerio de Ciencia para regular la Inteligencia Artificial en Chile. Revista Qué Pasa de La Tercera.

Comprender para gestionar

Los reportes internacionales analizados en el Reporte de Futuros del Consejo CTCI², destacan, sobre la transición digital de las sociedades, la importancia de las tecnologías digitales de base, las cuales dan sustento al despliegue de otras tecnologías disruptivas, como la inteligencia artificial, que tienen el poder de provocar transformaciones significativas en el desarrollo económico y social de los países. La naturaleza altamente transversal de la digitalización, desde su gran potencial para la mejora y optimización de procesos, productos y servicios, da lugar incluso a objetivos de desarrollo estratégico en los países más avanzados tal como la visión de que la transición digital y la transición verde (medio ambiente) sean consideradas como transiciones gemelas, puesto que en combinación permiten crear nuevas oportunidades para la innovación, la generación de empleos verdes y digitales, y alcanzar un liderazgo global en sostenibilidad. En estas sociedades, es evidente que la coocurrencia y la generación de tecnologías digitales de avanzada, es posible gracias a la existencia de un ecosistema que es maduro, amplio, diverso y estable, lo cual implica contar con variados actores, infraestructura adecuada, marcos regulatorios, y mecanismos de adaptación al cambio y reducción de riesgos.

Las tecnologías digitales son intangibles, basadas en software y datos, pero requieren de infraestructura física para funcionar en los llamados centros de datos, los cuales son un actor relevante en el consumo mundial de energía eléctrica. La inteligencia artificial está incrementando significativamente el consumo de energía. Se anticipa que, en el futuro, el planeta tendrá un entramado denso de complejas infraestructuras compuestas por centros de datos con sus respectivos enlaces de comunicación, ubicados estratégicamente tanto en tierra como en el mar. Se sabe que Chile presenta ventajas respecto de energías verdes y en el futuro crecerá la demanda de cómputo proveniente de las nuevas aplicaciones de software y gestión de datos. Si bien la infraestructura digital impacta el medio ambiente, su principal beneficio radica en su potencial, a través de software y datos, para mejorar las condiciones de otros sectores que producen un impacto significativo en el desarrollo sostenible. Esto presenta la oportunidad de incentivar enfoques como la ingeniería de software sostenible, en la cual su componente verde se preocupa de optimizar la utilización de los recursos computacionales mediante el diseño de algoritmos y modelos más eficientes, además de acciones como la optimización de datos y componentes de arquitectura.

² Gonzalez, I., Villarroel, K., Díaz, S., (2024). Reporte de Futuros - 2024: Cartografías de lo desconocido: Seis fenómenos de transformación global. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo. Santiago, Chile.

El software puede tener impacto en la sostenibilidad puesto que no sólo tiene injerencia en los procesos productivos y en el uso de centro de datos, sino también en el bienestar de las personas. Pero también debemos tener en cuenta que las personas pueden impactar al medio ambiente a través de las múltiples aplicaciones de software que utilizan diariamente, puesto que cada interacción demanda una cierta cantidad de cómputo que consume energía en algún centro de datos. En general, cada aplicación de uso global y masivo puede fácilmente procesar varios cientos de miles de interacciones por segundo en todo momento.

Por lo tanto, no debemos olvidar que el núcleo de la digitalización es el software y los datos. Debemos evitar poner toda la atención en solo una parte de esta ecuación, es decir, en la inteligencia artificial. Un ecosistema capaz de transferir el valor de las tecnologías digitales de manera integral a toda la sociedad requiere de la participación de otras disciplinas de ciencia de la computación y comportamiento humano para producir software pertinente. La diferencia respecto del pasado reciente es que la inteligencia artificial está habilitando la creación de aplicaciones de software que antes eran imposibles de considerar (o incluso imaginar) como factibles, acelerando con esto el cambio tecnológico.

El principal valor de las tecnologías digitales reside en procesar, almacenar, desplegar y transmitir información, con costos mínimos para su rápida propagación global, lo que facilita su adopción masiva. La digitalización seguirá creciendo e inundando nuestras vidas. Aún quedan importantes segmentos de la población mundial que no están en línea. La inteligencia artificial continuará habilitando la creación de nuevas aplicaciones de software, incrustadas en los productos, procesos y servicios de todos los sectores de la economía mundial y de la sociedad global. Un porcentaje muy pequeño de las micro y pequeñas empresas ha ingresado al mundo digital. Pocas empresas medianas y grandes utilizan sistemas sofisticados de software y datos. El espacio para seguir creciendo es inmenso.

Una de las grandes preocupaciones actuales es la reconversión laboral de las personas que realizan empleos de bajo nivel de sofisticación y que están en peligro de ser afectados por las nuevas tecnologías digitales. Esta intervención ha venido ocurriendo desde hace décadas con la incorporación gradual de las tecnologías de la información, desplazando empleos y creando otros, pero lo que preocupa esta vez es la rapidez y amplitud con que la inteligencia artificial está impactando la fuerza laboral. Esta tecnología es capaz de automatizar tareas más complejas que antes y extender su influencia a una gama más amplia de sectores, haciendo también posible que las personas con mayor formación sean más productivas, eliminando por ambas vías

labores de apoyo, lo que genera inquietudes sobre cómo las economías podrán adaptarse de manera oportuna. Asimismo, los países intentan acelerar la integración de conocimientos, habilidades, actitudes y valores en temas digitales en todos los niveles del sistema educativo. Se busca no solo preparar a las futuras generaciones para un mercado laboral muy distinto del actual, sino también dotarlas de las herramientas que les permitan adaptarse de mejor manera a los cambios tecnológicos.

Como sociedad nos preocupan los efectos que la futura inteligencia artificial podría tener en la vida de las personas, tomando incluso el control de la marcha de la humanidad. Parece ser ciencia ficción. En Chile, aunque a un nivel y alcance mucho menor y localizado, este tipo de fenómenos ya han estado ocurriendo con los sistemas informáticos. Por ejemplo, en los servicios digitales públicos muchos sistemas internos ejercen un control bien nítido sobre sus respectivas instituciones: día a día los técnicos se concentran en mantener estos sistemas funcionando, cada uno de ellos conoce sólo una fracción del todo y dedica la mayor parte de su tiempo a tareas operativas para cuidarlo y protegerlo, perpetuando sus defectos. Esto deja muy poco espacio para introducir innovaciones que mejoren la calidad de vida de las personas que requieren utilizar esos servicios. La inteligencia artificial genera un temor mucho más profundo: el "agenciamiento", definido como la capacidad de un sistema para actuar de manera autónoma y tomar decisiones bajo su propio control. Es decir, esta tecnología puede introducir nuevas dimensiones al cambio tecnológico.

Los seres humanos tenemos múltiples sesgos cognitivos relacionados con las tecnologías digitales. Estos sesgos influyen en cómo adoptamos, usamos y percibimos las tecnologías. Por ejemplo, en determinadas situaciones preferimos las tecnologías digitales que ya conocemos, y asumimos que estas resolverán todos los problemas sin considerar o entender sus limitaciones y riesgos. Respecto de inclusión, los sesgos cognitivos en tecnologías digitales tienen el potencial de incrementar la desigualdad de acceso, y esto puede ocurrir cuando las personas que toman decisiones imponen sus propias creencias sobre cómo debe ser el diseño de soluciones destinadas a los sectores más vulnerables de la población. Por ejemplo, en Chile, esto se hizo evidente durante la pandemia cuando rápidamente proliferaron los portales web para microemprendimientos de subsistencia. Los diseños de esos sistemas y las tecnologías sobre los cuales fueron construidos, en varios casos, en realidad promovían el comercio digital injusto, el cual privilegia a unos pocos oferentes por sobre una mayoría que queda alejada de la atención de los potenciales compradores. Estos sistemas explotan la llamada burbuja de la popularidad, lo cual da cuenta del sesgo de las personas a percibir algo como más valioso simplemente porque parece popular dentro de su entorno, incluso si esa percepción no refleja la realidad general. También, durante la pandemia,

sobre la adopción de tecnologías digitales, se pudo observar que muchas personas con menor grado de alfabetización digital se integraron rápidamente cuando sintieron la necesidad vital de hacerlo. Es decir, la digitalización justa nos obliga a comprender de manera mucho más profunda a las personas y sus necesidades.

El sector productivo y la inclusión digital tampoco son incompatibles, incluso si lo único que se persigue es la rentabilidad económica. Por ejemplo, en el comercio B2B, en el área de sistemas de recomendación de acciones sobre clientes, es fundamental cuidar el tipo y cantidad de tareas que les son recomendadas diariamente a la fuerza de venta, intentando buscar un equilibrio entre el crecimiento en ventas, la colaboración de las personas que concretan dichas ventas y la respuesta de los clientes. Pero este mismo tipo de sistema también se puede utilizar para perseguir una mayor rentabilidad social. Ahora las tareas pueden consistir en sugerencias de contenidos alineados con el currículo formal, dirigidos a docentes, para reforzar conceptos de vida saludable y convivencia en las comunidades escolares; o también pueden ser tareas que recomienden acciones sobre pacientes adultos mayores del sistema de atención primaria de salud, diseñadas para reducir el número de hospitalizaciones evitables. Esto da cuenta de otra propiedad importante de las tecnologías digitales: estas tienden a ser genéricas debido a que tienen la capacidad de manifestarse de manera similar en contextos de aplicación muy diferentes, facilitando su rápida propagación a través de diversos sectores de nuestra sociedad.

Por supuesto, en los ejemplos anteriores, la componente de ética y responsabilidad social cruza transversalmente todas las fases del diseño, implementación y operación de los sistemas informáticos. En la práctica, estos sistemas no necesariamente requieren ser implementados con tecnologías de la inteligencia artificial. Al menos no en las primeras etapas. Claro, en el ejemplo sobre los sistemas de recomendación, una vez puestos en marcha, puede existir la tentación de recolectar datos de las acciones que realizan los distintos actores con miras a entrenar modelos de aprendizaje de máquina, los cuales posteriormente den "vida" a agentes de inteligencia artificial con la capacidad de reemplazar las tareas de ejecutivos de venta, docentes o gestores de pacientes. Algo así, por ahora, no se ve factible debido a la complejidad de las dinámicas de las relaciones humanas que se dan entre los actores. Pero con estas tecnologías disruptivas nunca se sabe. Quizás en el futuro, los humanos aprenderemos a generar trazas de datos que mantengan más en un plano de apoyo que de usurpación de roles a los agentes de inteligencia artificial. La transición digital tiene implícita esta característica de gradualidad del cambio tecnológico debido al choque de fuerzas que tienden a oponerse como la desconfianza y la optimización.

Para comprender el crecimiento acelerado de las aplicaciones de software que utilizan inteligencia artificial, es fundamental observar la enorme influencia del software de código abierto, el cual, al estar disponible libremente en la web, actúa como un acelerante para la creación ágil de nuevos sistemas informáticos y aplicaciones de software. La industria del software libre ha estado creciendo desde hace varias décadas y las comunidades de desarrolladores que los mantienen, actualizan y extienden, han ido incorporando todo tipo de algoritmos de inteligencia artificial. Una de las grandes ventajas de estos algoritmos es que pueden actuar como puentes que nos evitan definir y resolver problemas complejos, mediante la utilización de datos provenientes del proceso real para entrenar modelos que, si bien no resuelven el problema específico, hacen posible la creación de tecnología digital que es capaz de entregar servicios de utilidad para las personas.

Cada día, millones de personas, con diversos niveles de formación en áreas de ciencia de la computación, ciencias de la ingeniería y exactas, emplean software libre para crear nuevas aplicaciones, muchas basadas en inteligencia artificial. La nube ayuda a ponerlas en marcha en servidores computacionales disponibles a un costo muy bajo o incluso gratis. Al igual que la internet y la web, el crecimiento y la evolución de las nuevas aplicaciones de software sigue un patrón caótico y descentralizado, haciendo imposible alguna forma de gobernanza global, y por consiguiente las aplicaciones surgen y se propagan a lo largo de todos los países del mundo. Además, cada día cientos o miles de empresas y organizaciones, con variados intereses, tamaños y recursos, intentan crear nuevas tecnologías disruptivas de impacto global. La probabilidad de lograrlo es extremadamente baja pero la masividad de los intentos, junto con los esfuerzos por introducir mejoras sustantivas en las tecnologías actuales, nos permite vislumbrar solo un aumento del poder de la influencia digital en nuestras vidas. Estos procesos constituyen los motores principales que impulsan la revolución digital. Las herramientas más efectivas para mitigar los riesgos y maximizar los beneficios suelen ser la educación y la regulación a través de la legislación de cada país.

La diversidad del software libre se manifiesta en la variedad de componentes que pueden ser utilizados para implementar las arquitecturas de las aplicaciones de software, en los lenguajes de programación que conectan estos componentes para gestionar sus servicios, y en el acceso expedito a métodos avanzados de la inteligencia artificial encapsulados en componentes de uso y distribución libre. También existen formas de la inteligencia artificial que facilitan la programación de estas aplicaciones mediante la generación de software, que, dependiendo del caso, incluso puede ser realizada de manera automática para las distintas fases del desarrollo. Control total: quizás en el futuro, la inteligencia artificial alcanzará el poder de generar de manera autónoma

aplicaciones de software completas que serán puestas en funcionamiento sin participación de los humanos.

Análisis de Implicancias para Chile

En cada país resulta una necesidad estratégica contar con talento experto y diverso que comprenda la complejidad de las tecnologías digitales, así como la profundidad de sus efectos en la sociedad. Pero esto no se refiere sólo a especialistas en informática y computación. Como vimos, el software tiene el poder de intervenir directamente en las vidas de las personas y por lo tanto el diseño de sistemas digitales justos requiere de la participación de otras disciplinas, como las que provienen de las ciencias sociales y las humanidades, mediante colaboración interdisciplinar y transdisciplinar.

Para abordar el desafío de la equidad, inclusión y sostenibilidad, es indispensable relevar la importancia de la investigación aplicada en los procesos de innovación pública, privada y social. La experiencia indica que incluso los problemas que se ven como aparentemente muy simples requieren de procesos de investigación y desarrollo para lograr soluciones efectivas que sean adoptadas por las personas. Esto no implica renunciar a los altos estándares en publicaciones ni al reconocimiento internacional. Se puede aprender de las disciplinas cuyo foco principal de estudio es Chile y sus especificidades. En ellas, el proceso de investigación suele desarrollarse de manera inversa a lo que muchas veces ocurre en la informática y computación nacional. Mientras que en estas últimas el objeto de estudio suele ser algo etéreo, abstracto o de propósito tan general o sofisticado que es difícil encontrar un uso práctico para nuestro país, con un enfoque que privilegia la publicación científica, en otras disciplinas la investigación es conducida por el proceso real y las publicaciones son más un subproducto del trabajo en terreno que un fin en sí mismas.

En Chile, las grandes desigualdades de acceso a los beneficios asociados al uso y adopción de tecnologías digitales tienden a permanecer invisibilizadas. No se trata de descuidar el aporte de estas tecnologías en el crecimiento del sector productivo o el desarrollo de la sociedad. Pero hay desafíos que permanecen ocultos debido a que la discusión en temas digitales habitualmente la conduce una élite influenciada por la dinámica mundial de las nuevas tecnologías como la inteligencia artificial y sus aplicaciones, algunas de las cuales son impulsadas por grandes compañías de alcance global, que abarcan desde redes sociales hasta los servicios más afines a los sectores de mayores ingresos económicos como la productividad, el comercio electrónico o el entretenimiento. Es cierto que problemas como la desinformación generada desde las

redes sociales pueden afectar incluso a la democracia de los países y que es imperativo educar a la población para enfrentarlos. Pero también es cierto que ese tipo de aplicaciones de software están lejos de ayudar a resolver las brechas más relevantes de acceso a los beneficios de las tecnologías digitales en las personas de alta vulnerabilidad socioeconómica. Aquí existen variados casos que sirven como ejemplo.

Un caso evidente de dicha pérdida de foco ocurre cuando el Estado falla en atender a la ciudadanía vulnerable imponiendo servicios digitales creados con patrones de diseño tomados desde otras culturas con mayor grado de avance en digitalización. Esto se manifiesta en experiencias de usuario confusas, con trámites mejor adaptados a dispositivos computacionales que no son de amplia disponibilidad en esta población, y en el desgaste debido a exigencias de documentos que deberían estar disponibles en forma automática a través de la interoperabilidad de servicios de bases de datos.

Otro caso que ejemplifica la desigualdad de acceso a los beneficios de la digitalización, también evidente, pero que en la práctica permanece incluso más oculto que el anterior, ocurre cuando se omite comprender o aceptar que Chile es un país de grandes desastres socioeconómicos de origen natural, con tipos de desastres que se han ido intensificando debido al cambio climático. Sabemos que cuando el Estado es sobrepasado por la magnitud y duración de un desastre de gran alcance territorial, se activan decenas o incluso centenas de organizaciones de la sociedad civil y numerosas decenas de miles de voluntarios espontáneos. En tales escenarios, sin olvidar las restricciones legales y propósitos de los organismos técnicos del Estado, las tecnologías digitales también pueden contribuir a facilitar la coordinación, el levantamiento de información de situación, entre muchos otros casos de aplicación, para así proporcionar una mejor asistencia a las personas afectadas. La adecuada digitalización de los procesos de gestión de las organizaciones de la sociedad civil es también otra vulnerabilidad latente originada por la falta de incentivos y recursos. Frente a las magnitudes del impacto en la población, las iniciativas aisladas se diluyen muy pronto, porque se trata de desafíos de gran escala, los cuales deben ser abordados mediante esfuerzos en innovación social mucho más amplios, institucionales y participativos.

El caso sobre los desastres revela también la característica principal de la transición digital: la necesidad de considerar en el diseño la cultura específica de cada país. Sabemos que Chile es una sociedad resiliente que ha aprendido a enfrentar los desastres desde tiempos ancestrales, donde las comunidades de cada territorio han aprendido a autoorganizarse para la respuesta y la recuperación de eventos. Pero una vez devuelta la normalidad, nos olvidamos y los recursos para este tipo de innovación social continúan siendo escasos frente a otras prioridades. Entonces, por ejemplo, frente a esta

vulnerabilidad, el diseño podría considerar la articulación de enfoques de computación voluntaria, en el que personas, organizaciones e instituciones aportan recursos computacionales, habilidades técnicas y tiempo. Incluso, recurriendo a la responsabilidad social empresarial, los centros de datos podrían aportar recursos computacionales para otorgar calidad y confiabilidad a estos servicios. Es decir, la flexibilidad y ubicuidad de las tecnologías digitales facilitan el diseño de soluciones ajustadas a las características de cada sociedad.

En general, para lograr la anhelada equidad, inclusión y sostenibilidad en las tecnologías digitales puestas al servicio de todas las personas, es esencial promover al mismo nivel de importancia a la innovación social respecto de la innovación pública y privada. Esto pasa por nivelar efectivamente el grado de desarrollo de los activos digitales en esos tres ámbitos de acción, por igual, para acoger las oportunidades que brindan las tecnologías digitales en el desarrollo social y económico del país. Sin ese balance, es evidente que crecerá la desigualdad digital con la introducción de tecnologías como la inteligencia artificial debido a que, además de la preparación transversal de la ciudadanía, para que esta tecnología pueda cumplir la promesa de sus beneficios es necesario contar con una base sólida de sistemas informáticos y aplicaciones de software que estén en pleno uso y adopción por parte de la sociedad, en el espectro más amplio que sea posible alcanzar en digitalización, entendiendo esto en un sentido amplio que no solo alude a lo técnico sino también a principios como la responsabilidad social y ambiental. Por lo tanto, como país debemos evitar insistir en buscar superficialmente obtener los beneficios de tecnologías digitales complejas y dinámicas sin comprender ni contar con los elementos de base necesarios para lograrlo.

Como se esbozó antes, la transición hacia una sociedad digitalizada justa requiere que la base tecnológica, orientada a reducir las desigualdades de acceso a los beneficios, sea desarrollada atendiendo a las características del país. Una de las fortalezas de Chile es su amplia disponibilidad de organizaciones de la sociedad civil que complementan las acciones del Estado en favor de las comunidades vulnerables. Estos actores tienen el conocimiento y la experiencia de primera línea con sus beneficiarios. Las tecnologías digitales, fomentadas como bienes públicos de uso gratuito, sin fines de lucro, se pueden ubicar detrás de estos actores como apoyo a la gestión (beneficio indirecto), o posicionarse entre los actores y los beneficiarios para facilitar la comunicación y la colaboración (beneficio directo), o también entre el Estado y los actores para facilitar la gestión y coordinación. La propiedad genérica de las tecnologías digitales puede utilizarse para llevar al mundo social parte relevante de los desarrollos y aprendizajes del mundo empresarial, en áreas como la gestión eficiente de procesos administrativos, la

productividad laboral, la toma de decisiones conducida por información y predicción de escenarios, entre otros que sustentan la gestión moderna.

La precariedad de las condiciones de vida de grandes segmentos de la población es una realidad compartida por todos los países de la región latinoamericana. Estos países comparten problemas en los que se manifiestan brechas digitales similares. En el ámbito de la innovación social, en las áreas en que las empresas no participan debido a que no se dan condiciones de mercado apropiadas, la creación compartida de las mencionadas tecnologías sociales representa una oportunidad de colaboración regional para el desarrollo conjunto.

Tendencias internacionales

Lo que puede ser una desventaja respecto de obstáculos para la adopción de las tecnologías disruptivas, también puede ser visto como una ventaja desde un país menos desarrollado, puesto que permite observar la evolución de los procesos en los países más avanzados para evitar cometer errores e identificar las adaptaciones que sean necesarias. A continuación, se revisan más en detalle las tendencias internacionales con relación a Chile. Es importante tener presente que, por las características de su industria mayoritaria, el interés principal son las tecnologías digitales y la infraestructura computacional sobre la cual las aplicaciones de software y la gestión de datos son puestas en funcionamiento. Es decir, son de interés los casos en que las nuevas tecnologías digitales llegan a la sociedad embebidas en software y datos, ya sea desde desarrollos internos o externos al país.

Los reportes de tendencias internacionales revisados en el último Reporte de Futuros del Consejo CTCI, enfatizan el impacto de la inteligencia artificial de manera transversal a toda la sociedad y su acelerada adopción masiva a escala global. Chile por ser una sociedad abierta no es la excepción. Tal como se describe anteriormente en este documento, los impactos son prácticamente en todos los ámbitos de la sociedad nacional, incluyendo cambios en el empleo. La inteligencia artificial generativa ofrece grandes ventajas para el desempeño profesional. Algo interesante es su capacidad para ayudar en la programación de software haciendo posible que personas con menor grado de formación en informática puedan desempeñarse como desarrolladores de software. El país ha impulsado iniciativas en esta línea de crear nuevas capacidades laborales para el mundo del software. Se estima que Chile posee un déficit de varios miles de profesionales del software.

Por otra parte, la inteligencia artificial aplicada tiene larga data en Chile, es una fortaleza del país, y es utilizada por las empresas de base tecnológica y las grandes empresas. También es ampliamente utilizada por la comunidad académica de las distintas disciplinas de las ciencias de la ingeniería y ciencias exactas principalmente, abarcando desde estudiantes de pregrado hasta grupos de investigación de nivel internacional. No obstante, distinto a los países desarrollados, en la academia relacionada con informática y computación, se observa que a lo largo de las décadas parece repetirse el patrón de ir de tendencia en tendencia, sin lograr cimentar una base sólida que sustente una transición hacia una sociedad digital justa. Esto se refleja en un claro déficit de masa crítica y capacidades en áreas como la ingeniería de software, sistemas distribuidos, interfaces de usuario, entre varias otras del ámbito más técnico, y también en las áreas de intersección con las ciencias sociales y humanidades.

Por lo anterior, los reportes internacionales también mencionan una serie de tecnologías digitales que, en realidad, desde hace al menos una década, en Chile, son ampliamente conocidas en el ámbito profesional de la ingeniería y la academia, como el big-data y la nube. La diferencia es que en los reportes estas son mencionadas como tecnologías de amplia adopción en los distintos sectores de la economía, lo que no ocurre así en Chile. En la práctica, son pocos los casos de aplicación que en el país requieren del big-data. La gran mayoría de las empresas son pequeñas, muchas no tienen o no generan datos, y si los tienen en realidad se trata de small-data, lo cual implica que las metodologías y las tecnologías utilizables para explotar el valor presente en esos datos son distintas. En las empresas mayores existen oportunidades de procesamiento de grandes volúmenes de datos y actualmente existen esfuerzos por explotarlos para mejorar productos y servicios.

Los reportes internacionales mencionan la política de la Unión Europea de relacionar las tecnologías digitales con el medio ambiente. Como vimos antes en este documento, estas impactan a través del software: más cómputo innecesario y exceso de almacenamiento, implican un mayor consumo de energía. Como mencionamos, surge entonces la importancia de la ingeniería de software sostenible, en la cual una de sus preocupaciones es que las implementaciones de las aplicaciones de software y sistemas informáticos eliminen excesos para evitar la captura de capacidad extra e innecesaria en servidores computacionales.

Es práctica habitual construir software a partir de componentes existentes que provienen del mundo del software libre, los cuales facilitan el desarrollo, pero introducen redundancia de código fuente (demandan más cómputo sobre servidores de mayores capacidades) y derivan en un consumo excesivo de almacenamiento. Esto funciona bien

mientras estas aplicaciones no escalen, en usuarios, a órdenes de magnitud de cientos de miles de peticiones por segundo, lo cual sería un caso de éxito para Chile o Latinoamérica. También estos efectos pueden ser relevantes cuando a nivel país existe una cantidad muy grande de aplicaciones relativamente pequeñas. No obstante, este tipo de optimizaciones también pueden ser de mucha utilidad para la innovación digital en las organizaciones de la sociedad civil, puesto que demandan menos recursos computacionales y ofrecen una excelente experiencia de usuario en tiempos de servicio, a costa de una mayor complejidad (pero abordable) en la mejora continua, debido a que se requiere conocer en profundidad los diseños internos, y comprender detalles algorítmicos y estructuras de datos que no están en el ámbito del ejercicio profesional habitual de los desarrolladores de software.

La situación en Chile

En lo siguiente se presenta una profundización del estado actual del país apoyada en la mirada de expertas y expertos entrevistados, cuyas visiones dan cuenta de la complejidad de los desafíos que es necesario abordar para avanzar en la transición digital. Todas son personas de reconocida trayectoria en temas de innovación pública, privada y social basada en investigación aplicada, con un claro interés en el desarrollo económico y social del país. También se incluye mi propia visión como autor sobre algunos temas levantados durante las entrevistas. En general, no hubo desacuerdos, sino que, al contrario, hubo casos en que la conversación contribuyó a verbalizar nuestras percepciones de la realidad.

Sociedad digital

- ***Cambios de paradigmas***

Chile nunca se ha destacado como un gran productor de tecnologías; su modelo productivo ha estado históricamente centrado en actividades extractivistas. En lugar de centrarse únicamente en un desarrollo digital que a menudo se reduce a la generación de más tecnología o a la idea de convertir al país en un gran desarrollador tecnológico, que es muy importante promoverlo, es crucial también entender la transición digital dentro de un marco más amplio que permita avanzar hacia una matriz productiva apoyada en tecnologías digitales como un elemento relevante para el crecimiento económico del país. Asimismo, resulta también crucial considerar cómo esta transformación de la matriz productiva se conecta con un modelo de desarrollo que sea más inclusivo y sostenible, evitando reproducir o incluso perpetuar las desigualdades sociales y ambientales que han caracterizado el crecimiento y desarrollo

latinoamericano, y mucho menos genere nuevas. Es decir, no es sólo una discusión tecnológica. Es necesario reflexionar sobre el tipo de sociedad que aspiramos a construir y los valores que queremos promover en ese proceso, garantizando un progreso equitativo para todas las comunidades.

En Latinoamérica, más allá de centrarnos únicamente en Chile, el empresariado tradicional, el que realmente impulsa la industria y genera gran parte del PIB de los países, ha operado históricamente en una economía caracterizada por la estabilidad. Este modelo ha estado basado en la previsibilidad de los commodities y en ciclos de demanda largos, en el cual el análisis macroeconómico tiene un impacto directo en las decisiones estratégicas. Sin embargo, este enfoque está cambiando de manera radical. Hoy en día, la oferta al mercado debe responder a una demanda mucho más dinámica y cambiante. Esto requiere una oferta de productos y servicios más ágil, personalizada y continuamente innovadora. Tecnologías como la inteligencia artificial juegan un papel clave en esta transformación, permitiendo personalizar soluciones, innovar constantemente y centrarse no en segmentos sino en clientes específicos con necesidades únicas. Este enfoque exige resolver problemas de la manera más óptima posible, dejando atrás las soluciones subóptimas propias de las industrias tradicionales. Para lograr esta transición, es fundamental contar con talento altamente capacitado, idealmente proveniente de universidades. Se necesita conocimiento, investigación aplicada y un enfoque preciso en problemas concretos que ofrezcan soluciones igualmente precisas y con impacto comercial. Esto solo es posible a través de una simbiosis efectiva entre la academia y el sector empresarial. Sin esta colaboración, corremos el riesgo de perpetuar un ciclo tradicional que está llegando a su fin. Sin embargo, esta colaboración enfrenta barreras importantes. En el empresariado tradicional hay una dosis de soberbia, con la idea de que "si me ha ido bien hasta ahora, ¿por qué cambiar?". Por otro lado, desde la universidad, muchas veces se subestiman los problemas del sector privado, viéndolos como simples, cuando en realidad pueden ser muy complejos. Esta desconexión crea una brecha que no beneficia a ninguna de las partes y que limita la capacidad de ambos sectores para avanzar y adaptarse a las exigencias de la economía moderna.

La educación universitaria enfrenta desafíos que exigen una reestructuración profunda. Deben replantear su enfoque educativo, cuestionando si los métodos actuales tienen sentido ante un futuro incierto en el que las profesiones están en constante transformación. Este desafío va más allá de los problemas de incentivos para investigación o de colaboración con el sector privado; implica un cambio estructural en cómo se diseña, entrega y financia la educación. La digitalización, apenas iniciada en muy pocas instituciones, es una prioridad urgente. Esto incluye no solo integrar herramientas

como la inteligencia artificial en los procesos educativos y administrativos, sino también ampliar el alcance de las universidades hacia audiencias globales, como ya lo hacen algunas instituciones líderes. Sin embargo, persiste una falta de visión estratégica, en la cual el modelo educativo tradicional, vigente por siglos, está siendo cuestionado. La demanda por formatos más flexibles, como programas de corta duración y formación en línea, ya es evidente, especialmente en estudios de posgrado. La rigidez institucional amenaza no sólo con perder estudiantes frente a alternativas internacionales, sino también con debilitar sus capacidades académicas si no invierten en infraestructura tecnológica adecuada. En este escenario, la capacidad de adaptación y agilidad se convierten en competencias clave. Sin cambios significativos, las universidades corren el riesgo de profundizar sus problemas económicos y de relevancia.

Es fundamental reflexionar sobre cómo mejorar la transferencia de conocimiento. En este sentido, es esencial que la academia mantenga un equilibrio donde las universidades sigan siendo el espacio en el que el conocimiento se valore por sí mismo. Esto implica reconocer que hay investigaciones de largo plazo que, aunque no tengan una aplicación inmediata y concreta para transformar la vida de las personas, pueden generar avances teóricos significativos que revolucionen la manera en que entendemos y abordamos el mundo, incluso en términos conceptuales. Sin embargo, también es necesario promover con mayor énfasis las aplicaciones prácticas del conocimiento generado. En Chile, históricamente se ha privilegiado la investigación básica, lo cual es positivo ya que esta constituye la base del desarrollo científico. No obstante, debemos evitar los extremos. No podemos descartar la investigación básica bajo la premisa de que no tiene un impacto inmediato, centrándonos exclusivamente en la investigación aplicada. Ambas son complementarias. Por lo tanto, el desafío para las universidades es mantener ambos mundos de manera equilibrada, reconociendo la importancia de la teoría para sustentar la práctica y, al mismo tiempo, fomentando que los avances científicos encuentren caminos hacia aplicaciones concretas que beneficien a la sociedad en el corto, mediano y largo plazo.

- ***Sobre el impacto en el mundo laboral***

Sabemos que es necesario hacer un esfuerzo en alfabetización digital, aunque existen múltiples iniciativas en diferentes dimensiones. Cuando se habla de brecha digital a nivel global, esta se asocia principalmente con la brecha productiva: es decir, con la capacidad de la fuerza laboral para generar valor en entornos digitales, lo cual es un desafío complejo. A nivel mundial, también existe una fuerte tendencia a incorporar habilidades digitales como el pensamiento computacional y programación, en los sistemas escolares. En Latinoamérica, este proceso no se está masificando con la misma rapidez, lo que nos

coloca en una posición de desventaja en términos de preparación para un futuro digitalizado.

Desde la perspectiva de la fuerza laboral actual, es evidente la necesidad de implementar procesos masivos de actualización y reconversión de habilidades. Esto representa un cambio paradigmático, ya que, tradicionalmente, las políticas públicas en formación de los últimos 50 años se han limitado a iniciativas puntuales, sin priorizar el desarrollo de un mecanismo permanente para la reconversión laboral en los países. Aquí surge la necesidad de que la fuerza laboral evolucione hacia procesos continuos de actualización y mejora de habilidades. Esta noción está ganando gran impulso a nivel global. Por ejemplo, la Unión Europea cuenta actualmente con iniciativas de gran escala, mientras que el mundo asiático también está desarrollando programas en esta línea. Regiones como Latinoamérica y África se encuentran más rezagadas en términos de políticas públicas orientadas a este objetivo.

¿Qué pasará con el futuro del trabajo? Si analizamos los datos de la fuerza laboral, en pocos años más, por primera vez, habrá más trabajadores y trabajadoras independientes que dependientes. Este cambio es algo que nunca antes había ocurrido. Las nuevas generaciones muestran poco interés en mantener empleos tradicionales de dependencia a largo plazo. Modalidades como los trabajos part-time o freelance son ahora una realidad cada vez más presente, y es fundamental monitorear este fenómeno de forma continua, ya que está generando transformaciones culturales profundas y significativas. Este cambio no solo afecta las dinámicas laborales, sino que también ha modificado por completo las expectativas de los empleados hacia sus organizaciones. Lo que los trabajadores demandan hoy en día es muy diferente a lo que se consideraba importante hace apenas unos años, marcando un desafío clave para las empresas en esta nueva era laboral.

- ***Sobre ciudadanía digital***

La sociedad chilena no está ausente de la falta de pensamiento crítico en relación con la información disponible en la web y las redes sociales, lo que es un problema creciente. Muchas personas tienden a aceptar como verdad cualquier cosa que encuentren en línea o ha sido generada por herramientas tecnológicas, otorgándoles un "halo de verdad revelada" simplemente porque tienen un soporte tecnológico o refuerza sus propias creencias. Este fenómeno refleja la necesidad de fomentar el juicio crítico, una habilidad que va más allá de la simple aceptación de datos y que debería enseñarse en todos los niveles educativos. El pensamiento crítico no solo implica cuestionar lo que se encuentra en línea, sino también desarrollar la curiosidad y el hábito de investigar, buscar evidencia

y entender el contexto detrás de la información. También incluye la responsabilidad de actuar éticamente, proteger la privacidad, garantizar la seguridad en línea y participar de manera activa en la construcción de un entorno digital inclusivo y respetuoso. Es esencial fomentar una actitud reflexiva y analítica en un mundo saturado de información poco confiable.

- ***Sobre la educación escolar***

La transición hacia comunidades educativas altamente digitalizadas parece ser un sueño lejano. En general, el proceso de adopción de tecnologías digitales en la educación ha sido demasiado lento, y ha sido muy complicado que los docentes aprovechen de manera efectiva el potencial de estas herramientas para mejorar la enseñanza. Esta problemática, presente desde hace décadas, ha sido levantada consistentemente en diversos informes internacionales. Aunque las tecnologías digitales prometían transformar y mejorar los aprendizajes, la realidad ha sido distinta. A pesar de que cada vez hay más evidencia que respalda su efectividad, en la práctica su impacto sigue siendo limitado y, con frecuencia, no se materializa en mejoras sustanciales.

Entonces la pregunta de fondo es: ¿por qué las personas estarían dispuestas o interesadas en adoptar ciertas nuevas tecnologías en la sala de clases? En entrevistas realizadas a docentes sobre el uso del teléfono celular en la sala de clases, que ha sido uno de los debates más recurrentes en el ámbito educativo, emerge una motivación pragmática para su adopción. Muchos docentes explican que utilizan el celular como una herramienta en la clase, pidiéndoles a sus estudiantes que lo usen, no necesariamente porque consideren que sea la mejor tecnología educativa, sino porque reconocen que es una parte integral de sus vidas. Argumentan que, si no lo incorporan, sus estudiantes se desconectan de la clase, ya que la atención sigue dirigida hacia el dispositivo, independientemente de la dinámica educativa. Esto refleja algo interesante: el celular, lejos de ser solo una distracción, puede convertirse en un puente para captar la atención y motivar a los estudiantes.

También es clave reflexionar sobre cómo preparar a los actuales escolares, quienes serán los ciudadanos del futuro, para que posean los conocimientos, valores y comprensiones éticas necesarias para abordar las tecnologías digitales. Una situación grave es la incapacidad de muchos estudiantes para distinguir entre información verdadera y falsa, un problema global que también afecta a Chile, con tecnologías capaces de generar contenidos falsos, como videos y audios manipulados, que explotan la percepción tradicional de los videos como pruebas confiables. Aunque en Chile se están realizando esfuerzos para incorporar estos temas en cambios curriculares, especialmente en

asignaturas como tecnología, el avance es difícil porque estas iniciativas compiten con otras como el pensamiento computacional, que busca enseñar habilidades para resolver problemas de manera estructurada, mientras asignaturas como matemáticas o lectura tienen un lugar prioritario: la ciudadanía digital no ha alcanzado el mismo nivel de relevancia.

Innovación privada y pública

- ***Sobre el posicionamiento de Chile en Latinoamérica***

Chile ha logrado avances significativos en comparación con otros países de la región latinoamericana, consolidándose como un referente en varios aspectos. Su posición destaca especialmente en términos de políticas públicas y ecosistemas de innovación. A pesar de estas fortalezas relativas en la región, Chile sigue estando muy distante de los estándares de Europa y Estados Unidos, debido a su baja inversión en ciencia, tecnología e innovación, que actualmente equivale a aproximadamente un tercio de lo que destina Brasil y es ligeramente inferior de lo que invierte Argentina. Sin embargo, Chile se diferencia por sus políticas públicas basadas en evidencia, su eficiencia en la gestión de recursos y su audacia para implementar soluciones innovadoras. No obstante, Colombia ha acelerado los avances en la mejora de sus ecosistemas de innovación y emprendimiento. El desafío principal para Chile radica en superar las limitaciones causadas por la baja inversión y fortalecer el capital social, es decir, construir redes sólidas de colaboración entre los actores del ecosistema.

- ***Sobre las empresas***

En el contexto nacional, especialmente en las empresas que dependen de las tecnologías digitales, la innovación debe dejar de ser un concepto extraordinario para convertirse en una obligación primordial. En esencia, innovar implica cambiar, y este cambio es ineludible debido al impacto masivo de las tecnologías digitales en todos los ámbitos. Esto genera una actualización constante del entorno económico y social, obligando a cualquier organización que desee mantenerse vigente, o simplemente sobrevivir, a adaptarse rápidamente a un nuevo contexto con características específicas. Desde esta perspectiva, la innovación ya no puede ser vista como un acto aislado o excepcional, sino como un proceso continuo que debe integrarse en la esencia misma de las organizaciones. Por ello, es crucial enfocar los esfuerzos en desarrollar la capacidad de innovar de manera continua, reconociendo que esta dinámica de adaptación permanente es ahora un requisito fundamental para prosperar en un mundo en constante transformación.

En cualquier proceso de adopción de tecnologías digitales, siempre habrá una brecha entre quienes están más avanzados y quienes están más rezagados. Es fundamental estimular a los rezagados para que se pongan al día, ya que de lo contrario corren el riesgo de quedar completamente fuera del juego. Hace 50 años, una empresa podía mantenerse vigente durante muchas décadas; hoy, el promedio de vida es de apenas 17 años. Esto ocurre porque las disrupciones tecnológicas reducen significativamente el tiempo de relevancia de una propuesta de valor, al ser rápidamente desplazada por nuevas olas de competidores innovadores que revolucionan el mercado. Al mismo tiempo, es clave incentivar a los más avanzados para que colaboren con los demás, de manera que el ecosistema en su totalidad se fortalezca y avance en conjunto. El progreso de unos pocos aislados no será sostenible si no existe un ecosistema robusto que los respalde. En este sentido, la colaboración entre la universidad, el sector privado y el Estado resulta esencial, pero debe pensarse en un entorno ampliado. El enfoque exclusivo en el contexto nacional, como si Chile fuera un sistema aislado, está obsoleto. Somos parte de una economía global hiperconectada y, en términos relativos, representamos una fracción muy pequeña de ese sistema. Romper con el sesgo de apuntar sólo al mercado local es crucial para avanzar con una visión más amplia y estratégica. Esta es la base para construir un ecosistema que no solo sea competitivo localmente, sino también relevante a nivel global.

Es cierto que los tiempos de la universidad suelen ser más lentos, pero esta es una realidad que debe ser desafiada. Aunque la investigación requiere rigor y tiempo debido a su naturaleza experimental, la velocidad de cambio en los fenómenos económicos y sociales actuales no tolera esos ritmos. Si aceptamos la lentitud como norma, corremos el riesgo de volvernos obsoletos. Esto tiene impactos significativos: las universidades pierden financiamiento, las y los investigadores luchan por conseguir recursos, y las empresas privadas no encuentran valor en lo que se genera en la academia. La solución radica en alinear los modelos de investigación con los modelos económicos, creando una relación simbiótica en la que las universidades investiguen aquello que realmente sirve a las empresas para desarrollar negocios, y estas, a su vez, financien la investigación. Este alineamiento debe ser preciso y orientado hacia objetivos comunes, de modo que ambas partes avancen juntas. En los países donde este modelo funciona, se observa una colaboración fluida que acelera los procesos y genera resultados prácticos.

Las empresas medianas más tradicionales, especialmente aquellas lideradas por propietarios de mayor edad y con modelos de gestión conservadores, están enfrentando grandes dificultades. Cuando se les habla de innovación o co-creación, suelen reaccionar con escepticismo o prefieren delegar completamente el proceso, como si la innovación pudiera "comprarse". Para estas empresas, la innovación es un concepto ajeno y difícil

de adoptar, lo que muestra una brecha significativa en términos del cambio cultural hacia la innovación entre los distintos tamaños y tipos de empresas en el país.

En las grandes empresas no se observa, en general, que perciban la necesidad de realizar investigación aplicada, ya que están más enfocadas en implementar innovación abierta, la cual ofrece una solución eficiente en términos de costos y tiempo al encapsular riesgos y aprovechar el ecosistema de startups en crecimiento. Las empresas de base científica tecnológica, que superan las 300 en Chile, contratan personas con formación de doctorado en áreas en las que la capacidad de adaptar y desarrollar tecnologías es clave para ser competitivos. En el caso de las empresas que han superado la etapa inicial de crecimiento y están en una fase de escalamiento, la necesidad de personas con doctorado es crítica para mantenerse a la altura de los desafíos tecnológicos, especialmente en temas digitales avanzados. A mediano plazo, las grandes empresas deberían requerir también personas con doctorado para fortalecer las capacidades internas que les permitan apropiarse de las tecnologías que son críticas para el negocio.

- ***Sobre el desarrollo de tecnologías digitales desde Chile***

En Chile ha habido abundante actividad en inteligencia artificial, pero la realidad es que aún no contamos con muchos casos de éxito, lo que indica que estamos en una etapa bastante inicial. Es interesante mirar esta situación desde una perspectiva macroscópica. En este nivel, regiones como Latinoamérica y África se encuentran muy rezagadas en cuanto a la instalación de capacidades en tecnologías digitales. Un ejemplo evidente es la cantidad de patentes en esta línea que poseen los países desarrollados en comparación con los latinoamericanos, donde prácticamente no existe una representación significativa. Esto sugiere que los países latinoamericanos corren el riesgo de quedar muy atrás en esta revolución tecnológica, mientras que los países desarrollados están construyendo ecosistemas sólidos y capacidades avanzadas para el desarrollo de inteligencia artificial y sus aplicaciones. En contraste, en Latinoamérica, la creación tecnológica en todo el ámbito digital sigue siendo limitada, lo que refleja la necesidad de fomentar un entorno más propicio para la innovación digital. A nivel global, en áreas como la inteligencia artificial, la innovación ya no proviene de las universidades como antes, sino que ha sido liderada por las empresas, marcando un cambio significativo en el ecosistema global de innovación.

- ***Sobre la digitalización del Estado***

La conectividad en Chile es un problema en gran medida resuelto, ya que la mayoría de la población tiene acceso a internet, aunque en algunos lugares remotos la calidad es

deficiente o limitada al uso de celulares. Si bien es necesario garantizar conectividad en áreas aisladas, este ya no es un tema central desde hace una década. Actualmente, la cobertura geográfica y poblacional es amplia y seguirá mejorando en los próximos años, con intervenciones estatales focalizadas. Sin embargo, el alto costo de llevar conectividad a zonas muy apartadas hace que este problema sea menos prioritario frente a otros desafíos.

Chile está avanzando en la implementación de la Ley de Transformación Digital (21.180), que exige que todos los trámites de la ciudadanía y procedimientos internos administrativos del sector público, incluyendo municipios y gobernaciones, sean digitales para el año 2027, aunque es probable que este desafío no se alcance a cumplir en el plazo establecido. Pero en algún momento, de aquí a 10 años, toda la interacción entre la ciudadanía y el Estado, entendiendo personas naturales y personas jurídicas, va a ser con soporte digital y sólo algunas excepciones van a ser no digitales. El sector público, en general, está acostumbrado a trabajar con datos en soporte papel, que se guardan en archivadores, con carpetas colgantes, ubicados en bodegas que ocupan cientos o miles de metros cuadrados. Entonces, el gran desafío es la transición desde un paradigma basado en papel hacia la gestión digital de datos, incluyendo su almacenamiento, protección y uso. Es un cambio cultural enorme considerando que muchos procesos entre oficinas siguen dependiendo de imprimir y reingresar datos digitales.

La ley de transformación digital no solo abarca los trámites en sí, sino también los expedientes y todo el procedimiento que los respalda. Será necesario garantizar la protección y el almacenamiento seguro de esta información, especialmente considerando la inminente entrada en vigor de la nueva Ley de Protección de Datos Personales, basada en la normativa europea, que establece estándares estrictos y sanciones legales por incumplimientos, con multas considerables. Esto también plantea dos desafíos adicionales. Por un lado, será necesario convivir durante años con sistemas mixtos de papel y digital, lo que complicaría la gestión hasta que el papel se reduzca significativamente o desaparezca. Por otro lado, surge la pregunta sobre la digitalización del archivo histórico: hasta qué punto es necesario digitalizar documentos pasados, ya que hacerlo de manera exhaustiva puede ser inviable. Estas decisiones serán clave para evitar extender indefinidamente la coexistencia de ambos formatos y garantizar una transición eficiente hacia lo digital.

Sin embargo, la ley de transformación digital en realidad se centra en la digitalización de trámites, sin cuestionar la lógica o eficiencia de los procesos existentes. Esto ha llevado a digitalizar de forma apresurada y deficiente, como ocurrió durante la pandemia, cuando los servicios públicos trasladaron trámites físicos a la web sin rediseñarlos, generando

procedimientos complejos e ineficientes que persisten hasta hoy. Por lo tanto, los desafíos principales a mediano plazo son reducir la fricción entre las personas y el Estado mediante trámites más simples y claros, y gestionar los datos generados para optimizar procesos, mejorar políticas públicas y evitar trasladar los costos transaccionales al usuario final.

El debate sobre la soberanía de datos suele estar cargado de discursos poco prácticos, ya que, en la realidad, muchos de los datos ya están dispersos en redes sociales y plataformas internacionales. En países como Chile, con recursos y capacidades locales limitadas, garantizar la soberanía total resulta complejo. Una solución pragmática es regular contractualmente la gestión de datos, priorizando qué información puede estar fuera del país y bajo qué condiciones. Además, en muchos casos, los datos alojados en servicios internacionales tienen niveles de protección y resiliencia superiores a los que podrían ofrecer los sistemas locales, lo que plantea un compromiso entre soberanía y seguridad efectiva. Para la realidad chilena, una vez cumplida la ley de transformación digital, las capacidades requeridas por los centros de datos para el gobierno digital serán enormes, comparables a tres veces el sistema financiero chileno en términos de volumen. Este nivel de demanda representa un desafío significativo ya que implica manejar una magnitud de datos y operaciones que supera ampliamente los recursos disponibles actualmente.

Capacidades habilitantes

- ***Sobre la educación universitaria***

Actualmente, si pensamos en la formación de las futuras generaciones, los estudiantes de pedagogía no cuentan con una formación avanzada en habilidades digitales dentro de sus mallas curriculares. Esto significa que estamos formando docentes que no están preparados para impartir asignaturas relacionadas con alguna área digital. En el ámbito de las ciencias sociales y humanidades, se observa una falta de involucramiento con los avances en materia digital. Esta exclusión, en parte, se debe a que muchos profesionales de esas disciplinas sienten que no comprenden suficientemente estas materias. Sin embargo, esta desconexión perpetúa el mismo problema: la falta de democratización del conocimiento científico-tecnológico. Para superar este desafío, es imprescindible que estas disciplinas se integren activamente, aportando su perspectiva para enriquecer el debate.

El origen de las primeras ingenierías en informática y computación es relativamente reciente en Chile (principios de los años 80). Muchas de ellas surgieron al alero de las ingenierías más tradicionales del país, adoptando sus culturas y metodologías de

enseñanza. Esto se refleja en clases expositivas combinadas con proyectos en contextos simulados, y trabajos de titulación que suelen ser valiosos para la consolidación del pensamiento abstracto en ingeniería, pero que tienden a tener muy poca conexión con los desafíos de la realidad nacional. Por su bajo costo, una alternativa puede ser incentivar la creación de laboratorios diseñados para entregar experiencias de contacto con la realidad nacional, mediante la producción sistemática, eficiente y estandarizada de software complejo, en el que los principios de la transición digital justa sean centrales en la formación de estudiantes.

- ***Sobre la investigación aplicada***

Las universidades públicas enfrentan grandes limitaciones debido a su alta burocracia. Aunque contamos con universidades públicas que poseen activos tecnológicos de gran valor, estos a menudo permanecen encapsulados por obstáculos administrativos. Respecto de las oficinas de transferencia y licenciamiento, y creación de empresas, la diferencia entre el desempeño de las universidades públicas y privadas es significativa. Esto no se debe a grandes diferencias en el presupuesto, la calidad de las y los investigadores o la infraestructura disponible, sino a una combinación de factores, entre ellos: la burocracia excesiva, la falta de gestión adecuada, incentivos mal alineados y limitaciones legales.

Otro desafío importante es la falta de comunicación efectiva entre las universidades y las empresas, que lleva a malentendidos constantes: expectativas poco realistas respecto de los tiempos de la investigación o desconocimiento de conceptos clave como los niveles de madurez tecnológica o las dinámicas de la transferencia tecnológica. Los intereses de las y los investigadores están más centrados en asegurar recursos para sus estudiantes o en la investigación misma, debido al limitado financiamiento que reciben. Además, la tendencia es hacia la fragmentación, priorizando la carrera académica individual por sobre la integración en grupos de investigación asociativa gestionados con modelos afines a la vinculación externa. Como resultado, las empresas perciben un distanciamiento de las universidades que genera desconfianza e incertidumbre.

En el caso de los programas de doctorado, en Chile, la tendencia es al desarrollo de trabajos de tesis de enfoque académico. Esto contrasta con las tesis doctorales desarrolladas en los países principales de la OCDE tales como Alemania, Francia y España. En estos países las tesis doctorales suelen también ser orientadas hacia la investigación aplicada, con incentivos puestos en una fuerte colaboración entre universidades y empresas.

La publicación de artículos en conferencias internacionales, algunas con tasas de aceptación incluso más exigentes que las revistas indexadas, está excluida del sistema nacional de calidad de investigación y doctorados. Esta situación provoca un sesgo hacia los enfoques menos aplicados de la disciplina. Las conferencias son un medio de publicación relevante para el avance del estado del arte precisamente en las áreas de ciencia de la computación que tienen una relación directa con la investigación aplicada en digitalización.

Lo anterior se evidencia en las debilidades de las propuestas de proyectos de investigación aplicada, los cuales enfrentan tres problemas principales. Primero, el uso indiscriminado de conceptos de moda, como “big-data” o “inteligencia artificial”, que en muchos casos no reflejan la realidad del proyecto o intentan ocultar una orientación hacia la investigación más básica. Segundo, la falta de estrategias de negocio y sustentabilidad, haciendo muy incierto que los resultados logren transformarse en servicios o productos viables, priorizando la publicación académica sobre la implementación práctica. Finalmente, existe una gran brecha de calidad entre las universidades, con solo unas pocas instituciones presentando proyectos bien estructurados, mientras que muchas otras entregan propuestas mal formuladas y poco viables. Esto limita el impacto de la investigación aplicada en el país.

Además, los proyectos enfrentan un problema crítico tras su aprobación y ejecución: la falta de continuidad. Aunque puedan tener una buena idea y modelo de negocio, carecen de una estrategia clara de transferencia que permita transformar los pilotos en productos o servicios finales adoptados por los destinatarios. Esto suele deberse a la ausencia de incentivos adecuados y a la desconexión entre los responsables del proyecto y quienes deberían continuar con las siguientes fases. Esto contribuye a que muchos proyectos prometedores queden archivados y sin un uso práctico, lo cual limita el impacto de estas iniciativas, incluso cuando han demostrado éxito en las etapas iniciales.

- ***Sobre las disciplinas distintas a la ingeniería***

Cada área del conocimiento plantea preguntas distintas, y es precisamente esta diversidad de enfoques lo que resulta esencial cuando enfrentamos desafíos como la inteligencia artificial o la revolución digital en general. Estos fenómenos no solo se limitan al desarrollo tecnológico, sino que también tienen impactos sociales, culturales, políticos y estructurales, por ejemplo, en la organización del Estado. En muchos casos, las ciencias sociales o las humanidades no reciben la atención que merecen, ya que sus aportes suelen ser percibidos como poco útiles en una sociedad que prioriza otros conceptos de

utilidad. Sin embargo, estas áreas son fundamentales para reflexionar sobre los impactos a largo plazo y sobre las implicaciones éticas y sociales de los avances tecnológicos.

En la academia, estamos atrapados en un sistema que fomenta una intensa competencia, especialmente en torno a la producción de artículos académicos. Si bien es cierto que en muchas áreas estos artículos son esenciales para la circulación del conocimiento, hay otras disciplinas en las que este modelo no resulta tan adecuado. Por ejemplo, las ciencias sociales han logrado adaptarse mejor a esta dinámica, pero en el caso de las humanidades, las formas de comunicar el conocimiento son distintas. En estas disciplinas, el impacto se refleja a menudo a través de libros, ensayos o la labor del intelectual público, que se comunica mediante cartas abiertas, columnas en diarios o similares. Por ello, el sistema académico debería ser más diverso en su reconocimiento de los aportes que realizan las diferentes áreas del conocimiento.

Es crucial ampliar la mirada y valorar formas de producción académica más variadas. Esto implica reconocer, por ejemplo, cuando un investigador o investigadora en ciencias sociales trabaja con comunidades y el resultado de su investigación se traduce en el fortalecimiento del tejido social o en el desarrollo de formas de asociatividad. En este caso, el impacto real no radica en una publicación científica, sino en los cambios positivos que su trabajo genera directamente en la comunidad. De esta manera, se hace evidente que los aportes de la academia van mucho más allá de los artículos académicos, especialmente en áreas en las que la transformación social y cultural es el principal objetivo.

Una mirada desde España

En España se han implementado numerosas medidas para garantizar que la transformación digital llegue a toda la población. Esto incluye extender la cobertura de conexión a las zonas más despobladas del país, lo cual puede no parecer rentable debido a la baja densidad de población. Sin embargo, no ofrecer conectividad a estas regiones sólo contribuye a que esos territorios se sigan despoblando. El gobierno, con el apoyo de fondos europeos, está realizando un esfuerzo significativo para garantizar que la transformación digital de las empresas y las administraciones sea lo más eficaz posible. La pandemia ha acelerado de manera importante este proceso. También se están llevando a cabo proyectos de investigación específicamente orientados hacia la transición ecológica y digital.

Las ciencias sociales y humanidades han incorporado las tecnologías digitales desde mucho antes que la preocupación por el cambio climático y la transición digital. Hay

incluso carreras y posgrados que abordan temas digitales. Son áreas consolidadas que tienen sus propias comunidades dedicadas a la investigación. La inteligencia artificial viene a introducir nuevas líneas de trabajo. Lo mismo ocurre con la rama de informática dedicada a los desarrollos tecnológicos para facilitar la educación, existen incluso asociaciones de informáticos que están dedicadas al desarrollo de software educativo. También, en la sociología, en campos de aplicación como el marketing y demoscopia, es práctica habitual la utilización de métodos computacionales para hacer procesamiento de datos, entonces la transición digital tampoco les podría resultar algo nuevo ni extraño.

Lo que sí es nuevo es que la formación en alfabetización digital y en el uso crítico de tecnologías digitales es prácticamente inexistente. Aunque se reconoce la necesidad de preparar a los niños y a la ciudadanía en general para enfrentar los retos de la inteligencia artificial y las redes sociales, como evitar adicciones o discernir información falsa, esto no se integra formalmente como un objetivo de aprendizaje en las escuelas. Los docentes suelen seguir enseñando de manera tradicional, sin incorporar la educación para la ciudadanía digital como parte esencial de su labor, limitándose a herramientas básicas como procesadores de texto o búsquedas en internet, sin abordar de fondo las competencias críticas necesarias. Incluso el tema de los contenidos específicos para la formación de escolares se ha politizado entre gobiernos de izquierda y derecha.

Respecto de investigación aplicada, además de las convocatorias a proyectos en las que participan los grupos de investigación con empresas, formando consorcios, las empresas también recurren por sí mismas a las universidades en busca de soluciones tecnológicas cuando identifican necesidades específicas que no pueden satisfacer en el mercado. Si la necesidad proviene directamente de la empresa, suelen adoptar e implementar rápidamente las soluciones desarrolladas, ya que reconocen su utilidad y el impacto en su competitividad. Sin embargo, cuando los grupos de investigación proponen herramientas sin una demanda clara por parte de las empresas, es un riesgo porque estas a menudo no son utilizadas, ya que no sienten la urgencia y podrían no estar dispuestas a cambiar sus procesos para adaptarse. Por tanto, la transformación digital de las empresas no puede ser impulsada unilateralmente desde las universidades, sino que debe responder a necesidades reales y conscientes de las propias empresas.

Los grupos de investigación en España son fundamentales en las universidades y están estructurados para fomentar la colaboración entre profesores y alumnos en un mismo equipo. Mientras que en Chile los académicos suelen trabajar de manera más individualista, enfocándose en sus propios temas y con poca interacción con colegas del mismo ámbito, en España los grupos crecen mediante la incorporación de estudiantes de doctorado que se convierten en profesores y fortalecen el equipo. Este modelo

permite abordar proyectos más grandes y competitivos, lo que resulta crucial, ya que las convocatorias financian solo a grupos de investigación según su productividad y calidad, evaluando publicaciones grupales, contratos con empresas y relaciones internacionales. Este enfoque colaborativo también otorga ventajas para participar en proyectos europeos y mantener una mayor masa crítica frente al modelo más fragmentado de otros países.

Las tesis doctorales pueden clasificarse como ingenieriles o científicas. Las tesis ingenieriles suelen enfocarse en el desarrollo de sistemas o herramientas de software que facilitan la creación de soluciones prácticas, mientras que las científicas tienden a centrarse en teoremas y algoritmos. Aunque una tesis ingenieril se basa en desarrollos prácticos, puede igualmente generar publicaciones en revistas académicas. La exigencia de publicaciones como requisito para graduarse depende de cada universidad. En España, se ha logrado reconocer que, en informática, publicar en buenas conferencias es tan relevante como hacerlo en revistas, lo cual es una batalla ganada. Tradicionalmente, en disciplinas como la física teórica, sólo se valoran las publicaciones en revistas, ya que las conferencias no son consideradas relevantes científicamente y este enfoque se aplicó a todas las demás áreas, pero esa situación ya cambió para los informáticos y actualmente este tipo de publicaciones son consideradas en la carrera académica.

En España, las empresas grandes y medianas están avanzando en el uso de tecnologías avanzadas, como big-data y analítica de datos, y muchas están apostando por la integración de procesos bajo un enfoque en el cual comercialización, producción, compras y marketing forman una cadena de valor integrada. Sin embargo, el panorama empresarial español está marcado por un reducido número de grandes empresas, y una mayoría de pequeñas empresas, con una menor presencia de empresas medianas. Esta falta de un tejido industrial mediano limita la capacidad de innovación general del país, puesto que hay mucha pequeña empresa que no está en condiciones de abordar la transformación digital, entonces el proceso de digitalización de las empresas en general es desigual.

Conclusiones

Las tecnologías digitales se manifiestan e influyen de diversas maneras en las sociedades, generando impactos a nivel global. Mientras los segmentos más acomodados de la población adoptan casi simultáneamente sus beneficios, las desigualdades de acceso se profundizan en los sectores de mayor vulnerabilidad socioeconómica. Esto tiende a replicar el desarrollo económico y social a dos velocidades característico de

Latinoamérica, aunque esta vez con una dinámica mucho más exacerbada. La aceleración observada en el cambio tecnológico genera nuevas oportunidades, pero también amenazas latentes, originando interés y preocupación a nivel mundial. Ante esta dinámica impredecible, resulta necesario que los países menos desarrollados en digitalización, como Chile, aborden acciones de mitigación que les permitan acoger los beneficios y reducir los riesgos.

Surge entonces la necesidad de mirar más allá de la esfera de influencia de la inteligencia artificial para comprender la importancia de los activos digitales del país, entendidos como los recursos humanos, tecnológicos y de infraestructura, junto con los ecosistemas de innovación, que faciliten efectivamente la adopción, el desarrollo y la utilización de las tecnologías digitales en los diversos sectores de la sociedad chilena. Se requiere una revisión de las vulnerabilidades y las capacidades nacionales para introducir incentivos pertinentes de manera oportuna, puesto que para acoger a las tecnologías disruptivas es necesario contar con un sistema nacional que sea amplio y diverso, no sólo en una variedad de áreas de ciencia de la computación, sino también en una variedad de áreas de intersección con las ciencias sociales y las humanidades.

El análisis realizado evidencia la urgencia de nivelar los activos digitales del país en innovación social, pública y privada, para impulsar el acceso equitativo a los beneficios de las tecnologías digitales, materializadas en sistemas informáticos que proporcionen servicios de valor para las comunidades, y en aplicaciones de software diseñadas para privilegiar las acciones en favor de la calidad de vida de las personas. Se plantea que sólo a partir de ese equilibrio es posible propiciar una transición hacia una sociedad digital justa.

La CTCI nacional es fundamental para impulsar el avance de la transición digital puesto que las tecnologías disruptivas introducen nuevas complejidades técnicas y sociales, que es necesario abordar con metodologías propias de la investigación aplicada. El fenómeno de la revolución digital es un tópico relevante para la sociedad global y como tal convoca a una gran diversidad de comunidades académicas dedicadas a la investigación en los múltiples dominios de interacción del fenómeno con las sociedades, en los que además es de interés comprender las formas específicas de los procesos de transición digital en cada sociedad.

En Chile, la insuficiente masa crítica en CTCI para abordar la transición digital, junto con la alta fragmentación y compartimentalización de las áreas disciplinares desafiadas, hacen necesaria una adaptación de los criterios de evaluación de la productividad académica y los criterios de acreditación de doctorados que aborden investigación

interdisciplinaria y transdisciplinaria. Así mismo, la necesidad de nivelar los activos digitales debería reflejarse de manera más explícita en los programas de financiamiento de la investigación aplicada.

Anexo Metodológico

Se realizaron entrevistas semiestructuradas para obtener una percepción informada de la situación actual de Chile, en relación con la región latinoamericana y los países más avanzados en la digitalización de sus respectivas sociedades. Para ello se invitó a las siguientes expertas y expertos de reconocida trayectoria y prestigio en sus ámbitos de desempeño profesional:

- Carolina Gainza, académica e investigadora Universidad Diego Portales, Chile, ex subsecretaria del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. En este documento contribuyó con reflexiones sobre el desarrollo social y económico del país, y el aporte de las ciencias sociales y humanidades a la transición digital.
- Mónica Retamal, emprendedora social y empresaria tecnológica. Directora Ejecutiva de la Fundación Kodea. Contribuyó con reflexiones sobre el impacto de la inteligencia artificial en el trabajo y la educación.
- Sandra Díaz, experta en innovación y emprendimiento de base científica y tecnológica. Socia fundadora de Ematrix, empresa consultora B especializada en apoyar a la ciencia, tecnología, innovación y emprendimiento. Aportó su visión en el ámbito de la innovación basada en investigación y desarrollo, tanto desde las universidades como desde las empresas.
- Roberto Musso, emprendedor serial, director y mentor de startups tecnológicas. Fundador y presidente de la empresa Digevo y experto en innovación. Contribuyó con reflexiones sobre innovación empresarial y la relación universidad-empresa.
- Alejandro Barros, académico Departamento Ingeniería Industrial, Universidad de Chile, experto en desarrollo digital e innovación pública, exsecretario ejecutivo de Estrategia Digital de Chile. Director en el centro de estudios Espacio Público. Aportó su visión en el área de la transformación digital de los servicios del Estado y la investigación aplicada en tecnologías digitales.
- Enrique Hinojosa, académico e investigador en informática educativa, Universidad de La Frontera, Chile, aportó con reflexiones en el área de las tecnologías digitales en entornos educativos.

También, para obtener una visión de primera línea sobre la percepción de la transición digital en uno de los países influyentes de la OCDE, cercano a Chile en términos culturales,

contamos con la participación de Nieves R. Brisaboa, académica e investigadora española, Premio Nacional de Informática 2019, España.

Referencias

- Araujo, K., Garretón, V., Figueroa, A., Salazar, M., Piquer, J. (2023). Chile crea futuro: Reportes de expertos para cuatro grandes fenómenos de cambio. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (Consejo CTCI). Santiago, Chile. Disponible en <https://docs.consejoctci.cl/wp-content/uploads/2023/03/FINAL-Reporte-Anticipacion-CTCI-2023.pdf>
- CNIC. (2008). Hacia una Estrategia Nacional de Innovación para la Competitividad. Volúmen II. Disponible en <https://docs.consejoctci.cl/wp-content/uploads/2020/09/Hacia-una-Estrategia-Nacional-de-Innovacion-vol-II.pdf>
- CNIC. (2013). Orientaciones Estratégicas para la Innovación. Surfeando hacia el Futuro. Chile en el horizonte 2025. Disponible en <https://docs.consejoctci.cl/wp-content/uploads/2020/09/Surfeando-hacia-el-Futuro-1.pdf>
- Consejo Nacional de CTCI (2022). Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo del Chile. Santiago, Chile. Disponible en <https://docs.consejoctci.cl/wp-content/uploads/2022/06/ESTRATEGIA-CTCI-2022.pdf>
- Consejo Nacional de CTCI (2023). Chile crea Futuro al 2050: Informe final ejercicio de Anticipación. Santiago, Chile. Disponible en https://docs.consejoctci.cl/wp-content/uploads/2023/06/Chile-crea-Futuro-al-2050_web.pdf
- European Strategy and Policy Analysis System [ESPAS]. Comisión Europea. (2024). Global Trends to 2040. Choosing Europe's future. Disponible en https://www.eeas.europa.eu/eeas/global-trends-2040-choosing-europe%E2%80%99s-future-0_en
- Geneva Science Diplomacy Anticipator [GESDA]. (2023). The GESDA 2023 Science Breakthrough Radar. Disponible en <https://radar.gesda.global/>
- Geneva Science Diplomacy Anticipator [GESDA]. (2024). The GESDA 2024 Science Breakthrough Radar. Disponible en <https://radar.gesda.global/>

- González I, Villaroel K & Díaz S (2024) Reporte de Futuros – 2024. Cartografía de lo desconocido: Seis fenómenos de transformación global. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo. Santiago, Chile. Disponible en <https://docs.consejoctci.cl/documento/reportefuturos2024/>
- IBLAC (2023). International Business Leaders Advisory Council for the Mayor of Shanghai.
- Jaime Álvarez (2018). Reportes de Futuro. Tres Preocupaciones Urgentes para Chile. Documento de Trabajo N°6. Disponible en <https://docs.consejoctci.cl/wp-content/uploads/2020/10/Reportes-de-Futuro.pdf>
- Jaime Álvarez (2022). Reportes de Futuro - 2022. Documento Técnico. Disponible en <https://docs.consejoctci.cl/wp-content/uploads/2022/11/REPORTE-DE-FUTURO-2022.pdf>
- McKinsey Digital. (2023). Technology Trends Outlook 2023. Disponible en <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech#/>
- OECD (2021), Global Scenarios 2035: Exploring Implications for the Future of Global Collaboration and the OECD, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/df7ebc33-en>.
- OECD (2023), OECD Contributions to the 2030 Agenda and Beyond: Shaping a Sustainable Future for All, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/69c94bd4-en>.
- OECD (2024), Development Co-operation Report 2024: Tackling Poverty and Inequalities through the Green Transition, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/357b63f7-en>.
- SITRA. (2023). Megatrends 2023. Understanding an era of surprises. Disponible en <https://www.sitra.fi/en/publications/megatrends-2023/>
- United Nations Development Programme [UNDP]. (2024). Trends Report: The Landscape of Development. Disponible en <https://www.undp.org/future-development/publications/2024-undp-trends-report-landscape-development>
- World Economic Forum [WEF]. (2023). Future of Jobs Report. Insight Report. Disponible en <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/digest/#:~:text=The%20impact%20of%20most%20technologies,biggest%20drivers%20of%20job%20growth>



CTCI

CONSEJO NACIONAL
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,
CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN
PARA EL DESARROLLO

