

REPORTES DE FUTURO

TRES PREOCUPACIONES URGENTES PARA CHILE

DOCUMENTO DE TRABAJO N°6

Jaime Álvarez Gerding



REPORTES DE FUTURO

TRES PREOCUPACIONES URGENTES PARA CHILE

DOCUMENTO DE TRABAJO N°6

Jaime Álvarez Gerding

La Serie Documentos de Trabajo de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo busca abrir temas de discusión que permitan avanzar en el diseño consensuado de estrategias de largo plazo en materia de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de nuestro país.

Este documento resume y analiza los más recientes reportes internacionales que sistemáticamente generan información y análisis de anticipación (*A Future that works: Automation, Employment and Productivity* de McKinsey Global Institute; *Australia 2030: Navigating an Uncertain Future* de CSIRO; *Future of Skills, Employment in 2030* de Nesta, UK; *Technology and Innovation Futures 2017* de Go-Science, UK; y *Readiness for the Future of Production Report 2018* de WEF), vinculando su análisis a los tres desafíos priorizados por la Presidencia para Chile: envejecimiento de la población; cambio climático; y revolución tecnológica.

Santiago, diciembre de 2018

Autor

Jaime Álvarez

Colaboradores

Leonardo Muñoz G.

Juan Pablo Contreras G.

Edición

Katherine Villarroel

Diagramación

Oriana Avilés M.

Tamara San Martín R.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución— NoComercial-CompartirIgual 4.0
Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Esta licencia significa que no se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Usted debe darle crédito a esta obra de manera adecuada, proporcionando un enlace a la licencia, e indicando si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo del licenciente.

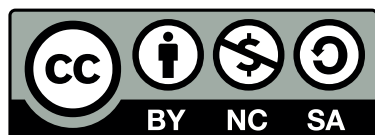


Tabla de contenidos

1. Presentación	7
Voces sobre el futuro	7
Tres preocupaciones urgentes	8
Conclusiones	8
2. Voces sobre el futuro	9
3. Tres preocupaciones globales con alto impacto en Chile: cómo las comprendemos	18
a) La sustentabilidad planetaria y el cambio climático	19
b) La revolución científico tecnológica	28
c) La extensión de la vida y el envejecimiento	35
4. Conclusiones	38

1. Presentación

Una de las propuestas de la Estrategia del CNID¹ es desarrollar capacidades de comprensión y anticipación en el Estado que permitan enfrentar de mejor manera los desafíos y oportunidades que traen las tendencias de cambio global. Asimismo, la Ley 21.105 que crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación releva como una de las tareas propias del nuevo Consejo Asesor Estratégico el generar orientaciones basadas en el análisis prospectivo de las tendencias de desarrollo globales y nacionales que permitan identificar las oportunidades y desafíos para el desarrollo integral, inclusivo y sostenible del Chile en el escenario global.

Para apoyar esta función, el Área de Anticipación del CNID ha realizado en los últimos meses una síntesis y consolidación de reportes internacionales de futuro que permitan sistematizar y analizar sus supuestos, metodologías y conclusiones.

Esta revisión se ha estructurado en torno a los desafíos de Cambio Climático, Envejecimiento y Revolución Tecnológica que fueron priorizados por el Presidente de la República en su cuenta pública del 1 de junio de 2018.

Un resumen de este documento y sus principales secciones se presenta a continuación:

Voces sobre el futuro

Como punto de partida de este documento se analizan reportes recientes de prestigiosas entidades internacionales que sistemáticamente generan información y análisis de anticipación (*forecasting*), elaborados con el fin de orientar la toma de decisiones de alto nivel y el diseño de políticas públicas, tanto en sus países de origen como a nivel global: *A Future that works: Automation, Employment and Productivity* (McKinsey Global Institute), *Australia 2030: Navigating an Uncertain Future* (CSIRO, Australia), *Future of Skills. Employment in 2030* (Nesta, UK), *Technology and Innovation Futures 2017* (Go-Science, UK) y *Readiness for the Future of Production Report 2018* (WEF).

En sus análisis se alerta en la necesidad de identificar los supuestos y las metodologías de base, que permitan ponderar la pertinencia de sus predicciones, particularmente en el contexto nacional.

La diversidad de disrupciones y tendencias derivadas de la ciencia y la tecnología que nos revelan estos informes dan cuenta también de la complejidad de los procesos de cambio global, de la profundidad de las transformaciones y de la multiplicidad de posibilidades que se abren a partir de ellos. Es por ello que, con el objetivo de alcanzar una comprensión más amplia y profunda de los fenómenos, tendencias y desafíos identificados en los reportes hemos complementado y enriquecido el análisis inicial de sus resultados con la visión y

¹ CNID (2016). Ciencias, tecnologías e innovación para un nuevo pacto de desarrollo sostenible e inclusivo. Orientaciones estratégicas de cara a 2030 tras diez años de trayectoria.

enfoques de diversas disciplinas, desde distintas ramas de las humanidades hasta el pensamiento complejo, que han estado presentes en el trabajo del CNID en los últimos años.

Tres preocupaciones urgentes

Desde la revisión de los reportes, este informe se ha estructurado en torno a tres grandes áreas de preocupación de carácter global, que permiten una mirada más sistémica, que además coincide con los desafíos priorizadas por la Presidencia de la República: Sustentabilidad planetaria y cambio climático; la Revolución científico tecnológica; y la Extensión de la vida y envejecimiento

Al tomarlas como ejes podemos ofrecer una mirada más comprensiva de los diversos fenómenos en juego y de sus implicancias para las personas, la sociedad, la economía o incluso el planeta. En el mismo afán de una comprensión más amplia, se integran referentes de la filosofía, humanidades y el pensamiento sistémico, que ayudan a conceptualizar la comprensión de estos grandes fenómenos que este informe plantea y el análisis crítico de las predicciones que surgen de los reportes internacionales seleccionados.

El análisis parte de la base —por una parte— que el quehacer científico tecnológico no solo nos modifica la vida, sino que nos cambia a nosotros mismos, y —por otra— que trae tanto mejores condiciones de bienestar como riesgos.

Conclusiones

Finalmente, el documento entrega tres tipos de conclusiones: unas relativas a los principales hallazgos en cada uno de los grandes desafíos en que se agrupan; otras respecto de aspectos metodológicos; y otras que refuerzan parte de las recomendaciones de la Estrategia del CNID.

Entre los primeros, destaca la importancia del contexto nacional, ya que en cada uno Chile tiene condiciones particulares que deben ser consideradas y hacen relevante el seguimiento de estas megatendencias.

En los aspectos metodológicos se releva la necesidad de hacer análisis propios que complementen conclusiones que aquí se presentan, evidenciando los enfoques y supuestos de base que permiten revisar la pertinencia de la proyecciones que se identifican.

Por último, el ejercicio permite reforzar parte de las recomendaciones de la Estrategia del CNID, partiendo por el rol y la relevancia de la ciencia y la tecnología para abordar estos temas de futuro y la necesidad de desarrollar capacidades de I+D+i. Además vuelve a relevarse la necesidad de conectar las capacidades científico tecnológicas de diversas disciplinas con otras fuentes de expertise para abordar grandes desafíos nacionales, que a su vez son parte de retos y oportunidades a escala global.

2. Voces sobre el futuro

Asumiendo el contexto histórico de cambios acelerados y crecientes grados de incertidumbre —que no nos permite predecir o diseñar cabalmente el futuro—, se identificó e investigó la aproximación de un conjunto de referentes que comparten este enfoque. Estos son:

- » **Riel Miller, jefe de Prospectiva de la UNESCO.** Advierte, por ejemplo, lo difícil que resulta mostrar cómo algo que no existe —el futuro— puede ya estar impactando nuestras vidas. Por ello, junto a su equipo, busca determinar cuáles son las teorías, habilidades y prácticas que pueden llegar a constituir lo que han denominado el Alfabetismo Futurista (Futures Literacy)².
- » **Philip E. Tetlock, profesor en la Wharton School de la Universidad de Pennsylvania.** Declara que a lo más que podemos aspirar en nuestros ejercicios de prospectiva es a tener un margen más convincente de probabilidad respecto de lo que puede ocurrir. Insiste —casi con desesperación— en desechar la idea de que sea posible hacer predicciones certeras sobre las cuales fundar decisiones o políticas públicas.
- » **Ikka Tuomi, físico teórico, asesor en CTI del Primer Ministro de Finlandia y colaborador de Riel Miller.** Plantea la necesidad de desmarcarse de los modelos matemático-predictivos y de los análisis representacionales (económicos, sociológicos o políticos) si se desea comprender a cabalidad la emergencia de innovaciones que terminan convirtiéndose en verdaderas expansiones de nuestra vida y nuestro ser, o lo que él denomina ‘expansiones ontológicas’³. Explica que los métodos más tradicionalmente usados para este tipo de anticipación no son capaces de dar cuenta del futuro⁴, porque están anclados en los datos del pasado y el presente.⁵

Cinco reportes de anticipación (forescasting)

Atendidas estas precauciones, como primer paso se analizaron los reportes recientes de prestigiosas entidades internacionales que sistemáticamente generan información y análisis de anticipación (*forecasting*), elaborados con el fin de orientar la toma de decisiones de alto nivel y el diseño de políticas públicas, tanto en sus países de origen como a nivel global.

2 “The future does not exist in the present but anticipation does. The form the future takes in the present is anticipation” *Ibíd*em

3 “The fundamental claim that motivates the concept of ontological expansion is that, not only new ideas and inventions pop up in our world, but also reality itself is in the process of becoming”. Tuomi, I. (2018), *Ontological Expansion*, (inédito).

4 “The philosophical foundation for ontological expansion, therefore, provides a radically different starting point from conventional discussions on epistemology, knowledge, and our knowledge about future. Most importantly, as we can observe only things that already exist, there can be no empirical facts or data about things that generate ontological expansion”, *Ibíd*em

5 “In particular, predictive mathematical models are fundamentally unable to predict disruption, revolution and the novelty. At best, such models are able to show how the future would look like if nothing important happens”, *Ibíd*em.

Estos son:

- » *A Future that works: Automation, Employment and Productivity* (McKinsey Global Institute)⁶
- » *Australia 2030: Navigating an Uncertain Future* (CSIRO, Australia)⁷
- » *Future of Skills. Employment in 2030* (Nesta, UK)⁸
- » *Technology and Innovation Futures 2017* (Go-Science, UK)⁹
- » *Readiness for the Future of Production Report 2018* (WEF)¹⁰

Una caracterización de los reportes internacionales trabajados, en términos de sus propósitos, alcances, metodologías y resultados o proyecciones se presenta en las siguientes tablas:

6 <https://www.mckinsey.com/mgi/overview/2017-in-review/automation-and-the-future-of-work/a-future-that-works-automation-employment-and-productivity>

7 <https://www.csiro.au/en/Do-business/Futures/Reports/Australia-2030>

8 <https://www.nesta.org.uk/report/the-future-of-skills-employment-in-2030/>

9 <https://www.gov.uk/government/publications/technology-and-innovation-futures-2017>

10 <https://www.weforum.org/reports/readiness-for-the-future-of-production-report-2018>

TABLA 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS REPORTES ANALIZADOS

Título	Readiness for the Future of Production Report 2018	A future that works: Automation, employment and productivity	Australia 2030: navigating an uncertain future	Technology and Innovation Futures 2017 (TIF3)	Future of Skills. Employment in 2030
Autor	World Economic Forum / A.T. Kearney	McKinsey Global Institute	CSIRO Futures (Australia)	Government Office for Science (GO-Science) UK Government	NESTA UK, Pearson & Oxford Martin School
Propósito y foco	Presenta qué tan bien posicionados están los países para aprovechar la naturaleza cambiante de la producción en el futuro. Acá se entiende "readiness" como la capacidad de capitalizar las oportunidades de producción futuras, mitigar los riesgos y los desafíos, y ser flexible y ágil para responder a los shocks futuros desconocidos.	Busca mostrar el impacto de las tecnologías —que hoy ya estén probadas— en el mundo laboral, con un horizonte de 50 años. El análisis se realizó con base en características del mercado laboral Estados Unidos, que luego se utilizaron como base de análisis para proyectar su potencial impacto en otras 45 economías que representan el 80% de la fuerza de trabajo del mundo.	Tiene como objetivo ayudar a los altos responsables de la toma de decisiones, tanto del gobierno como de la industria, a responder las preguntas sobre cómo aumentar la competitividad de Australia y planificar las inversiones actuales de innovación para cumplir con las oportunidades y los desafíos futuros. Utiliza un enfoque basado en escenarios para tener en cuenta la incertidumbre futura y guiar la planificación estratégica.	Busca explorar tecnologías emergentes a través de una mirada del sector público, así como una del sector privado. Este informe tiene como objetivo informar la perspectiva de largo plazo en políticas y las decisiones de inversión en ciencia, tecnología e innovación.	Busca mapear las formas en que es posible que cambie el empleo, y las implicancias respecto de las habilidades requeridas de las personas. Se plantea desafiando el alarmismo que, considera, contribuye a una cultura de aversión al riesgo, frenando la adopción de tecnología, la innovación y el crecimiento. Su foco está en países como Estados Unidos y el Reino Unido, que ya enfrentan problemas estructurales de productividad. Releva las habilidades que probablemente tengan una mayor demanda, incluidas las habilidades interpersonales, las habilidades cognitivas de orden superior y las habilidades de sistemas.

Marco / método de análisis	Observa producción en un contexto global, incluyendo a los 100 países que suman el 96 % del PIB mundial, categorizando su análisis con base en lo que denomina los "arquetipos de países": 1) Líderes. 2) Alto potencial. 3) Rezagados. 4) Nacientes.	El motor subyacente de estos cambios en la producción, que llevarían a los países a subir de categoría, lo dan 6 drivers y 12 tecnologías emergentes. Las trayectorias posibles se analizan respecto del marco de complejidad económica de César Hidalgo y Ricardo Hausmann.	El reporte plantea la siguiente secuencia de análisis: 1) Potencial de automatización de la economía global; 2) Velocidad y extensión de la adopción en el trabajo; 3) Impacto económico asociado al potencial.	Para estimar el potencial de automatización se consideraron 2.000 tipos de actividades individuales entre 800 ocupaciones. Para este reporte, las actividades requieren una combinación de 18 capacidades que se clasifican en 5 grupos (percepción sensorial, capacidades cognitivas, procesamiento del lenguaje natural, capacidades sociales y emocionales, y capacidades físicas).	Define 4 escenarios de prosperidad [ADN Digital, Minería y gastronomía, Limpio y eficiente, Capeando la Tormenta] basados en el seguimiento de 7 megatendencias identificadas por CSIRO (2015) y el Informe Perspectiva Nacional de Australia 2015 (Hatfield-Dodds et al.) que modela la economía de Australia y el uso de recursos naturales hasta 2050. Los escenarios se construyen analizando la integración de estas megatendencias en 9 modelos económicos y ambientales existentes para Australia, buscando comprender de manera integral las interacciones a través del nexo "energía-agua-comida".	Se consideraron, además, varios informes de anticipación en sectores específicos desarrollados por CSIRO.	El informe es construido sobre un rango amplio de insumos provistos por las versiones anteriores (2010 y 2012). Recibió más de 1.000 respuestas de tecnólogos académicos e industriales a una encuesta en línea que cubre el panorama tecnológico emergente. Estas perspectivas fueron evaluadas con un análisis comparativo de la actividad de patentes internacionales en una serie de mesas redondas de expertos, para construir una imagen de las fortalezas tecnológicas del Reino Unido y explorar ejemplos de aplicaciones plausibles. Algunas cifras sobre la magnitud de este proceso:	El reporte usa métodos mixtos de predicción de tendencias y comportamiento que combinan el juicio humano experto con machine learning basado en algoritmos y modelos econométricos. Con base en esta apuesta metodológica los investigadores declaran comprender dependencias más complejas entre las características del trabajo de lo que anteriormente era posible con los métodos tradicionales.
				<ul style="list-style-type: none"> • Más de 1.000 respuestas de tecnólogos académicos e industriales • Análisis de 20.000 patentes de Propiedad Intelectual y financiamiento público de Investigación de Innovate UK y Research Councils. • Revisión de alrededor de 100 artículos publicados desde 2012. • Siete mesas redondas con la participación de más de 80 expertos de la industria, la academia y la comunidad de inversión. 				

(Continuación fila del cuadro anterior)

<p>Marco / método de análisis</p>	<p>No hay referencia a cómo se interrelacionan las tecnologías/drivers con las trayectorias que se predicen. La hipótesis fundamental sólo reafirma que para este reporte, el marco de la complejidad económica es lo relevante. Respecto de la relevancia de cada driver, el reporte afirma que ello se deriva del grado de influencia que tiene cada uno en la complejidad económica, pero no explicita cómo se evalúa esa relación. Tampoco indica cómo se obtuvieron las tecnologías emergentes, refiriendo a un libro no disponible libremente.</p>	<p>Luego se estima el rendimiento requerido para cada capacidad (para realizar cada actividad con éxito) en función de la forma en que los humanos realizan hoy esas actividades. Se evalúa el rendimiento de las tecnologías existentes con los mismos criterios de desempeño y se consideran las actividades que están disponibles y bien definidas hoy. La progresión del desempeño de la automatización para los próximos 50 años se estima con expertos de la industria. El impacto económico se evalúa principalmente como un equivalente en sueldos (estimación de los tiempos que se destinan a cada actividad). Para modelar tendencias y crecimiento del empleo se utilizan índices actuales que se suponen se mantendrían constantes (Desempleo: OIT — Población: ONU — Costo de soluciones: no especificado).</p>	<p>Luego, se analiza el impacto que cada uno de estos escenarios podría tener en 5 sectores clave, dando un ejemplo del papel que la ciencia, la tecnología y la innovación podrían desempeñar para permitir que el sector aporte al crecimiento. En la sección final se presenta un marco de cuatro pasos para que las empresas orienten la planificación estratégica y las decisiones de inversión en CTI. No se explicitan las técnicas de análisis ni los supuestos empleados en la definición de los escenarios propuestos, salvo la referencia global a estudios previos.</p>	<p>El informe mantiene los mismos dominios de tecnologías emergentes identificadas en 2012, entre las que se identificaron diversas tecnologías significativas y multiuso. Estas fueron clasificadas en ocho tecnologías principales: (1) Materiales avanzados, (2) Satélites, (3) Almacenamiento energético, (4) Sistemas robóticos y autónomos, (5) Agro-ciencias, (6) Medicina regenerativa, (7) Big data, (8) Biología sintética.</p>
--	--	---	---	---

Escenarios de futuro	Este reporte busca mostrar el posicionamiento relativo de los países en un futuro con distintos escenarios. En este contexto la predicción fundamental se refiere a los distintos arquetipos.	El reporte indica las siguientes proyecciones: • 50% de las actividades serán automatizadas en 50 años. • 60% de las ocupaciones tiene un 30% de actividades 100% automatizables. • El aporte al crecimiento del PIB mundial será entre 0,8 y 1,4% anual, es decir entre un 30 y un 50% del 2,8% anual que se requiere para mantener el PIB per cápita actual. Un supuesto clave para estas proyecciones, es que los trabajos cambiados/desplazados serán reemplazados por otros que se derivarán de las nuevas demandas y posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías. El reporte indica que esto será similar a las evoluciones pasadas en los trabajos en agricultura y manufactura en el siglo XX en Estados Unidos, y los trabajos administrativos en el siglo XXI en Francia.	El informe define cuatro escenarios de futuro para Australia modelando trayectorias múltiples para drivers globales (población, clima y reducción de carbono) y su interacción con drivers locales (productividad agrícola, uso de la tierra, mezcla de consumo, horas de trabajo y eficiencia energética y del agua). Los escenarios corresponden a narrativas ilustrativas definidos sobre los modelamientos existentes y evidencias de anticipación, entre los que se identifican las megatendencias globales asociadas.	Las proyecciones de este reporte principalmente cualitativas, es decir, plantean futuros posibles, pero no realizan afirmaciones cuantitativas que sean verificables más adelante.	Las proyecciones de este reporte principalmente cualitativas, es decir, plantean futuros posibles, pero no realizan afirmaciones cuantitativas que sean verificables más adelante.
	<p>58 de los 100 países se encuentran en la categoría inferior (nacientes) y 25 en la superior (líderes). Todos estos países hoy están en categorías similares en varios índices, por lo que para el 83% de los países en el reporte, la predicción es que seguirán igual. Para los pocos países que están en los otros cuadrantes, las predicciones son potenciales riesgos u oportunidades para pasar a la categoría superior.</p>		<p>Las proyecciones de estos escenarios son principalmente cualitativas, es decir, plantean tipos de futuros posibles, pero no realizan afirmaciones cuantitativas que sean verificables más adelante.</p>		

* Las 7 megatendencias identificadas son: 1) Más eficiencia desde menos recursos; 2) Empuje planetario (límites y capacidad de carga); 3) La carretera de la seda (aumento en la demanda por servicios personales y financieros intensivos en conocimiento); 4) Por siempre joven (envejecimiento de la población); 5) Inmersión digital (mundo virtual para la provisión de servicios en un mundo creciente mente conectado); 6) Límites porosos (reforma de diseños organizacionales, de los sistemas de gobernanza y de los modelos de empleo dada la combinación de transformación digital y globalización); y 7) Grandes expectativas (aumento en la demanda por servicios personalizados sobre productos). En su conjunto, estas megatendencias proporcionan información las dimensiones económicas, ambientales, sociales y tecnológicas que darán forma al mundo en los próximos 15 años.

Tal como se aprecia en la Tabla 1, existen diferencias entre las metodologías de estos reportes que dan cuenta distintos enfoques y supuestos. Esto es clave de considerar a la hora de valorar sus contenidos.

Una primera conclusión general es que el conjunto de estos informes nos aporta una visión panorámica sobre las preocupaciones más relevantes acerca del futuro en aquellos países o lugares donde muchos de los avances tecnológicos o megatendencias que están cambiando nuestro mundo están emergiendo y produciendo sus primeros efectos. Ello nos pone a la vanguardia de la reflexión sobre sus implicancias y proyecciones. Sin embargo, esos mismos países han desarrollado una trayectoria tecnológica con base manufacturera que en el tiempo ha evolucionado hacia economías más complejas y diversas, con mayor capacidad de absorber nuevos conocimientos y nuevas tecnologías. Esta consideración nos genera dos importantes alertas:

- » En primer lugar, reconocer que Chile sigue siendo una economía poco sofisticada y todavía muy concentrada en la extracción de recursos naturales, lo que implica que debe recorrer su propio camino hacia el desarrollo a partir de su realidad particular.
- » En segundo término, estos reportes dejan fuera la experiencia acumulada y las oportunidades que generan los países asiáticos y otros intensivos en recursos naturales (como Canadá o Nueva Zelanda) que han mostrado mejoras en su desarrollo debido a una estrategia basada en la incorporación de conocimiento y en el fortalecimiento de sectores no tradicionales, como lo son los servicios.

Hecha esta advertencia, la Tabla 2 resume los sectores analizados en los reportes.

TABLA 2. PRINCIPALES ACTIVIDADES O SECTORES ECONÓMICOS ANALIZADOS EN LOS REPORTES

Áreas	Focos de análisis
Salud	Contempla el intercambio de conocimientos y avances tecnológicos que impactan en las técnicas de tratamientos y cirugías más precisas y a la medida. Incluye las formas de atención de los pacientes, la fabricación de insumos médicos, equipos quirúrgicos y productos farmacéuticos. Revisa cómo la investigación científica y tecnológica ayuda a mantenernos saludables, en un ambiente de envejecimiento de la población, migraciones globales y desafíos derivados del cambio climático.
Energía	Analiza el contexto de cambio climático global y de presión hacia la gestión eficiente de los recursos. Aborda las necesidades de identificar nuevas tecnologías para la producción y la distribución de energía basada en recursos renovables no convencionales y la eficiencia en la gestión de flujo de energía.
Combustibles (Fuel, gas & oil)	Incluye la exploración, extracción, producción y transporte de petróleo y gas, así como el suministro de gas y electricidad.
Globalización	Analiza la progresiva integración económica mundial que se funda en la capacidad de los países para sostener esquemas de comercio internacional, acceso a nuevos mercados, capacidad de inversión e infraestructura de transporte y electricidad para mantener el comercio. Considera el impacto que tiene este proceso global en la configuración de la división del trabajo y la demanda de futuras ocupaciones y habilidades.

Áreas	Focos de análisis
Alimentación y agricultura	Considera las actividades de producción agrícola (agricultura, acuicultura y servicios asociados) y las actividades post-explotación agrícola (fabricación de productos alimenticios y bebidas) son analizadas en un contexto de cambio climático, de forma de identificar soluciones tecnológicas para mejorar prácticas de producción y de manejo orientadas a ganar en eficiencia y en seguridad alimentaria de los países.
Minería	Incluye la exploración y extracción de mineral de carbón y metal, los servicios asociados y los equipos de apoyo a la minería. Las posibles áreas de crecimiento discutidas para este sector se relacionan con la expansión de los servicios intensivos en conocimiento (KIMS), el desbloqueo de nuevas fuentes de suministro, la producción sostenible y el alcance de mayor control sobre porciones más grandes de la cadena de valor.
Transporte	Analiza cómo mejores sensores y conectividad más rápida y confiable convergen en autos, trenes, aviones y transbordadores para mantenernos seguros, trasladarnos más rápido e integrarnos más fácilmente en el tejido de nuestras vidas.
Transformación digital	Revisa hasta qué punto un país tiene una infraestructura de TIC avanzada, segura y conectada para apoyar la adopción de nuevas tecnologías en la producción. También analiza cómo las tecnologías convergentes podrían transformar nuestros hogares y lugares de trabajo, así como difuminar esos dos dominios.
Cambio demográfico	Analiza el aumento del envejecimiento de la población, como resultado de la reducción sostenida de la tasa de natalidad y el aumento de las expectativas de vida en los países.
Sustentabilidad ambiental	Aborda el impacto de la producción en el medio ambiente y las posibilidades de mejora que ofrecen las nuevas tecnologías para mejorar el uso y manejo de los recursos naturales y las fuentes de energía alternativas.
Urbanismo	Analiza las ciudades como un espacio de concentración de población. En un contexto de aumento de población global los desafíos se concentran en la provisión de vivienda, de infraestructura y servicios, generando, a su vez, efectos sobre las organizaciones locales del empleo y los trabajadores.
Democracia y gobernanza global	Analiza cómo el panorama geopolítico se caracteriza por una mayor distribución del poder que ha desafiado la capacidad del sistema internacional para responder de manera efectiva a una serie de desafíos regionales y globales, en cuanto a las normas y regulaciones para el desarrollo tecnológico, las nuevas empresas y la fabricación avanzada.
Educación y empleo	Analiza los efectos del aumento de la automatización sobre los mercados laborales, con lo que se tensiona la capacidad de un país para responder a los cambios en el mercado laboral de producción desencadenados por la Cuarta Revolución Industrial.
Automatización	Analiza cómo el desarrollo de máquinas puede sustituir a los humanos, cada vez más en tareas relacionadas con el pensamiento, la multitarea y las habilidades motrices finas.
Manufactura avanzada	Analiza el efecto que tiene la penetración de nuevas tecnologías sobre la productividad industrial. Las posibles áreas de crecimiento discutidas para este sector se relacionan con productos y soluciones inteligentes y conectadas para la generación de productos de alto valor y sostenibles.

Abordando más específicamente los aspectos metodológicos, es necesario considerar que, debido a los diferentes enfoques con los que han sido elaborados, estos reportes pueden entregar muchas veces conclusiones dispares e incluso contradictorias. Esto, que es esperable cuando se intenta proyectar, a 50 años vista, los efectos de fenómenos complejos que recién emergen en nuestras sociedades, lo que no es declarado abiertamente de esa forma en los documentos respectivos. Y, por tanto, obliga a analizar con especial cuidado estos datos.

Un caso particular en este sentido nos lo muestra el reporte de McKinsey, que deja de lado expresamente tecnologías aún incipientes, centrándose exclusivamente en las ya probadas. Si este supuesto se hubiera hecho hace 50 años, todas las proyecciones sobre las comunicaciones y el mundo del trabajo no considerarían Internet.

En otro aspecto, debemos remarcar que todos los reportes comparten en su análisis un fuerte énfasis en lo económico y, salvo el informe de CSIRO, el supuesto de una trayectoria de progreso basado en las estructuras sociales y productivas del presente.

Destaca como un elemento muy relevante, en cualquier caso, el alto nivel de coincidencia respecto de cuáles son las grandes preocupaciones de orden global que debieran centrar nuestra atención, entre las que aparecen problemas como la sobreexplotación de los recursos naturales, el cambio climático, la automatización y el empleo, la explosión demográfica o el envejecimiento. Esto nos permite efectivamente rescatar información valiosa de ellos para los desafíos que nos convocan en Chile.

La revisión de estos informes nos alerta, además, respecto de la complejidad de los procesos de cambio global que estamos viviendo y de la multiplicidad de posibilidades que se abren a partir de ellos. Porque si algo hemos aprendido en los últimos siglos es cómo dos motores de la modernidad, la ciencia y la tecnología, han reconfigurado nuestro mundo y a nosotros mismos de modos que pocos pudieron imaginar en su momento. Baste recordar cómo, desde la irrupción del ferrocarril y el telégrafo hasta la masificación de la aviación comercial y la Internet —por nombrar solo algunas grandes innovaciones modernas— lo que hemos visto mutar no ha sido solamente el transporte o las comunicaciones, sino la configuración de los territorios y las ciudades, las ideas que teníamos sobre el tiempo, las distancias y las fronteras, las maneras de trabajar o de estudiar, el comercio y las finanzas, las relaciones personales, la publicidad, el ejercicio de la política y la ciudadanía, las formas de encontrarse o reencontrarse, la información, los delitos, las enfermedades y hasta la democracia.

3. Tres preocupaciones globales con alto impacto en Chile: cómo las comprendemos

La agrupación de los distintos sectores abordados en los reportes analizados en torno a tres grandes desafíos o preocupaciones globales nos permite tener una perspectiva más amplia. En su análisis se han integrado deliberadamente aportes de referentes del mundo de las ciencias sociales y las humanidades y el pensamiento complejo, que aporten a una comprensión más integral de las transformaciones que estamos viviendo.

Cabe destacar las dos premisas generales y relacionadas que se han considerado en cada uno de los grandes desafíos. Estas son:

Superar dicotomía humano mundo, esto es, asumir que como seres humanos somos en el mundo¹¹, y que ese mundo que nos rodea no es solo la naturaleza, sino también todo aquello producido y transformado por el hombre y la cultura. Ello implica que así como participamos cotidianamente de la creación y recreación del mundo, este y su acontecer también van definiendo o moldeando lo que somos. Esta comprensión —que ha marcado el pensamiento filosófico y científico del siglo XX— nos abre, por ejemplo, la posibilidad de mirar las innovaciones desde la perspectiva que nos plantea Ikka Tuomi como ‘expansiones ontológicas’, para entender que los productos del quehacer científico-tecnológico no solo nos cambian la vida, sino que a nosotros mismos.

Asumir la no neutralidad de las ciencias y la tecnología, y la necesidad de abandonar la idea de que todo lo que estas producen es siempre un salto adelante en el bienestar y en el desarrollo humano. En lugar de ello, se plantea entender que estas, al igual que otras actividades humanas, producen tanto beneficios como riesgos e incertidumbres; que bien solucionan problemas actuales como generan complicaciones o preocupaciones para el futuro. La historia del petróleo —una gran solución energética del siglo XIX que a comienzos del XXI vemos como uno de nuestros grandes problemas— es particularmente explicativa de este doble filo sobre el que siempre camina el desarrollo del conocimiento y de las dificultades de la humanidad para adaptarse a sus propias invenciones¹².

Sobre estas dos premisas, se abordan estos tres grandes campos de preocupación de carácter global, que abarcan variados fenómenos y tendencias en diversos sectores, y que tienen una expresión particular en Chile, demandando acciones urgentes y fundamentales para nuestro futuro.

- » **La sustentabilidad planetaria y el cambio climático**, o cuáles son y cómo enfrentaremos los grandes desafíos globales en materia ambiental y de sostenibilidad de la vida humana en el planeta.

11 Heidegger M. (1927), *Ser y Tiempo*. Traducción, prólogo y notas de Jorge Eduardo Rivera C.. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 1997, § 109, p.134

12 “Science and Public Reason”, Sheila Jasanoff.

- » **La revolución científico-tecnológica** o cómo y con qué profundidad las nuevas tecnologías disruptivas, en especial la ola digital, y otros desarrollos derivados de la ciencia están transformando nuestros modos de vida y de convivencia.
- » **La extensión de la vida y el envejecimiento**, o qué cambios y desafíos nos deparan las mayores expectativas de vida y de calidad de la misma.

a) La sustentabilidad planetaria y el cambio climático

Con la llegada del nuevo milenio se ha impuesto una inquietud global que va más allá de cualquier disputa ideológica y en la que convergen la gran mayoría de los políticos, científicos, empresarios e intelectuales¹³. Se trata de la preocupación, presente y de cara a las próximas generaciones, sobre la supervivencia del planeta y de la vida, amenazados por fenómenos derivados de la intervención humana y de impacto mundial. Los expertos han acuñado, de hecho, un término especial para describir esta era, que va desde la Revolución Industrial a la fecha, un nombre que habla de la evolución de la Tierra y de la nuestra como humanidad en ella: *Antropoceno*. Subrayan así, que el ser humano (con sus tecnologías y sus formas de habitar el mundo) es el responsable protagónico del estado actual del planeta.

Hablamos de un conjunto amplio de cambios socioeconómicos (desde las formas de producción hasta el acelerado crecimiento de la población, que ya supera los 7.500 millones de habitantes) e intervenciones en nuestro entorno que alteran no solo el paisaje sino el funcionamiento sistémico terrestre que determinan la capacidad del planeta para sostener la vida. Estas se expresan en fenómenos tales como el cambio climático; la contaminación del aire, la tierra y los océanos; la desertificación; la sobreexplotación de los recursos naturales; la biodiversidad amenazada y las alteraciones en los ciclos biogeoquímicos, entre otros.

Hablamos de cambios globales que están condicionando nuestra vida en el planeta, afectando nuestras capacidades energéticas, económicas y nuestras formas de relacionarnos y de organizarnos.

13 Cfr. Meadows, D.H. et al. (1972; 1992; 2004); *The Limits to Growth*, MIT Press, Massachusetts; *Más allá de los Límites del Crecimiento*, Aguilar, México; *Los Límites del Crecimiento: 30 años después*, Galaxia Gutemberg, Madrid 2006. Hansen, J. (2009), *Storms of my Grandchildren: the truth about the coming Climate Catastrophe and our last chance to save humanity*, Londres 2009. Sloterdijk, P. (2001) *Nicht gerettet. Versuche nach Heidegger. Sin Salvación. Tras las huellas de Heidegger*, Ediciones Akal, Madrid 2011.

Respecto de esta realidad, en las últimas décadas, el mundo ha transitado desde la perplejidad y la desorientación, o a veces el cinismo, a un cambio cada vez más asentado de conciencia ética y a la búsqueda de respuestas frente al peligro^{14 15 16}. De ahí que las preguntas cada vez más presentes, aunque no exentas de durísimos debates, son: ¿puede la Tierra soportar la carga a la que la hemos sometido?, ¿qué debemos hacer como humanidad para revertir esta amenaza?

Las propuestas que surgen, junto con asumir de manera radical la condición “híbrida” (naturaleza y cultura) de nuestra vida¹⁷, apuntan a transformarnos a nosotros mismos, individual y colectivamente, en nuestra relación con el planeta¹⁸ y a desarrollar, en esa línea, nuevas prácticas que nos obligan a repensar muchas de las actividades productivas que han dado forma a nuestras sociedades en los últimos dos siglos y que son, en buena medida, las causantes de estas amenazas. A modo de ilustración podemos decir que según las evaluaciones más recientes, para alimentar a la población mundial se requieren 1,6 planetas, en términos de superficies cultivables de tierra fértil. Y al ritmo actual, en 2030 se necesitarán dos planetas; y tres en 2050¹⁹.

No extraña, por tanto, que una conclusión derivada de los reportes internacionales consultados, sea que la sustentabilidad ambiental se ha transformando definitivamente en una preocupación transversal al proceso de producción de bienes y servicios.

Qué plantean los reportes

- » En la línea de **fortalecer la sustentabilidad de los procesos económicos, con foco en mitigar parte de los procesos que están en la base del cambio climático**, el informe del WEF destaca tres tendencias: reducir la intensidad de uso y mejorar la eficiencia en la demanda de energía; generar avances técnicos que reduzcan el precio de las energías renovables; y aumentar la eficiencia en extracción y producción de recursos naturales gracias a las nuevas tecnologías.

14 Cfr. Oyarzún P., in Benjamin W., El Narrador, Ediciones Metales Pesados, Santiago de Chile, 2008, p.

15 Cfr. Sloterdijk P. (1983), Crítica de la Razón Cínica; y (1999), Normas sobre el Parque Humano. Una respuesta a la Carta sobre el Humanismo de Heidegger.

16 Cfr. Sloterdijk P. (1983)

17 Cfr. Latour B (1991), Nous n'avons jamais été modernes, La Découverte, Paris

18 Cfr. Sloterdijk, P. (2009) Du mußt dein Leben ändern. Has de cambiar tu vida, Pre-Textos, España 2012.

19 (CNID (2017), Orientaciones Estratégicas de cara a 2030. P. 45. Datos tomados de Global Footprint Network, 2014)

- » Se hace evidente de estas recomendaciones que el **sector energético**, con impacto en prácticamente todas las demás actividades productivas del planeta, es uno de los engranajes clave de la economía global que debe hacer frente a desafíos ambientales de gran envergadura. Pero a diferencia de otros sectores, como la minería, esta industria ha experimentado cambios muy relevantes hacia la sustentabilidad en las últimas décadas, principalmente a través de la irrupción de las energías renovables no convencionales (ERNC), que han ido reemplazando principalmente a los combustibles fósiles en la generación eléctrica.
- » Aunque todavía se prevé mucho espacio por avanzar en esta senda, **existe el convencimiento de que esta transformación de la matriz por sí sola no va a ser suficiente para satisfacer las necesidades energéticas de la humanidad**. Y un ejemplo muy cercano para Chile es la minería, que aún no cuenta con alternativas renovables adecuadas a la potencia y robustez que requieren sus procesos.
- » Una preocupación especial en este sector, desde un enfoque costo-beneficio, está en **identificar tecnologías que viabilicen la producción y distribución de la energía producida** (McKinsey). Es esperable, por ejemplo, que la convergencia de tecnologías pueda contribuir a la reducción de costos de producción y de almacenamiento de las energías renovables, como una alternativa para resolver la intermitencia. Y ello se complementa con una **gestión mejorada de la red**, que permitirá esquemas de fijación de precios de energía personalizados y de generación distribuida, además de la **exploración y extracción de fuentes de suministro subutilizadas, exportaciones renovables y exportaciones de carbón** (CSIRO).

TABLA 3 LA SUPERVIVENCIA DEL PLANETA (resumen de hallazgos en reportes internacionales)

McKinsey	WEF	CSIRO	Nesta	Go-Sience
<p>El foco en los recursos naturales evidencia tres tendencias: (1) mayor eficiencia en la demanda de energía, (2) el efecto de avances tecnológicos en la reducción de los precios de las energías renovables y (3) el aumento de productividad debido a nuevas tecnologías.</p> <p>Las tecnologías asociadas a la demanda de energía en el ámbito de recursos naturales tienden a ganar eficiencia e impactar en la reducción del precio de las energías renovables.</p> <p>Ante el aumento sostenido de la población, el problema está en proveer vivienda accesible e infraestructura acorde con las necesidades de las ciudades.</p>	<p>La sostenibilidad involucra la gestión de los recursos como parte de la planificación del desarrollo, particularmente evalúa el impacto de la producción en el medioambiente incluyendo el uso de fuentes de energía alternativas</p> <p>Esta tendencia plantea un argumento para que los países inviertan en tecnologías para mejorar el monitoreo, la mitigación y gestión de los riesgos más probables y de mayor impacto en las industrias intensivas en recursos naturales.</p> <p>La gestión de recursos es un componente clave de la planificación del desarrollo económico nacional y debe ser una consideración primordial de las estrategias industriales sostenibles en minería.</p>	<p>Nuevas tecnologías permitirán generar energía desde fuentes renovables; mejorar la productividad agrícola y la producción de alimentos, bajando el impacto sobre el ambiente; y el desarrollo de procesos mineros basados en servicios intensivos en conocimiento que mejoran el uso de energía y la eficiencia en la producción.</p> <p>En energía, la gestión mejorada de la red admite un mayor flujo de información que impulsa los esquemas de fijación de precios personalizados y el crecimiento de la electricidad generada por fuentes de energía renovables. Las posibles áreas de crecimiento se relacionan con los servicios de redes inteligentes y energía, exploración y extracción de fuentes de suministro subutilizadas, exportaciones renovables y exportaciones de carbón.</p>	<p>El cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero requiere inversión en tecnologías ecológicas, incluyendo iluminación LED, vehículos eléctricos, sistemas solares fotovoltaicos y eólica en tierra y formas más sofisticadas de eficiencia energética, lo que también creará oportunidades para el financiamiento ecológico.</p> <p>Las ciudades son un imán para las industrias de gran valor e intensivas en conocimiento, donde la proximidad física permite la colaboración, y los trabajadores y el personal se benefician de la mejora de la agrupación y el logro laboral.</p> <p>El cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero requiere inversión en tecnologías ecológicas en varias industrias, entre ellas la agricultura y la silvicultura. En este contexto, la evidencia del potencial de empleo más amplio en economía verde aún es ambigua y dependiente de las políticas gubernamentales.</p>	<p>La convergencia de tecnologías permite visualizar mejoras en la producción de alimentos y en el sector energético, aumentando la productividad con base en una gestión eficiente de los recursos naturales.</p> <p>Otro efecto clave de esta convergencia es la reducción del costo del almacenamiento de energías renovables, para resolver la intermitencia y reducir la carga sobre los recursos para la generación energética en el planeta.</p>

(Continuación fila del cuadro anterior)

McKinsey	WEF	CSIRO	Nesta	Go-Sience
		<p>La aplicación de las ciencias de los suelos y las plantas al manejo del suelo y la producción de cultivos se puede utilizar para aplicar tecnologías y prácticas de manejo que mejoren la eficiencia en el uso de recursos como el agua, los nutrientes y el trabajo; con miras a reducir los desechos.</p> <p>Se comparan los métodos más tradicionales de minería subterránea o a cielo abierto, donde la recuperación in situ (RIS) tiene el potencial de respaldar operaciones mineras sostenibles. El RIS consume menos energía y agua y puede estructurarse para requerir inversiones de capital significativamente más pequeñas que las asociadas con una mina más convencional.</p>		

McKinsey	WEF	CSIRO	Nesta	Go-Sience
<p>La penetración de las tecnologías digitales es posiblemente la fuerza más poderosa para la transformación de nuestro tiempo, lo que es especialmente válido para las tecnologías de inteligencia artificial y su impacto potencial sobre la productividad y el crecimiento.</p> <p>Existe un reconocimiento generalizado de que la automatización está transformando los mercados laborales, pero la conversación se ha trasladado a los detalles de qué trabajo probablemente hagan los seres humanos y cómo garantizar que tengan las habilidades y capacidades para hacerlo.</p>	<p>Los países deben considerar su posición, ya sea como un innovador técnico o como un adaptador de tecnología e innovador frugal. La disponibilidad de fondos, talento y otros factores probablemente influirán en la capacidad para fomentar la innovación y comercializar innovaciones que tengan una aplicación potencial en la producción.</p> <p>Los países necesitarán un desarrollo adecuado de experiencia digital, técnica, comercial y de gestión para impulsar la adopción y el uso inmediato de las tecnologías emergentes. Los países deben ser ágiles para adaptarse y asegurar la combinación adecuada de capital humano para unir la demanda y la oferta laboral en el futuro de la producción. A largo plazo, los países deben desarrollar su fuerza laboral de producción del futuro. Esto requiere nuevos enfoques para la capacitación técnica y vocacional.</p>	<p>Las tecnologías asociadas a robótica e inteligencia artificial pueden llegar a impactar fuertemente el desarrollo de las actividades intensivas en la explotación de recursos naturales en condiciones geográficas extremas —como es el caso de la minería— así como también en los procesos industriales rutinarios. El efecto previsible es el aumento de la productividad en los sectores económicos.</p> <p>En el sector manufacturero, el diseño y la producción de textiles, de productos a base de madera, de productos químicos, polímeros, maquinaria y equipos podrían utilizar soluciones conectadas que permiten el monitoreo remoto de todos los aspectos de las plantas y equipos para la optimización del proceso.</p>	<p>La profundización de la automatización y la robótica reconfigura la demanda futura de ocupaciones y habilidades de los trabajadores las que estarán mayormente vinculadas con: (1) control y precisión y (2) producción procesamiento.</p> <p>Con el uso de plataformas peer-to-peer, las actividades son susceptibles de producción descentralizada, desbloqueando activos no utilizados o subutilizados, pero en el proceso se confunden las definiciones tradicionales de propiedad y empleo. Algunos ejemplos de esto se aprecian en automatización e inteligencia artificial.</p> <p>En la actualidad se aprecia una reconfigurando de la división global del trabajo, donde los mercados laborales en todo el mundo se han ido integrando cada vez más. El surgimiento de países como China e India, durante siglos con bajos rendimientos económicos, ha generado un inmenso choque de oferta a los patrones tradicionales de comercio y empleo.</p>	<p>Los efectos previstos de la robotización y automatización se aprecian en la generación de laboratorios clínicos automatizados, con capacidad de funcionamiento 24/7. En el sector de transporte el progreso de vías inteligentes y la autonomía de medios de transporte pone en cuestión las formas de organización de nuestras ciudades.</p> <p>Las tecnologías tienen el potencial de transformar la forma en que producimos alimentos, accedemos a servicios de salud, la configuración de nuestros hogares y lugares de trabajo; desarrollo de sistemas inteligentes y de soportes de acuerdo con las exigencias del medio en el que se desarrollan estas actividades o en relación a nuestra edad y de salud física.</p> <p>La convergencia de tecnologías en el sector alimentario se podría traducir en la generación de soluciones para el monitoreo de los cultivos agrícolas, la detección de plagas o el identificación de cultivos deshidratados; a través de vehículos aéreos no tripulados, sensores climáticos locales o el desherbado autónomo. Los datos recolectados se pueden analizar cada vez más en el campo sin los costosos retrasos de esperar los resultados del laboratorio.</p>

(Continuación fila del cuadro anterior)

McKinsey	WEF	CSIRO	Nesta	Go-Sience
<p>La manufactura avanzada está gatillando cambios fundamentales en la forma de organizar la producción, al punto que se espera que revierta el inesperado estancamiento de la productividad de los últimos años, considerando el nivel de penetración que ya han tenido las nuevas tecnologías.</p> <p>Los avances tecnológicos aumentan la eficiencia en extracción y producción gracias a las nuevas tecnologías que permiten aumentar la eficiencia en la demanda de energía asociada a los procesos de explotación.</p> <p>Las nuevas dinámicas financieras y digitales empujan la globalización e integración económica mundial hacia países asiáticos y emergentes.</p>	<p>Los países mejor posicionados para el futuro de la producción tradicionalmente ofrecen un buen marco institucional que se traduce en eficiencia regulatoria, sistemas jurídicos sólidos, estado de derecho, protección de la propiedad intelectual y seguridad de los datos. La buena gobernanza fomenta un entorno favorable al rendimiento de todos los demás drivers de la producción.</p> <p>Los países con altas tasas de participación en el comercio internacional seguirán cosechando los beneficios de un mayor conocimiento y especialización; obteniendo transferencia de tecnología, promoviendo la competencia y generando economías de escala.</p>			<p>Conforme las rutas y caminos se transforman en “inteligentes” —con nuevos materiales y sensores integrados—, el intercambio abierto de datos de programación ayudará a planificar viajes y estar atentos a la congestión y los retrasos; además la autonomía cubrirá desde la cabina de vuelo y los sistemas como el tren ligero hasta los viajes individuales.</p>

-
- » Desde una perspectiva de **sostenibilidad de los recursos**, el reporte del WEF hace notar que el acento se ha puesto en la **disponibilidad de tecnologías que permitan reducir las emisiones que contribuyen al cambio climático y sus efectos**. Esto es particularmente importante en las **actividades vinculadas con la explotación de recursos naturales, un aspecto crucial para Chile**.
 - » Existe coincidencia en los reportes en cuanto a que **la triada monitoreo-gestión-mitigación de recursos naturales debe ser entendida como un componente clave en las estrategias industriales y en la planificación del desarrollo económico nacional** (CSIRO y Go-Science). Se apunta que si los países descuidan este aspecto, es posible que no logren sus objetivos de desarrollo, especialmente en los sectores vinculados con la **producción de alimentos y la agricultura** (intensiva en el uso de agua), además de los sectores extractivos de recursos naturales.
 - » Se destaca el rol que pueden jugar las **nuevas tecnologías en minería**, para aumentar la eficiencia en la demanda de energía asociada a los procesos de explotación, es la posibilidad de la recuperación in situ (RIS), que tiene el potencial de respaldar operaciones mineras sostenibles (McKinsey). Por otro lado, la introducción de **nuevos materiales que mejoren drásticamente la eficiencia de las celdas fotovoltaicas y la seguridad de las pilas de combustible nuclear** contribuirán a reducir la carga sobre otros recursos para la generación (Go-Science).
 - » El cumplimiento de los objetivos de **reducción de emisiones de gases de efecto invernadero** requiere inversión en tecnologías ecológicas en varias industrias, entre ellas la **agricultura y silvicultura**. Esto puede significar un potencial de empleo más amplio en economía verde, sin embargo, el mismo informe apunta que la proyección aún es ambigua y muy dependiente de las políticas gubernamentales (Nesta).
 - » Otro foco de atención de los reportes está en las **tecnologías para reducir el volumen de desperdicios, emisiones y el uso de los recursos hídricos** (WEF). En esta línea, la aplicación de las ciencias de los suelos y las plantas al manejo del suelo y la producción de cultivos puede redundar en nuevas tecnologías y prácticas de manejo que mejoren la eficiencia en el uso de recursos como el agua, los nutrientes y el trabajo en la **agricultura** (CSIRO). Junto con ello, la **convergencia de tecnologías en el sector alimentario** se podría traducir en la generación de soluciones para el monitoreo de los cultivos agrícolas, la detección de plagas o la identificación de cultivos deshidratados; a través de vehículos aéreos no tripulados, sensores climáticos locales o el desherbado autónomo. Además, los datos recolectados se pueden analizar cada vez más en el campo sin los costosos retrasos de esperar los resultados de las muestras del laboratorio (Go-Science).

Los reportes coinciden en la relevancia de la CTI para marcar avances importantes en varios de los actuales desafíos de desarrollo de los países que contribuyan a no comprometer la capacidad de recuperación ecosistémica del planeta.

Dado el énfasis de mejora en la productividad que, en general, muestran estos informes, las tendencias de mejora tecnológicas previstas refuerzan la necesidad de avanzar en dos vías. La primera es la disminución o la mitigación los impactos potenciales de los procesos

productivos e industriales, especialmente en los sectores intensivos en recursos naturales. La segunda es la de complementar la reducción del impacto con las mejoras necesarias en la eficiencia en el uso y gestión de los recursos necesarios para los procesos productivos, especialmente la energía y el agua.

No obstante, queda abierta la posibilidad de explorar la dimensión social de nuestra supervivencia en el planeta, puesto que parece inevitable que el avance hacia estadios más sostenibles del desarrollo implicaría cambios en las formas de producir y, a la vez, en nuestros patrones de consumo. Ahí, las ciencias sociales tienen un rol fundamental en ayudarnos a entender de manera más amplia el impacto (humano, social y económico) de estas tecnologías en la realidad de cada territorio. Esta es una tarea que corresponderá a cada país o a los gobiernos locales de las zonas en las que se despliegan nuevas tecnologías para apoyar la producción de bienes y servicios conscientes de los límites de nuestro planeta.

En resumen, en línea con estos desafíos ambientales sectoriales —y a la par del impulso que los gobiernos pueden dar a la búsqueda de soluciones para enfrentar los diversos desafíos—, los reportes dan cuenta de que la creciente conciencia de las personas respecto de los límites planetarios se traducirá en profundos cambios de carácter cultural y ético que marcarán un verdadero giro epocal y que seguirán transformando todas las actividades humanas.

Las implicancias para Chile de esta megatendencia y una propuesta para abordarlas desde la CTCI, ha sido abordada por un conjunto de expertos en la materia convocados por el CNID y la División de Innovación del Ministerio de Economía, a fines de 2018.

b) La revolución científico tecnológica

El desarrollo científico tecnológico acelerado que ha marcado las últimas décadas y, en especial, el uso progresivo e intensivo de las tecnologías digitales son los motores de transformación de mayor potencia en el mundo. No es difícil imaginar también que serán los que más impacto pueden tener en la configuración futura de nuestras sociedades, abarcando cada vez más dimensiones de la vida humana. Y no podría ser de otra forma, si entendemos que lo humano y lo tecnológico son inseparables²⁰. De ahí que todas nuestras prácticas y las maneras que determinemos para buscar mejores respuestas siempre serán antropotécnicas²¹ y, más aún, antropotecnológicas. Y de ahí que podamos decir también que, debido a la relevancia del conocimiento científico y la tecnología en la vida contemporánea, es muy posible que ciertos compromisos básicos de ordenamiento de las sociedades modernas se encuentren hoy tácitamente expresados en la organización misma de la vida alrededor de los productos del ingenio y del conocimiento humano, más que en leyes u otros tipos de acuerdos sociales²².

El gran problema que enfrentamos hoy es que junto con abrimos maravillosas posibilidades, las tecnologías digitales están también generando sensaciones que van de la incomodidad hasta el miedo (por ejemplo, a perder el empleo a manos de un robot o incluso de un algoritmo!). Nos sentimos superados por nuestras propias invenciones. Nuestros procesos para hacernos personas, que incluyen por supuesto, nuestras maneras de relacionarnos, están siendo claramente condicionadas por tecnologías de interacción, intervención, manipulación y modelamiento²³, que a un plazo no determinable podrían transformar fuerte y definitivamente nuestras nociones acerca de nuestra propia humanidad; a la identidad individual y los derechos subjetivos; las maneras de comportarnos y relacionarnos; los derechos de los ciudadanos consumidores versus el poder privado (o del mercado); las formas de practicar, concebir y establecer lo ético-político; las instituciones de la democracia y los estados nacionales; e incluso la legitimidad de las instituciones supranacionales de conocimiento y gobernabilidad²⁴.

Como país no desarrollado, además, tenemos otro desafío: cómo no quedarnos atrás de esta revolución tecnológica, aprovechando las posibilidades que se nos pueden abrir para favorecer un desarrollo más integral (en las comunicaciones, la productividad, la automatización, la educación, los servicios públicos, el comercio, la medicina y un sin fin de etcéteras), pero sin tener que pagar (o al menos reducir) los costos del lado menos amable de estas tecnologías (la alienación, la posverdad, la privacidad robada, la pérdida de empleos y otro largo etcétera también).

20 Cfr. Stiegler, B. (1994; 1996; 2001)) *La Technique et les Temps 1. La faute d'Épiméthée; La Technique et les Temps 2. La désorientation; La Technique et les Temps 3. Les Temps du cinéma et la question du mal-être*. Ed. Galilée, Paris. Y, Rivera, M. (2014), "Tecno-génesis y antro-po-génesis en Bernard Stiegler O de la mano que inventa al hombre", *Revista Nombres*, N°28, Córdoba, Argentina. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/NOMBRES/article/view/12030/12328>

21 Cfr. Sloterdijk P. (2009)

22 "Science and Public Reason", Sheila Jasanoff.

23 Cfr. Stiegler B. (2008 y 2012)

24 "Science and Public Reason", Sheila Jasanoff.

Qué plantean los reportes

Todos los reportes consultados coinciden en que el desarrollo de estas las tecnologías digitales y sus aplicaciones sobre otras tecnologías impulsará mejoras de eficiencia en diferentes ámbitos productivos, con un consecuente efecto en el crecimiento económico.

El WEF plantea que los países deberán **considerar (o definir) su posición, ya sea como un innovador técnico o como un adaptador de tecnología e innovador frugal**. Y esta es una pregunta que Chile deberá hacerse muy seriamente y con urgencia, aunque seguramente diferenciando entre tipos de tecnologías o sectores específicos.

Este reporte plantea, además, que:

Los **países mejor posicionados para el futuro de la producción tradicionalmente ofrecen un buen marco institucional que se traduce en eficiencia regulatoria, sistemas jurídicos sólidos, estado de derecho, protección de la propiedad intelectual y seguridad de los datos**. Además, la buena gobernanza fomenta un entorno que puede promover el rendimiento en todos los demás drivers de la producción.

- » Los **países con altas tasas de participación en el comercio internacional seguirán cosechando los beneficios de un mayor conocimiento y especialización**; obteniendo transferencia de tecnología, promoviendo la competencia y generando economías de escala.
- » Los países necesitarán un **desarrollo adecuado de experiencia digital, técnica, comercial y de gestión para impulsar la adopción y el uso inmediato de las tecnologías emergentes** y deberán ser ágiles para adaptarse y asegurar la combinación adecuada de capital humano para unir la demanda y la oferta laboral en el futuro de la producción.
- » La **disponibilidad de fondos, talento y otros factores** probablemente influirán en la capacidad de un país para fomentar la innovación y comercializar innovaciones que tengan una aplicación potencial en la producción. A largo plazo, **los países deben desarrollar su fuerza laboral de producción del futuro**. Esto requiere nuevos enfoques para la capacitación técnica y vocacional.

El conjunto de los reportes destaca también que el uso de una **infraestructura de TIC avanzada, segura y conectada** para apoyar la adopción de nuevas tecnologías en la producción, puede definir una nueva forma de división internacional del trabajo; así como la importancia de las **tecnologías digitales para facilitar la coordinación y control de actividades en modos de producción descentralizados, por ejemplo en agricultura de precisión, en sistemas de monitoreo en agricultura o sensores de bio monitoreo aplicados a pacientes en terapias de salud** (WEF y CSIRO).

Pero la mayor coincidencia de los reportes está en considerar que la tendencia más relevante hoy es el progreso de **los procesos automatizados, la robótica y la inteligencia artificial, de las que se espera un importante impacto potencial sobre la productividad**, en tanto posibilitan la reorganización de la producción, el desarrollo de productos y soluciones inteligentes y conectadas, productos de alto valor personalizados a los requerimientos de los usuarios, sostenibles, y nuevas oportunidades de mercado (McKinsey).

Hoy se plantea incluso pensar en la inteligencia artificial como un mecanismo radicalmente diferente de creación de riqueza.

- » Los sectores vinculados con la **explotación de recursos naturales** estarían entre los principales protagonistas de estos cambios, abriéndose la posibilidad de fomentar la generación de proveedores de servicios intensivos en conocimiento. Este sería el caso de la minería australiana, comenta CSIRO, y la pregunta obvia que surge es qué debiera pasar con la minería chilena o con la todavía incipiente industria local de proveedores para este sector, los que además se concentran fuertemente en la Región Metropolitana de Santiago²⁵.
- » Las **industrias de manufacturas, textil y de explotación de recursos naturales** pueden incluir también mejoras de automatización a nivel de plantas y equipos para la optimización del proceso de producción (CSIRO), y a ellas se pueden sumar los sectores de **transporte**, con vehículos autónomos (Go-Science).
- » Las tecnologías asociadas a robótica e inteligencia artificial pueden llegar a impactar fuertemente el desarrollo de las **actividades intensivas en la explotación de recursos naturales en condiciones geográficas extremas** —como es el caso de la minería— así como también en los procesos industriales rutinarios: en el sector manufacturero, el diseño y la producción de textiles, de productos a base de madera, de productos químicos, polímeros, maquinaria y equipos podrían utilizar soluciones conectadas que permiten el monitoreo remoto de todos los aspectos de las plantas y equipos para la optimización del proceso (CSIRO).
- » Hoy vemos, además, cómo el avance de la robótica ha permitido el **diseño de robots humanoides que progresivamente están dotados con capacidades de interacción social y de reacción que se asemejan a los seres humanos**²⁶. De hecho, uno de los efectos que Alexa de Amazon ha provocado en adultos mayores, es la sensación de tener una compañía que de otra forma no tendrían.

25 Atienza, M., Lufin, M., and Soto, J. (2018). Mining Linkages in the Chilean copper supply network and regional economic development. Forthcom. Resour. Policy.

26 Nadia Magnenat Thalmann. Coversatorio “Un mundo Cyborg”. Congreso Futuro 2018. Chile

Sin embargo, no todo es foco de mejora productiva en los informes revisados.

- » La interfaz entre las mejoras en productividad sectoriales y los efectos sociales de la transformación digital permiten vislumbrar impactos en los ámbitos de **salud** (robotizando los laboratorios de muestras o las intervenciones quirúrgicas), **vivienda, bienestar**, entre otras (Go-Science). Estas interfaces se expresan en la convergencia de tecnologías que podrían transformar nuestros hogares y lugares de trabajo (incluso difuminar esos dos dominios), en tanto permiten el desarrollo de sistemas inteligentes y de soporte en la realización de tareas diarias.
- » **Conforme las rutas y caminos se transforman en “inteligentes”** —con nuevos materiales y sensores integrados que brindan un viaje más seguro—, el intercambio abierto de datos de programación no solo nos ayudará a planificar viajes y estar atentos a la congestión y los retrasos, sino que la autonomía cubrirá desde la cabina de vuelo y los sistemas como el tren ligero hasta los viajes individuales (Go-Science).

TABLA 4. LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA (resumen de hallazgos en reportes internacionales)

McKinsey	WEF	CSIRO	Nesta	Go-Sience
<p>La penetración de las tecnologías digitales es posiblemente la fuerza más poderosa para la transformación de nuestro tiempo, lo que es especialmente válido para las tecnologías de inteligencia artificial y su impacto potencial sobre la productividad y el crecimiento.</p> <p>Existe un reconocimiento generalizado de que la automatización está transformando los mercados laborales, pero la conversación se ha trasladado a los detalles de qué trabajo probablemente hagan los seres humanos y cómo garantizar que tengan las habilidades y capacidades para hacerlo.</p>	<p>Los países deben considerar su posición, ya sea como un innovador técnico o como un adaptador de tecnología e innovador frugal. La disponibilidad de fondos, talento y otros factores probablemente influirán en la capacidad para fomentar la innovación y comercializar innovaciones que tengan una aplicación potencial en la producción.</p> <p>Los países necesitarán un desarrollo adecuado de experiencia digital, técnica, comercial y de gestión para impulsar la adopción y el uso inmediato de las tecnologías emergentes. Los países deben ser ágiles para adaptarse y asegurar la combinación adecuada de capital humano para unir la demanda y la oferta laboral en el futuro de la producción. A largo plazo, los países deben desarrollar su fuerza laboral de producción del futuro. Esto requiere nuevos enfoques para la capacitación técnica y vocacional.</p>	<p>Las tecnologías asociadas a robótica e inteligencia artificial pueden llegar a impactar fuertemente el desarrollo de las actividades intensivas en la explotación de recursos naturales en condiciones geográficas extremas -como es el caso de la minería- así como también en los procesos industriales rutinarios. El efecto previsible es el aumento de la productividad en los sectores económicos.</p> <p>En el sector manufacturero, el diseño y la producción de textiles, de productos a base de madera, de productos químicos, polímeros, maquinaria y equipos podrían utilizar soluciones conectadas que permiten el monitoreo remoto de todos los aspectos de las plantas y equipos para la optimización del proceso.</p>	<p>La profundización de la automatización y la robótica reconfigura la demanda futura de ocupaciones y habilidades de los trabajadores las que estarán mayormente vinculadas con: (1) control y precisión y (2) producción procesamiento.</p> <p>Con el uso de plataformas peer-to-peer, las actividades son susceptibles de producción descentralizada, desbloqueando activos no utilizados o subutilizados, pero en el proceso se confunden las definiciones tradicionales de propiedad y empleo. Algunos ejemplos de esto se aprecian en automatización e inteligencia artificial.</p> <p>En la actualidad se aprecia una reconfigurando de la división global del trabajo, donde los mercados laborales en todo el mundo se han ido integrando cada vez más. El surgimiento de países como China e India, durante siglos con bajos rendimientos económicos, ha generado un inmenso choque de oferta a los patrones tradicionales de comercio y empleo.</p>	<p>Los efectos previstos de la robotización y automatización se aprecian en la generación de laboratorios clínicos automatizados, con capacidad de funcionamiento 24/7. En el sector de transporte el progreso de vías inteligentes y la autonomía de medios de transporte pone en cuestión las formas de organización de nuestras ciudades.</p> <p>Las tecnologías tienen el potencial de transformar la forma en que producimos alimentos, accedemos a servicios de salud, la configuración de nuestros hogares y lugares de trabajo; desarrollo de sistemas inteligentes y de soportes de acuerdo con las exigencias del medio en el que se desarrollan estas actividades o en relación a nuestra edad y de salud física.</p>

(Continuación fila del cuadro anterior)

McKinsey	WEF	CSIRO	Nesta	Go-Sience
<p>La manufactura avanzada está gatillando cambios fundamentales en la forma de organizar la producción, al punto que se espera que revierta el inesperado estancamiento de la productividad de los últimos años, considerando el nivel de penetración que ya han tenido las nuevas tecnologías.</p> <p>Los avances tecnológicos aumentan la eficiencia en extracción y producción gracias a las nuevas tecnologías que permiten aumentar la eficiencia en la demanda de energía asociada a los procesos de explotación.</p> <p>Las nuevas dinámicas financieras y digitales empujan la globalización e integración económica mundial hacia países asiáticos y emergentes.</p>	<p>Los países mejor posicionados para el futuro de la producción tradicionalmente ofrecen un buen marco institucional que se traduce en eficiencia regulatoria, sistemas jurídicos sólidos, estado de derecho, protección de la propiedad intelectual y seguridad de los datos. La buena gobernanza fomenta un entorno favorable al rendimiento de todos los demás drivers de la producción.</p> <p>Los países con altas tasas de participación en el comercio internacional seguirán cosechando los beneficios de un mayor conocimiento y especialización; obteniendo transferencia de tecnología, promoviendo la competencia y generando economías de escala.</p>			<p>La convergencia de tecnologías en el sector alimentario se podría traducir en la generación de soluciones para el monitoreo de los cultivos agrícolas, la detección de plagas o el identificación de cultivos deshidratados; a través de vehículos aéreos no tripulados, sensores climáticos locales o el desherbado autónomo. Los datos recolectados se pueden analizar cada vez más en el campo sin los costosos retrasos de esperar los resultados del laboratorio.</p> <p>Conforme las rutas y caminos se transforman en “inteligentes” -con nuevos materiales y sensores integrados-, el intercambio abierto de datos de programación ayudará a planificar viajes y estar atentos a la congestión y los retrasos; además la autonomía cubrirá desde la cabina de vuelo y los sistemas como el tren ligero hasta los viajes individuales.</p>

Una de las principales tensiones que aparece en el escenario de un mundo que avanza hacia la automatización es el **efecto que tendrían la automatización, los robots y la inteligencia artificial sobre el futuro del empleo**.

No hay dos opiniones en cuanto a que estas tendencias están transformando los mercados laborales y que en el futuro pueden hacerlo más profundamente aún. La división se produce respecto del optimismo con que se analiza este fenómeno, en especial sobre qué trabajos probablemente harán los seres humanos y cómo garantizar que tengan las habilidades y capacidades para hacerlos, y para evitar que esta reconfiguración se traduzca en desempleo. Un reporte del CNID sobre el futuro del empleo, revisa un conjunto de reportes internacionales para identificar proyecciones en torno a los empleos con mayor riesgo frente a la automatización, y las habilidades que serán más demandadas²⁷.

- » Si bien **la visión más optimista es que, tal como ha ocurrido en otros momentos de la historia, los empleos que se pierdan serán reemplazados por otros que antes no existían**, existe esta vez una preocupación especial, expresada por el historiador Yuval Noah Harari: en circunstancias similares que se produjeron en el pasado —advierte—, lo que ocurrió siempre fue que los puestos de trabajo que se perdían eran reemplazados por otros que no requerían mayores calificaciones; en cambio hoy, la previsión es que los nuevos trabajos serán más sofisticados.

Este es un **gran y urgente desafío desde el punto de vista de la educación y la capacitación** que se debe enfrentar desde ya, porque se estima que dos tercios de los niños y niñas que hoy entran a educación primaria, probablemente se encontrarán trabajando en empleos que aún no existen²⁸. Y cuán específico deberá ser este esfuerzo es una de las primeras preguntas que será necesario responder.

Según el reporte de Nesta, la profundización de la automatización y la robótica reconfigura la demanda futura de ocupaciones y habilidades de los trabajadores las que estarán mayormente vinculadas con: (1) control y precisión y (2) producción procesamiento. Pero **una simple extensión de lo que hacemos hoy día no parece ser la respuesta a lo que enfrentaremos en las próximas décadas**.

- » A estas complejidades derivadas de la irrupción de nuevas tecnologías, se suman además los efectos de una **reconfiguración de la división global del trabajo y una creciente integración de los mercados laborales en todo el mundo**.
- » El surgimiento de países como China e India, que durante siglos tuvieron bajos rendimientos económicos, ha generado un inmenso choque de oferta a los patrones tradicionales de comercio y empleo (Nesta). Y a ello se agrega que las nuevas dinámicas financieras y digitales empujan la globalización e integración económica mundial hacia países asiáticos y emergentes (McKinsey).

27 CNID (2018), Futuro del empleo: Revisión de literatura.

28 CNID (2017), Orientaciones Estratégicas de cara a 2030. P.53.

Nesta advierte, además, que las personas tienden a subestimar los enormes efectos de la tecnología a largo plazo, por lo que **una vía de solución es la de disponer de mecanismos permanentes de educación y de formación de los trabajadores**, de modo de facilitar su flexibilidad laboral y posibilidades de cambio en sus labores en la medida que la automatización tenga una mayor penetración en el mercado del trabajo. En esto coincide también el reporte del WEF.

- » En este ámbito, existe una rica discusión en disciplinas más allá de la economía que podrían ayudar a una mejor evaluación de los desafíos y a mejores decisiones de política, en especial en materia de educación, donde se discuten y proponen cambios curriculares y de metodologías de aprendizaje que entrecruzan ciencias y humanidades, tanto en educación escolar como superior, con el objetivo de hacerse cargo de un mundo que cambia en lo social, en lo económico y en lo político, y donde está en juego también el lugar que ocupan los seres humanos²⁹.
- » Todo indica que estos cambios están acelerando aún más un fenómeno que venimos experimentando desde hace ya varias décadas y que **el tránsito desde un ideal basado en la seguridad y la estabilidad a una resignación práctica frente a la realidad que nos dice que eso ya no será posible**. Esto, sin duda, puede abrir espacio a conflictos sociales y a una creciente desorientación en la conformación de identidades personales. ¿Qué valor tendrá ser mecánico, ingeniero, médico o profesor? ¿Seguirá siendo el título —o la falta uno— un determinante de cómo nos definimos? La (re)configuración futura de los sistemas educativos, tanto escolares, de educación superior y especialmente de educación continua, depende de la visión que seamos capaces de construir hoy respecto de estos cambios.

Las implicancias para Chile de esta megatendencia y una propuesta para abordarlas desde la CTCI, ha sido abordada por un conjunto de expertos en la materia convocados por el CNID y la División de Innovación del Ministerio de Economía, a fines de 2018.

c) La extensión de la vida y el envejecimiento

El desarrollo de las ciencias biológicas, la medicina y las tecnologías aplicadas a la salud ha permitido en el pasado y seguirá impulsando en el futuro el aumento de la esperanza de vida de la población. Esto augura un conjunto de implicancias que van desde transformaciones en la vida familiar, en los lazos intergeneracionales y en el mercado laboral, hasta problemas más complejos de política pública como la vivienda y el transporte y el financiamiento de la seguridad social (salud y pensiones). A ello se suma el efecto de otras tendencias demográficas globales —envejecimiento de la población conforme se desarrollan las naciones, migración, entre otras— y del cambio climático, que impacta en la habitabilidad de diferentes regiones, comprometiendo la seguridad y calidad de vida de quienes que viven en ellas.

29 Referencia a Sloterdijk, Latour y Stiegler. Se puede citar también a Martha Nussbaum.

La ONU destaca que el envejecimiento de la población está a punto de convertirse en una de las transformaciones sociales más significativas del siglo XXI. Según datos de la revisión de 2017 del informe “Perspectivas de la Población Mundial”, se espera que el número de personas mayores, es decir, aquellas de 60 años o más, se duplique para 2050 y triplique para 2100: pasará de 962 millones en 2017 a 2100 millones en 2050 y 3100 millones en 2100. A nivel mundial, este grupo de población crece más rápidamente que los de personas más jóvenes³⁰.

El sentido común tiende a ver estas proyecciones con la expectativa de vivir más y bien, con salud, con un trabajo estable y con ingresos económicos suficientes, y con tiempo libre con tiempo para realizar diversas actividades. Pero también se abren inquietudes.

En definitiva, el desafío del envejecimiento de la población supone abrirse a nuevas maneras de concebir la vida social, económica, cultural y laboral, en la que las ciencias y tecnologías e innovación tienen que decir sus palabras. ¿Podremos seguir hablando de adultos mayores a los 65 años cuando la esperanza de vida supere los 90, 100 ó 120 años?³¹ ¿Cómo será lo que hoy conocemos como “vejez” si la medicina y las tecnologías logran cumplir al menos parte de las promesas que surgen hoy? ¿Bajo qué maneras y modalidades chilenzamos este desafío?

Qué plantean los reportes

Los documentos analizados coinciden en que **los avances que marcarán esta tendencia se verán con mayor claridad, naturalmente, en el ámbito de la salud y en un giro hacia la búsqueda de una vida más saludable.**

- » Estos avances vendrán de la mano de **técnicas quirúrgicas avanzadas, medicina de precisión, servicios integrados de salud, prevención temprana y empoderamiento del paciente, y diseño de fármacos específicos.** De hecho, los actuales avances en robótica, TICs y dispositivos móviles posibilitan ya el ejercicio de prácticas médicas más eficientes, menos invasivas y con posibilidades de entregar servicios médicos integrados basados en diagnósticos y monitoreo remoto vinculados a planes de rehabilitación (CSIRO).
- » Estas posibilidades de atención remota son **particularmente interesantes para países intensivos en recursos naturales o con alta variabilidad de paisajes geográficos** que dificultan la integración territorial de toda la población, que es precisamente el caso de Chile.

30 <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/ageing/index.html>

31 Cfr. Zhavoronkov A. (2013), The Ageless Generation. (Director de la Biogerontology Research Foundation)

TABLA 5. LA EXTENSIÓN DE LA VIDA Y EL ENVEJECIMIENTO (resumen de hallazgos en reportes internacionales)

McKinsey	CSIRO	Nesta	Go-Science
El aumento de la esperanza de vida de la población, sumado a la baja en la natalidad que se produce a medida que los países se desarrollan, implica que la relación entre la cantidad de personas en edad laboralmente activa versus el resto de la población disminuirá considerablemente. Para mantener el nivel de bienestar de la sociedad completa, va a ser necesario aumentar fuertemente la productividad.	Los avances en salud y vida saludable vendrán de la mano de técnicas quirúrgicas avanzadas, servicios integrados de salud, prevención temprana y empoderamiento del paciente, y diseño de fármacos específicos.	La forma en que una sociedad envejecida opta por invertir tendrá un impacto significativo en las fortunas de diferentes industrias y ocupaciones. Es probable que esto beneficie no solo a la atención médica, las finanzas y la vivienda, sino también a la recreación y la educación, que tradicionalmente han beneficiado a los jóvenes. En este contexto, habrá un aumento en la demanda por ocupaciones y habilidades ligadas a la salud, la atención de los pacientes, la provisión de servicios y la recreación de los mayores.	El contexto de una población creciente y envejecida, con una dieta deficiente e inactividad física, estresa el sistema público de salud. Por lo tanto, las tecnologías disruptivas ofrecerán soluciones parciales en combinación con programas de eficiencia y de cambios conductuales en el estilo de vida de las personas.

- » En el contexto de una población creciente y envejecida (producto de los avances científico-tecnológicos), la **prevalencia de factores de riesgo para la salud como una dieta deficiente y la inactividad física** podrían significar importantes tensiones para la **organización y los enfoques de los sistemas (públicos y privados) de salud** (Go-Science).
- » Se espera que una parte de las posibles soluciones a ello vengan de la mano de **nuevas tecnologías disruptivas (automatización, nuevos materiales, digitalización)** y que otra parte quede en manos de **programas de eficiencia y de cambios conductuales en el estilo de vida** de las personas. Entre los más relevantes de estos cambios debieran estar, sin duda, aquellos relativos al ejercicio físico y los hábitos de alimentación, previéndose que junto con ello se produzca un mayor desarrollo de la industria de alimentos saludables y funcionales, en combinación con un ‘regreso’ a lo “orgánico o lo natural” (producido a menor escala).
- » Para mantener el nivel de bienestar de la sociedad completa en este futuro de mayor longevidad, **va a ser necesario aumentar fuertemente la productividad** (McKinsey), pero se espera también que **una sociedad más envejecida debería tener patrones distintos de inversión y de actividad**, lo que implicaría un impacto significativo —positivo o negativo, habrá que ver— en diferentes industrias y ocupaciones (Nesta).

-
- » Es probable que esto impacte no solo a la atención médica y los servicios relacionados con la salud, además de las finanzas y la vivienda, sino también a la recreación y la educación, que tradicionalmente han tenido su foco en los más jóvenes. En este contexto, se prevé un aumento en la demanda por ocupaciones y habilidades ligadas a la salud, la atención de los pacientes, la provisión de servicios y la recreación de los mayores (Nesta).

Finalmente, la gran conclusión de la revisión de los reportes en esta dimensión es que debemos entender el envejecimiento de la población no solo como un fenómeno de transición demográfica, sino también, y sobre todo, como el resultado de una revolución científico tecnológica que impactará profundamente la forma en que vivimos, cómo nos organizamos socialmente y el tipo de servicios a los que accedemos.

Las implicancias para Chile de esta megatendencia y una propuesta para abordarlas desde la CTCI, ha sido abordada por un conjunto de expertos en la materia convocados por el CNID y la División de Innovación del Ministerio de Economía, a fines de 2018.

4. Conclusiones

Las conclusiones se agrupan en tres tipos: unas relativas a los principales hallazgos en cada uno de los grandes desafíos en que se agrupan; otras respecto de aspectos metodológicos; y otras que refuerzan parte de las recomendaciones de la Estrategia del CNID.

Respecto de los grandes desafíos:

- » En sustentabilidad planetaria y cambio climático, el análisis muestra la importancia de la sustentabilidad de los procesos productivos, particularmente en países que como Chile basan su economía en recursos naturales. En este marco, se relevan tres ejes fundamentales de futuro: avanzar hacia la provisión de energías sustentables, considerando no sólo las fuentes sino también la logística de acceso y distribución; lograr procesos productivos sustentables que suponen evitar la contaminación, ahorrar en el consumo de agua y energía; y lograr una gestión sustentable de los residuos y deshechos.

El reporte también enfatiza la necesidad de incorporar la perspectiva humana y social para considerar los cambios de conciencia y relación hombre-naturaleza, así como las implicancias de ello en la organización de la vida social, en particular en ciudades, y cuidado del medio ambiente en general.

- » En revolución científico tecnológica, se releva su carácter de plataforma transversal tanto como génesis de los otros desafíos, así como potencial generador de adaptaciones y soluciones. Las posibilidades de aprovechar este potencial radican de acuerdo a los reportes, en la posición de los países como generador o simple adaptador de tecnologías, lo que supone un importante reto para Chile. También destaca la preocupación global por el empleo, donde además de lo anterior, son determinantes los marcos normativos y regulatorios, las capacidades de adaptación de la fuerza labo-

ral, la inversión en infraestructura tecnológica —en particular— Banda Ancha, y la estructura económico productiva. Finalmente, se destaca las implicancias del avance científico tecnológico en otras dimensiones tales como la organización de la vida en las ciudades y la capacidad de integración al mundo. esta revolución tecnológica en nuestra individual y colectiva con todo lo que ello significa en materia de formación, institucionalidad, regulación y reflexión ética.

- » En la extensión de la vida y el envejecimiento de la población, el reporte muestra como esto lleva a una concepción mas amplia de la salud, relevando la prevención y los cambios en el estilo de vida que esto supone. Esto tendrá fuertes implicancias en la organización de la salud y en la provisión de los servicios de salud. Además, se releva las posibilidades y los retos que supone en otros aspectos de la vida como el de la habitabilidad, la educación y el empleo y el entretenimiento.
- » Chile se encuentra entre los países del mundo particularmente propensos a los efectos del cambio climático, del envejecimiento de la población y de la revolución tecnológica. Por eso enfrentamos la urgencia de actuar frente a procesos que ya están en marcha. Pero, por lo mismo, puede hacer de ellos una oportunidad de desarrollo. De ahí, la emergencia de nuevas posibilidades que nos permitan no solo generar bienestar sino también ponernos en una situación de liderazgo a nivel mundial.

Respecto de aspectos metodológicos en los ejercicios de anticipación:

- » Cabe señalar que si bien los reportes analizados tienden a relevar la mirada económico productiva, todos contienen una dimensión socio cultural que no podemos dejar a un lado y que hace necesario, por una parte, esforzarnos por entender mejor su dinámica y efectos en diferentes ámbitos de la vida humana y planetaria y, por otra, avanzar en formas integrales de gestionar los procesos asociados a cada uno de ellos. Todo lo anterior, si bien se inserta en un proceso global asociado a cambios profundos de carácter cultural y ético —que transforma todas las actividades humanas—, requiere de generar una visión propia y capacidades locales.
- » Por otra parte, dado que la mayor parte de estos reportes se basan en estructuras y supuestos propios de países desarrollados, y que el impacto depende de muchas situaciones de contexto local, se refuerza la necesidad de realizar ejercicios de anticipación nacionales, que permitan ayudar a comprender como impactan en Chile estas megatendencias globales y como podemos enfrentarlas mejor.
- » En estos ejercicios, y en el análisis de cualquier reporte, aparece como clave identificar las metodologías y los supuestos de base que permiten entender la pertinencia y confiabilidad de los escenarios y proyecciones derivadas.

Respecto de las recomendaciones de la Estrategia del CNID que se refuerzan:

- » El análisis muestra que de la misma forma que la ciencia y la tecnología son responsables de una gran mayoría de los cambios que estamos viviendo, no existe ninguna posibilidad de abordar estos retos sin desarrollo científico tecnológico. Lo responsable, por tanto, es considerar las CTCI como piezas centrales de cualquier estrategia

de futuro. Más aún, su desarrollo puede ser incluso una forma de abrir posibilidades de creación de valor y crecimiento en múltiples dimensiones inéditas para nuestro país.

- » Explorar estas posibilidades supone recorrer un camino propio, que no está construido. Requiere del compromiso decidido del Estado, el que debe asumir un rol de liderazgo y de articulación de esfuerzos entre el mundo científico y tecnológico, los sectores productivos y las empresas, y la sociedad. Requiere al mismo tiempo de una ciencia conectada y comprometida con los desafíos del país, y de una sociedad que entienda el valor de conocimiento, los tiempos en los que opera y las posibilidades que es capaz de abrir. Requiere de poner el conocimiento al centro de nuestras estrategias de desarrollo. Y no por una vez, ni de manera reactiva. No de forma utilitaria sino como un ejercicio permanente que se compromete con el futuro, crea capacidades, las aprovecha y sigue alimentando un proceso virtuoso, que hace del conocimiento efectivamente el motor del desarrollo.
- » Por otro lado, dado que se trata de desafíos vinculados a grandes transformaciones tecnológicas, sociales y económicas, el abordaje de estos análisis y sus implicancias debe integrar diversas miradas y disciplinas que enriquezcan su comprensión y constituyan un aval de legitimidad para las acciones que deriven. Esto también implica que las políticas que deriven requieran asegurar una coordinación entre diversas instituciones que sumen otros actores de la sociedad.
- » Finalmente, como queda claro en los distintos reportes, más allá de la necesidad de estos análisis para sustentar decisiones estratégicas, hay que asumir lo incierto como condición, por ello, se refuerza la necesidad de desarrollar capacidades de anticipación y de adaptación, muchas de las cuales provienen de mayores capacidades de I+D+i distribuidas en distintos sectores de la sociedad y conectados internacionalmente.





cnid | Consejo Nacional
de Innovación
para el Desarrollo