



Capacidades del
Ecosistema Nacional de
CTCI para transformar **la
Revolución Tecnológica**
Poblacional en una
oportunidad de desarrollo

Resumen

Capacidades del Ecosistema Nacional de CTCl para transformar **la Revolución Tecnológica** en una oportunidad de desarrollo

Resumen

Presentado al Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, Gobierno de Chile

Autores: M. Cameron, M. Muñoz, R. Muñoz, P. Henríquez, I. Montenegro.

Colaboradores: F. Sepúlveda, H. Villagrán, L. O’Ryan, J. S. Rojas.

Resumen

El objetivo general del presente estudio es identificar, cuantificar y analizar el estado y las capacidades del Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) que permitan transformar el desafío de la Revolución Tecnológica en una oportunidad de desarrollo para el país.

A continuación se sintetiza el alcance del análisis realizado y se presentan los principales resultados de la identificación, el análisis y la caracterización de los actores del Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en relación con el fenómeno de la Revolución Tecnológica, su producción y relaciones de colaboración, así como de las capacidades de financiamiento, infraestructura y equipamiento existentes en el país que son habilitantes para poder transformar este desafío país una oportunidad de desarrollo a través del conocimiento científico, el desarrollo tecnológico y la innovación en un sentido amplio.

Enfoque sistémico

Con el fin de enfatizar el carácter sistémico del objeto de análisis y del entendimiento que se tiene de éste, a lo largo del presente estudio se ha utilizado extensivamente el concepto de Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, entendido como el conjunto de actores sociales que interactúan y/o se interrelacionan entre sí, formando redes de colaboración, para generar nuevo conocimiento a partir del existente, aplicar conocimiento existente a productos, procesos, servicios, etc., y/o aplicar nuevo conocimiento para transformar algún aspecto del sistema. De este modo, la comunidad de actores cobra relevancia en función de la manera en que sus integrantes interactúan y se relacionan entre sí y con el conocimiento, así como de las acciones que desempeñan dentro del Ecosistema, fortaleciendo su estructura y beneficiando, directa o indirectamente, a la sociedad en general. Dentro de este Ecosistema el estudio se concentra en el grupo de actores relacionados con el desafío de la Revolución Tecnológica.

Para representar el Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en este trabajo se utiliza el modelo de tres planos de información propuesto por CNID (2018) para monitorear el Ecosistema Nacional de CTCI que se presenta en la Figura A. En este modelo el contexto general país corresponde al plano exterior de información del modelo. Este plano entrega antecedentes para una comprensión de las condiciones generales del país que dan sustento tanto al desempeño y desarrollo del Ecosistema Nacional de CTCI como al desafío país en estudio. Por su parte el contexto específico del Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación corresponde al plano intermedio de información del modelo. Este plano entrega antecedentes para una comprensión de las condiciones específicas del Ecosistema Nacional de CTCI en cuanto al desafío país Envejecimiento Poblacional. Finalmente, al centro del modelo se encuentran las capacidades nacionales de CTCI que permitirán transformar el desafío en una oportunidad de desarrollo para el país.



Figura A. Esquema de tres planos de información y elementos del modelo propuesto por CNID para monitorear el Ecosistema Nacional de CTCI. Elaboración propia en base a CNID (2018)

Caracterización sistemática

Para caracterizar las capacidades del Ecosistema Nacional de CTCI para el desafío país Envejecimiento Poblacional, se utiliza tanto el modelo ÖFOS, basado en el sistema FOS de la OCDE, que permite clasificar campos, áreas y disciplinas científico-tecnológicas, así como el modelo conceptual complementario que se presenta esquemáticamente en la Figura B, que da cuenta del carácter sistémico de los fenómenos con los que guarda relación la Revolución Tecnológica y define las principales dimensiones de estudio del desafío país.



Figura B. Esquema de las principales dimensiones de estudio relacionadas con el desafío país Revolución Tecnológica. Elaboración propia

En la base del modelo representado en la Figura B se encuentra la categoría la categoría *Ciencias y tecnologías afines*. El concepto de ciencias y tecnologías afines es ampliamente usado, por ejemplo, en la astronomía para denominar aquellas ciencias y tecnologías que facilitan el estudio de la astronomía. Por lo tanto, en el contexto de la taxonomía propuesta, esta categoría se refiere a ciencias y tecnologías que facilitan la investigación para el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, principalmente desde disciplinas relacionadas con las ciencias de la computación, la electrónica, y la automatización.

En la dimensión *Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías* se engloban todas las actividades que se ocupan del desarrollo, producción o prueba de tecnologías asociadas a la Revolución Tecnológica. Abarca además la descripción de la aplicación tecnológica en contextos productivos, industriales, científicos, sociales y de prestación de servicios, así como su evaluación funcional, limitaciones de uso y estimaciones de error.

Las categorías *Nueva economía* y *Estado y tecnología* tienen como fundamento la dimensión de estudio *Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías*. La dimensión de estudio *Nueva economía* abarca la transformación de las formas de circulación, distribución e intercambio comercial mediante la incorporación de nuevas tecnologías relacionadas, entre otras, con la Industria 4.0, la economía de trabajos temporales o los estudios sobre criptomonedas. Por su parte, *Estado y tecnología* engloba todos los temas relacionados a la implementación de las nuevas tecnologías en la institucionalidad pública y las nuevas formas de gobernanza que ello produce a través de la apertura de datos y de nuevas formas de interacción entre el Estado y la ciudadanía.

Tal como se muestra en la Figura B, la categoría *Regulación y legislación*, así como la categoría *Educación* se encuentran en un plano más general, enmarcando de manera transversal las categorías mencionadas anteriormente. La educación se constituye como uno de los pilares ya que implica, por una parte, la formación o a las condiciones de capital humano avanzado en materia de desarrollo y aplicación tecnológica y, por otra, a la alfabetización digital, capacitación y desarrollo o descripción de competencias tecnológicas en distintas poblaciones, lo que permite estimar la facilidad con que se puede desarrollar, transferir, aplicar o utilizar nuevas tecnologías en diferentes ámbitos a nivel nacional. Por su parte, la categoría *Regulación y legislación* apunta a una dimensión relevante respecto de la Revolución Tecnológica, puesto que discute las formas de asegurar un correcto uso de

la información personal en un número creciente de plataformas digitales, por lo cual agrupa temas relacionados a la ciberseguridad, la regulación del uso de datos abiertos, de identidades digitales y la privacidad en la red.

Finalmente, la dimensión *Impacto de las nuevas tecnologías* es aquella que se constituye sobre la base de todas las demás líneas de investigación, sustentándose a partir de ellas. En efecto, esta categoría se orienta a comprender o estimar efectos que acarrearán las nuevas tecnologías en la vida de las personas, sean éstos en términos de sus interacciones sociales (a nivel de familia, relaciones laborales u otras organizaciones), los modos en que se utilizan los espacios urbanos (como la planificación del transporte) o en la forma en que distintas organizaciones proveen servicios a sus usuarios y clientes, tales como atención médica o cambios en los métodos de enseñanza en la escuela. Esta categoría incluye, además, la estimación de efectos que tienen las nuevas tecnologías a nivel físico, asociando estos efectos a la obesidad, a la movilidad y a la autonomía de las personas.

Alcance de la base de información utilizada para el análisis de capacidades

Las capacidades del Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) en relación con el desafío país Revolución Tecnológica presentadas en este trabajo fueron identificadas a partir de información recolectada desde fuentes primarias y secundarias.

A través de la técnica del análisis bibliométrico, se identificaron 1.166 publicaciones científicas indexadas en temas relacionados con el Envejecimiento Poblacional en el período 2013 – 2018, con al menos un autor afiliado a una entidad establecida en Chile. Desde esas publicaciones se identificaron 1.914 profesionales afiliados a entidades en Chile que investigan en temas relacionadas con la Revolución Tecnológica. Este grupo está compuesto por investigadores trabajando en universidades, centros de investigación e institutos tecnológicos públicos, así como profesionales trabajando en empresas privadas y servicios públicos. En función de la cantidad y el impacto de las publicaciones, desde este grupo se identificaron 303 investigadores especialistas. Junto a lo anterior, en el período 2013 – 2018 también se identificaron 441 proyectos de investigación y desarrollo cofinanciados con fondos públicos, así como 49 iniciativas de interés público, 45 eventos de difusión y divulgación científica y 27 patentes en materias de Revolución Tecnológica.

A partir del grupo de actores individuales e institucionales identificados, en base a las publicaciones científicas identificadas para el período 2013 – 2018, se construyeron las redes que conforman al colaborar en la elaboración de estas publicaciones. La red obtenida mediante el uso de la técnica del Análisis de Redes Sociales permitió caracterizar las relaciones entre actores del Ecosistema Nacional de CTCI para el desafío país Revolución Tecnológica a nivel de investigadores, instituciones, país y dimensión de estudio.

Al realizar un primer análisis a la producción científica se identificó una reducción en la cantidad de publicaciones en el año 2018, posiblemente atribuible a que no todas las publicaciones del año 2018 se encontraban registradas en la base de datos Scopus al momento de consulta y descarga de las publicaciones¹. Posteriormente, al analizar en los artículos que se encontraban indexados a la base de datos de WOS, se detectó que cerca de la mitad de ellos quedaba incorrectamente clasificado

¹ La última consulta y descarga de información desde Scopus se realizó a fines de marzo de 2019.

por área de conocimiento utilizando la taxonomía de esta base de datos. Para evitar conclusiones equivocadas a partir de una eventual reducción en la cantidad de publicaciones en el año 2018 así como de una clasificación errónea de dichas publicaciones, se realizó un muestreo aleatorio con 5% de error y un intervalo de confianza del 95% sobre el total de publicaciones científicas indexadas en temas relacionados con la Revolución Tecnológica en el período 2013 – 2018, obteniendo un tamaño muestral de 288 publicaciones, filtrando posteriormente el año 2018, quedando 239 publicaciones. Para asignar el área de conocimiento a estas publicaciones, cada una de ellas fue revisada por al menos dos profesionales en forma independiente; en caso de diferencias en la clasificación, la publicación fue revisada por uno o más profesionales de las áreas de conocimiento en cuestión hasta alcanzar consenso. En este proceso se excluyeron dos publicaciones por no ser pertinente al tema, pese a contener las palabras clave seleccionadas para el análisis. A partir de las 237 publicaciones restantes, se identificaron 498 profesionales afiliados a entidades establecidas en Chile que investigan en temas relacionados con la Revolución Tecnológica. En función de la cantidad y el impacto de las publicaciones, desde este grupo se identificaron 44 investigadores especialistas.

Además, durante el proceso de revisión de las publicaciones se identificó una palabra clave con dos posibles traducciones al idioma inglés: automatization y automation. que sin embargo nos llevó a identificar cinco publicaciones pertinentes al desafío. No obstante, se descargaron las publicaciones asociadas a la segunda traducción, con el propósito de analizar el impacto sobre el estudio, concluyendo que al considerar como pertinentes todas las nuevas publicaciones identificadas no se observaron cambios significativos.

Los análisis de publicaciones, tales como cantidad, citas, impacto, entre otros, así como la caracterización de actores desde publicaciones se elaboró en base a la muestra, mientras que la red de colaboración científica se elaboró considerando el total de 1.166 publicaciones, dado que el objetivo es identificar las vinculaciones a nivel de actor e institución con actores afiliados a instituciones en el extranjero. En el análisis de los proyectos de investigación y desarrollo cofinanciados con fondos públicos solo se consideraron aquellos ejecutados en el periodo 2013 – 2017 para mantener la consistencia con análisis del gasto nacional en investigación científica y desarrollo tecnológico relacionado con el fenómeno del Revolución Tecnológica. Para las iniciativas, los eventos y las patentes se consideró el período 2013 – 2018 debido a que dichas iniciativas, eventos y patentes no tienen relación causal con las publicaciones científicas, sus autores y/o el gasto en investigación y desarrollo.

En la Figura C se presenta un esquema de la estructura de la información recolectada para identificar, cuantificar y analizar las capacidades del Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) en relación con el Revolución Tecnológica.

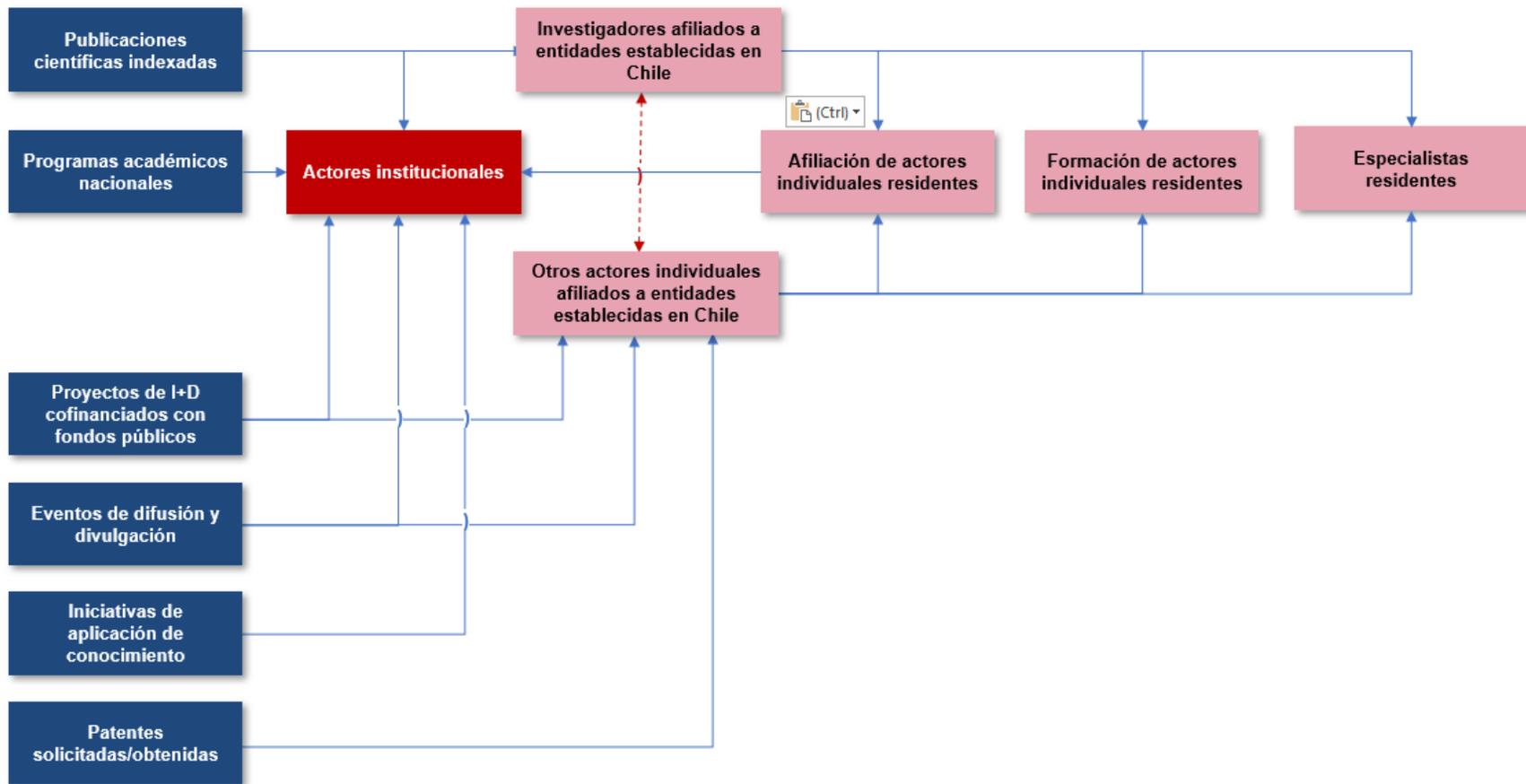


Figura C. Esquema de la estructura de la información recolectada para identificar, cuantificar y analizar las capacidades del Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) en relación con el Revolución Tecnológica. Elaboración propia

CAPACIDADES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN

Publicaciones científicas de actores individuales del Ecosistema

1. EL VOLUMEN DE PUBLICACIONES INDEXADAS EN MATERIA DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA CON PARTICIPACIÓN DE INVESTIGADORES AFILIADOS A ENTIDADES ESTABLECIDAS EN EL PAÍS PRESENTA UNA TENDENCIA AL ALZA ENTRE 2013 – 2017. UN 70% DE ELLAS SE ENCUENTRA, EN CONJUNTO, EN LOS CAMPOS DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LAS CIENCIAS TÉCNICAS.

- Sobre la muestra de publicaciones indexadas con participación de investigadores afiliados a entidades establecidas en Chile identificadas entre 2013 – 2017 seleccionadas para el análisis (237 artículos) se distingue un aumento sostenido, a una tasa de crecimiento anual compuesta del 16%. Destaca el incremento registrado en 2015, año en que se duplicó la cantidad de publicaciones respecto al año anterior, tras una caída cercana al 30% respecto de 2013.
- A nivel de campos del conocimiento científico-tecnológico (nivel 1 del modelo ÖFOS), las publicaciones corresponden, mayoritariamente, a los campos de las Ciencias Naturales (39%) y las Ciencias Técnicas (30%). Con menor participación figuran publicaciones en los campos de las Ciencias Sociales (18%), las Ciencias Médicas (10%) y las Ciencias Agrícolas (3%).
- El análisis de la evolución del volumen de publicaciones por año según campo del conocimiento muestra que las publicaciones en el campo de las Ciencias Naturales registraron anualmente la mayor participación hasta el 2017, año en que el volumen de publicaciones en este campo es superado por las publicaciones en el campo de las Ciencias Técnicas, producto de lo cual, registra una leve tendencia a la baja. En tanto, el volumen de publicaciones en el campo de las Ciencias Técnicas experimenta un incremento sostenido a partir de 2014 y pasa a tomar el segundo lugar, después de las publicaciones en las Ciencias Naturales, hasta 2017, año en que toma el liderazgo en el volumen de publicaciones identificadas.
- En el caso de las publicaciones en el campo de las Ciencias Sociales, su volumen experimenta también una variación positiva, aunque a tasas menores que las publicaciones en las Ciencias Técnicas. En el caso de las publicaciones en las Ciencias Médicas, también presentan una tendencia al alza. En tanto que, para las Ciencias Agrícolas, no se registran publicaciones en el año 2014 ni 2017 y su participación es marginal en el resto del período.

2. POCO MÁS DEL 60% DE LAS PUBLICACIONES INDEXADAS CLASIFICADAS EN EL CAMPO DEL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS NATURALES SE CONCENTRA EN EL ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN.

- Para la muestra de publicaciones indexadas con participación de investigadores afiliados a entidades establecidas en Chile identificadas entre 2013 – 2017 seleccionadas para el análisis clasificadas según área del conocimiento (nivel 4 del modelo ÖFOS), es posible distinguir que la mayoría de las publicaciones en el campo de las Ciencias Naturales pertenece al área de las Ciencias de la Computación (63% del total de publicaciones en el campo) y la Física y Astronomía (11%). El volumen restante de publicaciones de la muestra, clasificadas en el campo de las

Ciencias Naturales, se distribuye entre trabajos en Biología (9%), Matemáticas (7%), Geología y Mineralogía (4%) Química (3%), Meteorología y Climatología (1%) y Otras geociencias no clasificadas (1%).

- En tanto, en el campo de las Ciencias Técnicas, destacan los volúmenes de publicaciones en el área de la Ingeniería Eléctrica, Electrónica y en Información (37%), la Nanotecnología (17%) y la Biotecnología Industrial (13%).
- En los demás campos del conocimiento, aunque con participaciones menores sobre el total de publicaciones se distinguen, para el campo de las Ciencias Sociales, los trabajos en Ciencias de la Educación y en Economía; para el campo de las Ciencias Médicas, los trabajos en Medicina Clínica, Farmacia, Farmacología y Toxicología, y Neurociencias; y para el campo de las Ciencias Agrícolas, en el área de la Biotecnología Agrícola y Biotecnología de los alimentos.

3. LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS INDEXADAS RELACIONADAS CON LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA ABORDAN EL FENÓMENO MAYORITARIAMENTE DESDE LA DIMENSIÓN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AFINES AL DESAFÍO PAÍS Y DESARROLLO Y APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS QUE, EN CONJUNTO, ESTAS DIMENSIONES REPRESENTAN CERCA DEL 90% DE LAS PUBLICACIONES.

- Al analizar la distribución de artículos científicos indexados publicados por investigadores afiliados a entidades chilenas por dimensión de estudio, destacan las publicaciones relacionadas con Ciencias y tecnologías afines a la Revolución Tecnológica, así como Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, que corresponden al 46% y un 41% del total de publicaciones, respectivamente. En ambas dimensiones, el volumen de publicaciones presenta una tendencia creciente en el período de análisis, sin embargo, las publicaciones en la dimensión de Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías lo hacen a una tasa mayor.
- Las publicaciones en Ciencias y tecnologías afines se encuentran principalmente en el campo de las Ciencias Naturales y las Ciencias Técnicas, que representan, respectivamente, el 56% y el 31% de las publicaciones clasificadas en dicha dimensión. En tanto, en la dimensión de Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, los mismos campos acumulan la mayor cantidad de publicaciones, representando el 30% las Ciencias Naturales, y el 35% las Ciencias Técnicas.
- Con menor participación se identifican las publicaciones en la dimensión Impacto de las nuevas tecnologías, con un 5% del total de artículos científicos identificados para la muestra en el período de análisis. Con participaciones aún inferiores se encuentran publicaciones en las dimensiones i) Educación, ii) Nueva Economía, iii) Estado y Tecnología y iv) Regulación y Legislación. Estas últimas acumulan en conjunto, el 8% del total de publicaciones consideradas en el análisis. Particularmente, los trabajos en las dimensiones Impacto de las nuevas tecnologías y Nueva Economía se registran sólo a partir de 2015, mientras que, en el caso de las publicaciones en la dimensión de Regulación y Legislación, se presentan a partir de 2016.
- Las publicaciones científicas indexadas que fueron analizadas pueden agruparse en tres grandes ámbitos temáticos de la Revolución Tecnológica, a saber: Ciencias de la información, Ciencias de la vida y Nanotecnología. El 72% de las publicaciones analizadas se encuentran en el ámbito de las Ciencias de la información, un 23% califica en el ámbito de Ciencias de la vida y sólo un 5% lo hace en el ámbito de la Nanotecnología.

Impacto de las publicaciones científicas indexadas de actores individuales del Ecosistema

4. LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS INDEXADAS RELACIONADAS CON REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA REGISTRAN, EN PROMEDIO, 7 CITACIONES. SÓLO EL 25% DE ELLAS SE UBICA POR SOBRE ESTE NÚMERO. EL 19% DE LAS PUBLICACIONES NO TIENE CITACIONES.

- Al analizar la cantidad de citaciones registradas para el total de las publicaciones indexadas identificadas que tienen participación de investigadores afiliados a entidades establecidas en Chile se tiene que, cada publicación registra, en promedio, 7 citas, ubicándose sólo el 25% de ellas por sobre el promedio de citaciones. Esto ocurre, en buena medida, porque el 19% del total de publicaciones no tiene citaciones. Esta cantidad promedio de citas alcanzado por las publicaciones relacionadas con el desafío Revolución Tecnológica es bajo, dado que una publicación vinculada al estudio de Envejecimiento Poblacional alcanza un promedio de 13 citaciones.
- Considerando sólo las publicaciones más citadas (25 o más citaciones), el 55% pertenece al campo de las Ciencias Naturales. Más atrás se ubica el campo de Ciencias Técnicas y Ciencias Médicas, cada uno con un 17%. mientras que el 11% restante corresponde al campo de las Ciencias Sociales. En tanto, en el segmento de las publicaciones sin citaciones, la mayor parte de ellas también corresponde a artículos en el campo de las Ciencias Naturales (45%), y en menor medida se registran publicaciones en los campos de las Ciencias Sociales (30%) y de Ciencias Técnicas (18%). Las Ciencias Agrícolas y las Ciencias Médicas, en tanto, reparten el 7% restante.
- En el análisis de citaciones de publicaciones indexadas por campo del conocimiento, se observa que las Ciencias Médicas destacan en el promedio de citaciones recibidas, con una media de 11 citas por cada publicación, seguidas por el campo de las Ciencias Naturales, con 8 citas en promedio, ubicándose ambos por sobre la media de la muestra de publicaciones. Bajo esta media, en tanto, se ubican los campos de Ciencias Técnicas, con 6 citas en promedio, Ciencias Sociales, con 5 citas, y de Ciencias Agrícolas, con una media de 4 citas por publicación.

5. EL FACTOR DE IMPACTO PROMEDIO DEL TOTAL DE PUBLICACIONES INDEXADAS RELACIONADAS REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA ES DE 0,8. EL CAMPO CIENTÍFICO DE CIENCIAS MÉDICAS ES EL ÚNICO QUE PRESENTA IMPACTO MAYOR AL PROMEDIO².

- El análisis del factor de impacto de las publicaciones indexadas, determinado por el puntaje SJR (Scimago Journal & Country Rank) que obtiene cada una de ellas, se tiene que el factor de impacto promedio de las publicaciones corresponde a 0,8. Del total de publicaciones, el 37% se encuentra sobre el impacto promedio, principalmente gracias al impacto de las publicaciones asociadas a las Ciencias Médicas, con un promedio de 1,2, y que es el único campo ubicado por

² Al momento de descargar la información, el 4% de las publicaciones identificadas no tenía un impacto asociado en la base de datos Scopus..

sobre el promedio. Bajo la media, en tanto, se ubican los campos de Ciencias Técnicas (0,8), Ciencias Naturales (0,8), Ciencias Sociales (0,7) y Ciencias Agrícolas (0,6).

- En el análisis del factor de impacto por segmentos se observa que más de dos tercios de las publicaciones indexadas registran un factor de impacto igual o menor a 1 (69%), mientras que un 29% de las publicaciones presenta un factor de impacto entre 1 y 3. En tanto, sólo un 2% registra un factor de impacto superior a 3. En este último segmento, la mayoría de las publicaciones pertenece al campo de las Ciencias Naturales (75%), mientras que también aparecen publicaciones en el campo de las Ciencias Médicas (25%).
- El mayor impacto promedio presentado por las publicaciones indexadas relacionadas a Ciencias Médicas se relaciona con el impacto promedio de dos áreas de conocimiento en particular: el área de Neurociencias, que alcanza el mayor impacto promedio todas las áreas de conocimiento, con una media de 2,3, y el área de Medicina clínica, que alcanza una media de 1,2 por publicación.

6. AL ANALIZAR POR DIMENSIÓN DE ESTUDIO, LAS CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AFINES PRESENTAN EL MAYOR PROMEDIO DE CITAS, MIENTRAS QUE EL DESARROLLO Y APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS OBTIENEN EL MAYOR IMPACTO PROMEDIO POR PUBLICACIÓN.

- Al analizar por dimensión de estudio, el promedio de citas más alto lo obtienen las publicaciones indexadas relacionadas a las Ciencias y tecnologías afines, con una media de 8 citas recibidas, constituyendo además la única dimensión de estudio que se ubica por sobre el promedio total de citas, que corresponde a 7. Luego se posicionan las dimensiones de Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías y de Impacto de las nuevas tecnologías, con un promedio de 7 citas. Bajo el promedio se sitúan los artículos clasificados en Estado y Tecnología, con una media de 6 citas y Educación, con una media de 4 citas. Por su parte, la dimensión de Nueva Economía alcanza 2 citas en promedio, mientras la dimensión de estudio Regulación y legislación no presenta citas para los artículos asociados a ella.
- En la misma línea, el impacto promedio mayor lo obtiene el conjunto de publicaciones clasificadas en la dimensión de Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, con una media de 0,9. Más atrás aparecen las publicaciones de Impacto de las nuevas tecnologías, con una media de 0,8, de Ciencias y tecnologías afines, con un promedio de 0,7, de Educación, con una media de 0,6, y Nueva economía, con impacto promedio de 0,5. La dimensión de Estado y tecnología junto con la de Regulación y legislación presentan promedios de impacto inferiores a 0,5.

Actores del ecosistema identificados a partir de publicaciones científicas indexadas

7. EL NÚMERO DE INVESTIGADORES EN MATERIA DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA AFILIADOS A ENTIDADES ESTABLECIDAS EN CHILE PRESENTA UNA TENDENCIA AL ALZA EN EL PERÍODO 2013 – 2017. CADA INVESTIGADOR POSEE EN PROMEDIO 1,21 PUBLICACIONES. SIN EMBARGO, EL PROMEDIO DE PUBLICACIONES POR INVESTIGADOR POR AÑO PRESENTA UNA DISMINUCIÓN A RAZÓN DEL 4% EN EL MISMO PERÍODO.

- En el total de publicaciones consideradas en la muestra de publicaciones indexadas identificadas entre 2013 – 2017 seleccionadas para el análisis (237 artículos), se identificaron 498 investigadores con afiliación principal a una entidad establecida en Chile. El análisis del número de investigadores por año presenta una tendencia al alza. En efecto, la tasa anual compuesta de crecimiento registrada en el período 2013 – 2017 alcanza el 21%.
- Los investigadores identificados a partir de la muestra de publicaciones en el período 2013 – 2017 registran un promedio de 1,21 publicaciones. Esto puede explicarse porque el 89% del total de investigadores identificados sólo presenta una publicación en el período analizado. Pese a que el número de investigadores exhibe un incremento en el período de análisis, el volumen promedio de publicaciones por investigador por año presenta una disminución a razón del 4%, de acuerdo a la tasa anual compuesta de crecimiento registrada en el período 2013 – 2017.

8. LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN PRINCIPAL DE LOS INVESTIGADORES EN MATERIA DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA AFILIADOS A ENTIDADES ESTABLECIDAS EN CHILE SE ENCUENTRA MAYORITARIAMENTE EN LOS CAMPOS DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LAS CIENCIAS TÉCNICAS, SIENDO LAS CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AFINES, JUNTO AL DESARROLLO Y APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, LAS DIMENSIONES DE ESTUDIO MÁS ABORDADAS.

- Las líneas de investigación principales de los investigadores, identificadas a partir del campo del conocimiento asociado a la revista de publicación de los artículos, se encuentran mayoritariamente en los campos de las Ciencias Naturales (para el 39% de los investigadores) y las Ciencias Técnicas (32% de los investigadores). También se identifican investigadores cuya línea de investigación principal se encuentra en los campos de las Ciencias Sociales (16%) y las Ciencias Médicas (11%). Una cuota de participación menor presenta el grupo de investigadores cuya línea de investigación principal se encuentra en el campo de las Ciencias Agrícolas (3%).
- Respecto a las dimensiones de estudio que abordan los investigadores, de acuerdo a la afinidad temática de sus publicaciones, se observa que la mayoría de ellos registra trabajos en la dimensión Ciencias y Tecnologías afines (46% del total de investigadores en la muestra) y Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías (44%). El resto de los investigadores presenta publicaciones en las dimensiones de Impacto de las nuevas tecnologías (5%), Educación (3%) y Nueva Economía (1%). Las dimensiones de estudio menos abordadas son Estado y Tecnología y Regulación y legislación (en conjunto representan menos del 2% de investigadores).

9. UN 9% DE LOS INVESTIGADORES AFILIADOS A UNA ENTIDAD ESTABLECIDA EN CHILE, PERTENECIENTE A LA MUESTRA DE PUBLICACIONES ANALIZADAS, PUEDE SER CONSIDERADO ESPECIALISTA EN REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA. ÉSTOS POSEEN LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN MAYORITARIAMENTE ASOCIADAS AL CAMPO DEL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LAS CIENCIAS TÉCNICAS.

- Del total de investigadores pertenecientes a la muestra de publicaciones indexadas con participación de investigadores de afiliados a entidades establecidas en Chile identificadas entre 2013 – 2017 seleccionadas para el análisis (498 investigadores), un 9% presenta 2 o más publicaciones, y un factor de impacto acumulado, superior al factor de impacto acumulado promedio de los investigadores (0,87), conjunto al cual se denomina *investigadores especialistas en materias de Revolución Tecnológica*. El análisis del número de investigadores especialistas por año presenta variaciones durante el período, con tendencia a la baja, al contrario de lo que ocurre en el total de investigadores identificados en la muestra. En efecto, la tasa anual compuesta de crecimiento de investigadores especialistas indica una disminución del 17% para el período 2013 – 2017.
- Los investigadores especialistas identificados son responsables del 35% del total de publicaciones en la muestra analizada y registran, en promedio, 1,9 publicaciones cada uno durante el período de análisis, lo que dobla al promedio de publicaciones por autor en la muestra completa. En el examen del número de publicaciones por investigador especialista, por año, la tasa anual compuesta de crecimiento registrada en el período 2013 – 2017 presenta un aumento del 10%, a diferencia de los resultados que se exhiben sobre el total de investigadores en la muestra.
- La mayoría de ellos posee su línea de investigación principal en el campo de las Ciencias Naturales (45%) y, más específicamente, en las áreas del conocimiento de las Ciencias de la Computación (85% de especialistas en Ciencias Naturales). También destaca una proporción importante de investigadores cuya línea de investigación principal se encuentra en el campo de las Ciencias Técnicas (37%), mayoritariamente concentrados en el área de la Ingeniería Eléctrica, Electrónica y en Información (50% de los especialistas en Ciencias Técnicas) y Biotecnología Industrial (25%). El resto de investigadores especialistas se reparte entre las Ciencias Sociales, mayoritariamente en el área de la Economía; y las Ciencias Médicas, en el área de Farmacia, Farmacología y Toxicología.
- Las publicaciones científicas indexadas de investigadores especialistas, agrupadas según los grandes ámbitos temáticos de la Revolución Tecnológica, presentan una distribución similar al del total de publicaciones en la muestra. Así, el 77% de las publicaciones de especialistas se encuentra en el ámbito de las Ciencias de la información, mientras que un 18% califica en el ámbito de las Ciencias de la vida y un 5% en el ámbito de la Nanotecnología. De este modo es posible notar que, en los investigadores especialistas, es más marcado el foco en las Ciencias de la información.

10. CERCA DEL 60% DE LOS INVESTIGADORES ESPECIALISTAS EN MATERIAS DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA ABORDAN EN SUS PUBLICACIONES LAS DIMENSIONES DE ESTUDIO CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AFINES A LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA.

- Al analizar el volumen de investigadores especialistas afiliados a entidades chilenas clasificados por la dimensión de estudio de sus publicaciones, se observa que un 57% de ellos presenta trabajos relacionados con Ciencias y tecnologías afines, y un 32% de los investigadores presenta trabajos relacionados con Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías.

- Otras dimensiones de estudio que abordan los investigadores especialistas son Impacto de las nuevas tecnologías (9%) y Educación (2%). Es importante notar que ningún investigador especialista presenta publicaciones en las dimensiones de estudio Estado y tecnología, Nueva Economía, ni Regulación y legislación.

11. LOS INVESTIGADORES ESPECIALISTAS SE ENCUENTRAN AFILIADOS MAYORITARIAMENTE A ENTIDADES ACADÉMICAS LOCALIZADAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA.

- El 98% de los investigadores especialistas se encuentra afiliado a una entidad de tipo académica, categoría en la cual destacan, principalmente, la Universidad de Chile, que concentra el 30% de los investigadores especialistas, seguida de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y la Universidad de Santiago de Chile, que reúnen, respectivamente, al 16% y el 14% del total de investigadores especialistas identificados en la muestra de análisis, lo cual evidencia una concentración de especialistas en un número reducido de universidades del país.
- En cuanto a la localización geográfica de los investigadores especialistas, consecuentemente, el 68% se encuentra en la Región Metropolitana. El resto se distribuye, principalmente, entre la Región de Valparaíso (21%) y la Región de La Araucanía (11%).

Redes de colaboración de actores **individuales** del Ecosistema

12. EUROPA Y LOS EEUU SON LOS DESTINOS FAVORECIDOS POR LOS INVESTIGADORES CON PUBLICACIONES INDEXADAS EN TEMAS RELACIONADOS CON LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PARA CONFORMAR REDES DE COLABORACIÓN.

- Los investigadores afiliados a entidades establecidas en Chile con publicaciones indexadas en temas relacionados con la Revolución Tecnológica conforman redes de colaboración con investigadores afiliados a entidades localizadas principalmente en Europa (49%), EEUU (18%) y, en menor manera en Brasil (6%). Dentro de Europa los principales países con los que colaboran estos investigadores son España (18%), Reino Unido (6%), Alemania (6%) e Italia (6%).
- Los resultados anteriores, al menos parcialmente, son congruentes con los patrones de formación y especialización que muestran los investigadores, cuyos máximos grados académicos obtenidos se distribuyen, después de Chile, en instituciones localizadas en Europa (24%) y EEUU y Canadá (11%).

13. EL GRADO DE INTERNACIONALIZACIÓN DE LA RED DE COLABORACIÓN CIENTÍFICA EN MATERIA DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA PRESENTA DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS SEGÚN DIMENSIÓN DE ESTUDIO. EN TODAS LAS DIMENSIONES LOS INVESTIGADORES NACIONALES SE VINCULAN PRINCIPALMENTE CON INVESTIGADORES EN ESPAÑA.

- Al descomponer la red de colaboración científica por dimensión de estudio, se observa que las dimensiones con mayor nivel de internacionalización, es decir, participación de investigadores extranjeros en las publicaciones respectivas, son: Regulación y legislación (59%), Nueva economía (56%) y Ciencias y tecnología afines (56%). Mientras que las dimensiones con menor grado de internacionalización son: Estado y tecnología (31%), Educación (37%), Impacto de las nuevas tecnologías (40%) y Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías (48%).

- En la dimensión Regulación y legislación los investigadores han colaborado con actores afiliados a entidades en España, acumulando un 24% del total de colaboraciones identificadas en esta dimensión, mientras que en la dimensión Nueva economía destacan España y Reino Unido, con un 26% y un 20% del total de colaboraciones identificadas en esta dimensión respectivamente y en la dimensión Ciencias y tecnologías afines sobresalen España y EEUU, con un 20% y 17% del total de colaboraciones en esta dimensión respectivamente.
- Mientras que, en las dimensiones con menor grado de internacionalización, destacan los EEUU con un 80% de las colaboraciones identificadas en la dimensión Estado y tecnología, luego en la dimensión Educación sobresalen los EEUU, España y Brasil, con un 39%, 20% y un 12% del total de colaboraciones en esta dimensión, mientras que en la dimensión Impacto de las nuevas tecnologías destacan los EEUU con un 21% del total de colaboraciones identificadas en esta dimensión, y en la dimensión Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías sobresalen los EEUU y España, con un 18% y un 17% del total de colaboraciones identificadas en esta dimensión, respectivamente.

14. LAS INSTITUCIONES ACADÉMICAS PRESENTAN EL MAYOR NÚMERO DE COLABORACIONES CIENTÍFICAS EN LA RED DE COLABORACIÓN CIENTÍFICA EN MATERIA DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA; PRINCIPALMENTE CON LOS EEUU Y ESPAÑA.

- Las instituciones académicas acumulan un 87% del total de colaboraciones científicas identificadas entre actores afiliados a entidades localizadas en Chile y actores afiliados a instituciones en el extranjero. El porcentaje restante se distribuye entre organismos multilaterales (9%), entidades privadas (2%), instituciones públicas (1%) y fundaciones (1%).
- Dentro de las instituciones académicas destacan, en materia de cantidad de colaboraciones científicas España y los EEUU, con un 19% y un 14% del total de colaboraciones identificadas respectivamente. Los EEUU destacan entre los organismos multilaterales, con un 53% del total de colaboraciones identificados en este tipo de entidad. Mientras que las entidades privadas han colaborado en mayor medida con los EEUU (28%), Argentina (10%) y Reino Unido (9%). Dentro de las colaboraciones que han establecido instituciones públicas destaca Alemania (23%) y España (23%), mientras que dentro de las fundaciones sobresalen Reino Unido y los EEUU con un 44% y un 28% del total de colaboraciones científicas para cada tipo de organismo, respectivamente.
- Si se considera el total de colaboraciones científicas realizadas entre actores afiliados a instituciones académicas y actores afiliados a instituciones en el extranjero, cuatro instituciones académicas acumulan el 56% del total de colaboraciones científicas identificadas, a saber: Pontificia Universidad Católica de Chile (23%), Universidad de Chile (18%), Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (8%) y Universidad Técnica Federico Santa María (7%).
- Al mirar dentro de cada una de las instituciones académicas mencionadas anteriormente, se observa que los investigadores con afiliación a la Pontificia Universidad Católica de Chile han colaborado con investigadores afiliados a instituciones en los EEUU, España e Italia, acumulando un 17%, 14% y 12% del total de colaboraciones de esta institución, respectivamente. Mientras que los investigadores afiliados a la Universidad de Chile se han vinculado principalmente con investigadores afiliados a instituciones en España, EEUU y Reino Unido, acumulando un

23%, 12% y 10% del total de colaboraciones identificadas en esta institución académica. Los investigadores afiliados a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso han colaborado con investigadores asociados a entidades en España (29%), EEUU (17%) y México (12%). Finalmente, los investigadores de la Universidad Técnica Federico Santa María han colaborado principalmente con investigadores en EEUU y España, acumulando un 20% y 13% del total de colaboraciones identificadas en esta institución académica.

Proyectos de investigación y desarrollo en temas relacionados con el fenómeno de la Revolución Tecnológica

15. EN EL PERÍODO 2013 – 2017 SE REGISTRA UNA TASA DE CRECIMIENTO COMPUESTA PROMEDIO DE 21% EN LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (I+D) EN MATERIAS DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA.

- Durante el periodo comprendido entre los años 2013 y 2017 se identificaron 374 proyectos de investigación y desarrollo en ejecución con cofinanciamiento público en materia de Revolución Tecnológica a lo largo del país. El 62% de estos proyectos tiene financiamiento de Conicyt, destacando en este fondo el aporte de Fondecyt con un 67% de los proyectos de investigación y desarrollo cofinanciados a través de esta fuente. En tanto, los proyectos cofinanciados por Corfo alcanzan el 36% de los proyectos ejecutados durante este periodo, principalmente por medio de sus programas de innovación, que representan el 82% de los proyectos de investigación y desarrollo que son cofinanciados por esta entidad.
- La evolución anual del número de proyectos de investigación y desarrollo relacionado al desafío país Revolución Tecnológica presenta un incremento sostenido dentro del periodo de análisis. En efecto, mientras que para 2013 se habían aprobado 47 proyectos relacionados a esta materia, el año 2017 se aprobaron 101 proyectos, lo que representa una tasa de crecimiento promedio compuesta de 21%.

16. EL 61% DE LOS PROYECTOS I+D CON COFINANCIAMIENTO PÚBLICO EN TEMAS RELACIONADOS CON REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA SE HA ADJUDICADO PARA EJECUTARSE EN LA REGIÓN METROPOLITANA.

- De los 374 proyectos de investigación y desarrollo en temas relacionados con el desafío Revolución Tecnológica identificados y que fueron aprobados en el periodo 2013 – 2017 con cofinanciamiento público, el 61%, es ejecutado en la Región Metropolitana. Con una cuota mucho más baja aparece la Región de Valparaíso, con una cuota del 13% y la Región del Biobío, con un 11% del total. Estas tres regiones, junto a la de Antofagasta y de La Araucanía son las únicas que han iniciado proyectos en materias de Revolución Tecnológica de forma permanente entre 2013 y 2017. Para el resto de las regiones, la asignación de recursos públicos para la ejecución de este tipo de proyecto resulta esporádica.
- La diferencia entre las cuotas de proyectos de investigación y desarrollo financiados con recursos públicos entre la Región Metropolitana y el resto de las regiones del país presenta una lenta pero paulatina disminución en el periodo 2013–2017. Mientras el año 2013 el 70% de los proyectos con cofinanciamiento público se ejecutaba en la Región Metropolitana, en 2017 esta cuota desciende al 58%.

17. UN 70% DE LOS ACTORES INDIVIDUALES IDENTIFICADOS DESDE PROYECTOS DE I+D CON COFINANCIAMIENTO PÚBLICO EN TEMAS RELACIONADOS CON REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA ESTÁ AFILIADO A UNA INSTITUCIÓN ACADÉMICA, DE LOS QUE MÁS DE LA MITAD SE LOCALIZA EN LA REGIÓN METROPOLITANA, DESTACANDO PRINCIPALMENTE LA UNIVERSIDAD DE CHILE Y LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE.

- Se identificaron 390 actores encargados de la ejecución de proyectos de investigación y desarrollo con cofinanciamiento público aprobados entre 2013 y 2017 en materia de Revolución Tecnológica. De ellos, el 65% corresponde a personas, mientras que el 35% corresponde a instituciones adjudicatarias de financiamiento para la ejecución de dichos proyectos.
- Respecto de los actores individuales, se obtuvo la información completa de 200 de ellos. El análisis arroja que un 70% presenta afiliación a una institución académica, mientras que un 24% presenta afiliación a alguna empresa. Los actores afiliados a organismos públicos, en tanto, suman un 5% de la cuota total, y un 1% de los actores presenta afiliación a una fundación.
- Si miramos dentro de los actores afiliados a instituciones académicas, un 57% de ellos está afiliado a una institución localizada en la Región Metropolitana. Muy por debajo le siguen la Región de Valparaíso con un 14%, mientras que el 29% restante se distribuye entre nueve regiones, a saber: Región del Biobío (9%), Región de la Araucanía (7%), Región de Los Ríos (4%), Región del Maule (2%) y las regiones de Arica y Parinacota, de Coquimbo, de Tarapacá, de Antofagasta y de Atacama, todas con un 1% respectivamente. Dentro de las instituciones académicas localizadas en la Región Metropolitana, la Universidad de Chile concentra el 42% de los actores identificados desde proyectos de I+D, mientras que mucho más abajo le sigue la Pontificia Universidad Católica de Chile con un 24% de los actores afiliados a este tipo de institución y localizadas en la Región Metropolitana.

18. EL 82% DE LOS ACTORES INDIVIDUALES QUE PARTICIPA EN PROYECTOS DE I+D RELACIONADOS REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA SE HA ESPECIALIZADO EN CIENCIAS NATURALES O CIENCIAS TÉCNICAS. ADEMÁS, UN 87% POSEE UN DOCTORADO COMO MÁXIMO GRADO.

- Se identificaron 241 actores individuales con información completa acerca de su formación académica y que participan en la ejecución de proyectos de investigación y desarrollo con cofinanciamiento público para el desafío país Envejecimiento Poblacional entre los años 2013 y 2017. De ellos, el 35% tiene, en el mismo periodo, al menos una publicación científica en esta materia.
- Del total de estos actores individuales con información completa, el 48% tiene su máximo grado académico en el campo de las Ciencias Naturales, seguido por el campo de las Ciencias Técnicas, con un 34%. En tanto, el 8% de los actores se especializa en Ciencias Sociales y el 10% restante se especializa en otros campos, tales como en Ciencias Médicas, Agrícolas o Humanidades.
- El 87% del total de actores individuales con información completa tiene un doctorado como máximo grado académico, mientras que un 4% tiene un magíster. La distribución regional de los doctorados presenta una alta concentración en la Región Metropolitana, con un 61% del total de doctorados, seguida por la Región de Valparaíso, con sólo un 18%.

Gasto en investigación científica y desarrollo tecnológico

19. EL GASTO NACIONAL EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TEMAS RELACIONADOS CON LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA HA TENIDO UNA TASA DE CRECIMIENTO ANUAL COMPUESTA DEL 13,8%, LLEGANDO A ALCANZAR LOS 29 MIL MILLONES DE PESOS EN 2017³.

- El gasto nacional estimado, público y privado, en investigación y desarrollo en materias de Revolución Tecnológica presenta una tendencia creciente en el periodo 2014 – 2017, pasando de 17 mil millones de pesos en 2014 a 29 mil millones en 2017. En gran medida, este hecho se explica en el aumento del gasto registrado en los periodos 2014 – 2015 y 2015 – 2016, a causa de los proyectos cofinanciados a través del Programa de Financiamiento Basal para Centros Científicos y Tecnológicos de Excelencia, y por el aumento en el financiamiento de los instrumentos Fondecyt (Conicyt) e Innovación (Corfo). Dichos aportes públicos propiciaron aumentos en el gasto total a tasas del 32% y 22% respectivamente, para los periodos indicados. Hacia el 2017, el aumento del gasto se reduce en torno al 4% situación que explica la tasa de crecimiento anual compuesta del 13,8% resultante para el periodo 2014 – 2017.

20. EL GASTO NACIONAL EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TEMAS RELACIONADOS CON LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA REPRESENTÓ MENOS DEL 0,02 % DEL PIB DEL PAÍS A PRECIOS CORRIENTES EN 2017.

- El gasto anual en investigación y desarrollo en temas relacionados con la Revolución Tecnológica en Chile se ha mantenido bajo el 0,02% del Producto Interno Bruto (PIB) durante el periodo 2014 – 2017. Sin embargo, esta cuota ha ido en aumento, pasando de representar el 0,010% del PIB el año 2014 al 0,016% el año 2017, lo que indica que el gasto anual para el desafío país ha crecido a una tasa mayor que la experimentada por el Producto Interno Bruto, en efecto, mientras el gasto nacional en materias de Revolución Tecnológica ha crecido a una tasa anual compuesta del 13,8%, el PIB lo ha hecho al 1,97%, durante el periodo 2014 – 2017. De acuerdo a las estimaciones realizadas en el presente estudio, considerando la evolución y tendencia del gasto nacional en investigación y desarrollo en temas relacionados con la Revolución Tecnológica, se espera que, en un periodo no superior a tres años, este gasto supere el 0,02% del Producto Interno Bruto.

21. EL GASTO PÚBLICO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TEMAS RELACIONADOS CON LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA SE ORIENTA EN CASI EL 76% A COFINANCIAR PROYECTOS EJECUTADOS EN EL PAÍS.

- El gasto público estimado se puede desglosar en i) cofinanciamiento a proyectos ejecutados en el país, ii) financiamiento a entidades nacionales y iii) financiamiento a iniciativas ejecutadas fuera de Chile, por ejemplo, becas para estudios de postgrado en el extranjero. De estas componentes, el cofinanciamiento a proyectos de investigación y desarrollo en temas relacionados con la Revolución Tecnológica ejecutados en el país, es el más importante en términos de montos, representando cerca del 76% del gasto público durante el periodo 2014 – 2017. En la cuota

³ A la fecha de presentación del presente informe los datos para estimar el gasto en el año 2018 no se encontraban disponibles.

restante, el 15% es ejecutado por entidades nacionales, a través de fondos generales universitarios y fondos para otras instituciones, mientras que el 9% es destinado a proyectos ejecutados fuera de Chile.

22. EL FINANCIAMIENTO PÚBLICO A ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MATERIA DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA SE SOSTIENE PRINCIPALMENTE SOBRE INSTRUMENTOS DE CONICYT Y CORFO.

- El financiamiento público se sostiene fundamentalmente por las acciones de Corfo y Conicyt, responsables por casi la totalidad de los aportes estatales en investigación y desarrollo tecnológico asociados al desafío país Revolución Tecnológica. En esta línea, el instrumento de financiamiento que más destaca durante el periodo 2014 – 2017 es Capacidades Tecnológicas de Corfo, que tiene por misión articular y fortalecer las capacidades de desarrollo y transferencia de tecnologías, a través de programas colaborativos que conectan a empresas, universidades y centros tecnológicos.
- El segundo instrumento de financiamiento que destaca durante el periodo es el Programa de Investigación Asociativa (PIA) de Conicyt, que tiene por misión promover la articulación y asociación entre investigadores, fomentando la creación y consolidación de grupos y centros científicos y tecnológicos.
- Si bien la existencia de dos instituciones claramente visibles que se encargan de financiar actividades del Ecosistema puede resultar positiva desde el punto de vista del equilibrio institucional, podría, por otro lado, dejar en evidencia la escasa disponibilidad de alternativas de financiamiento y de fondos que se manejan a nivel descentralizado, particularmente desde los Gobiernos Regionales, cuyo financiamiento otorgado en materias de Revolución Tecnológica durante el periodo de análisis fue inferior al 0,52% del total cofinanciado por el sector público.

23. LA CUOTA DE FINANCIAMIENTO OTORGADO POR EL SECTOR PRIVADO A ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MATERIA DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA HA IDO AUMENTANDO PAULATINAMENTE, LLEGANDO A ALCANZAR EN 2017 EL 53% DEL TOTAL

- Si bien el financiamiento que sostiene las actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la Revolución Tecnológica es compartido en partes similares entre los sectores público y privado durante el periodo 2014 – 2017 (47% y 53%, respectivamente), a partir de 2015 se observa una creciente participación del financiamiento proveniente del sector privado. Ello evidencia el aumento del carácter estratégico que posee la inversión en generación de conocimiento y desarrollo de tecnología para este sector, que no sólo abre oportunidades de negocio, sino además permite mejorar la productividad de procesos y operaciones en diversas actividades económicas.

24. LAS EMPRESAS NACIONALES APORTARON EL 65,5% DEL FINANCIAMIENTO PRIVADO A LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MATERIAS DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DURANTE EL PERIODO 2014 – 2017.

- En el caso del gasto privado, el modelo desarrollado considera cuatro categorías de fuentes de financiamiento: i) empresas, ii) instituciones de educación superior, iii) entidades privadas sin fines de lucro y iv) fondos internacionales. De estas fuentes, el financiamiento proveniente de empresas es el más importante en términos de monto, representando cerca del 65,5% del gasto privado durante el periodo 2014 – 2017. Le sigue el financiamiento proveniente de entidades de

educación superior con un 25,6%. En la proporción restante, el 6,6% proviene de fondos internacionales, mientras que el 2,3% corresponde al financiamiento otorgado por entidades privadas sin fines de lucro. En términos generales, los fondos provenientes de empresas y universidades se destinan a cofinanciar los proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico, respectivamente, que se ejecutan en el país con el apoyo del Estado.

- Si bien en términos porcentuales el aporte de las fuentes de financiamiento privadas es el mismo que el identificado en materia de Envejecimiento Poblacional, en términos de monto el gasto privado en materia de Revolución Tecnológica triplica al anterior durante el periodo analizado.

Patentes en temas relacionados con Revolución Tecnológica

25. EL NÚMERO DE SOLICITUDES DE PATENTES EN TEMAS RELACIONADOS CON LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA SE HA MANTENIDO ESTABLE A UN NIVEL MUY BAJO ENTRE 2013 Y 2018. EL TIEMPO DE RESOLUCIÓN PARA LAS SOLICITUDES AYUDA A COMPRENDER EL BAJO VOLUMEN DE PATENTES IDENTIFICADAS.

- Entre 2013 y 2018 se identificaron sólo 27 patentes en temas relacionados a Revolución Tecnológica solicitadas a Inapi. De ellas, el 22% ya están aprobadas y un 63% se encuentra todavía sin resolver, mientras que el restante 15% corresponde a solicitudes abandonadas o denegadas.
- Al analizar el volumen de solicitudes de patentes por año, se observa que 2015 es el último año en el cual aparecen patentes aprobadas. Entre 2016 y 2018 sólo se encuentran solicitudes sin resolver (86%) y abandonadas (14%), lo que muestra tiempos considerables para la aprobación de dichas solicitudes. En efecto, existen solicitudes de patentes realizadas el año 2013 y que aún se encuentran sin resolver, lo que podría derivar en un bajo interés por realizar este tipo de solicitud por parte de los actores del Ecosistema. Esto último, a su vez, permitiría comprender el bajo volumen de solicitudes de patentes relacionadas a Revolución Tecnológica.
- Considerando sólo las 23 solicitudes que se encuentran en estado aprobado o sin resolver, la distribución anual se mantiene estable entre 2013 y 2018, con un promedio de 4 patentes al año y una variación entre las tres y cinco por cada periodo. La estabilidad en esta producción contrasta con lo que ocurre con la evolución del gasto en actividades de investigación y desarrollo en temas relacionados con la Revolución Tecnológica, y el consecuente aumento en publicaciones científicas, proyectos de investigación y desarrollo, con una clara tendencia al alza entre 2013 y 2018.
- El 69% de los actores individuales identificados desde las solicitudes de patentes tiene afiliación a una empresa, mientras que un 27% lo hace en el ámbito académico. Asimismo, el 73% del total de actores identificados a las solicitudes de patentes se encuentra afiliado a una entidad en la Región Metropolitana.

Infraestructura y equipamiento para la investigación científica

26. LA MAYOR PARTE DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL EQUIPAMIENTO PARA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN TEMAS RELACIONADOS CON REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA SE ENCUENTRA DISPONIBLE EN ESTABLECIMIENTOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR.

- La infraestructura disponible para actividades de CTCI corresponde, principalmente, a oficinas de trabajo y laboratorios tanto de uso exclusivo como compartido, para albergar a investigadores principales, investigadores asociados, postdoctorados, estudiantes de postgrado y técnicos de laboratorio, así como personal administrativo.
- El equipamiento mediano y mayor existente en los centros e institutos de investigación considerados para el análisis es tanto de uso exclusivo como compartido con otras unidades de las instituciones que albergan dichos centros e institutos. En el caso particular de los centros y núcleos Milenio considerados, la infraestructura y el equipamiento se distribuyen entre las instituciones de educación superior que los albergan.
- Dicho equipamiento corresponde, principalmente, a hardware (por ejemplo, servidores, equipos de almacenamiento de datos y supercomputadores) y software licenciado de uso científico (por ejemplo, SAS o SPSS). Sin embargo, en su mayoría, se trata de equipamiento que no es de uso específico para investigación orientada al estudio relacionado a la Revolución Tecnológica.
- Considerando que la infraestructura y el equipamiento mayor con que cuenta el Ecosistema para la investigación en temas relacionados con la Revolución Tecnológica se encuentran disponibles, fundamentalmente, en las principales universidades del país, el acceso a dicha infraestructura y equipamiento por parte de institutos y centros de investigación depende, en buena medida, de la afiliación institucional de sus miembros, particularmente de sus directivos. Lo anterior representa considerables barreras de entrada para que otros actores puedan investigar en la materia.

27. EXISTEN LIMITACIONES CONSIDERABLES PARA CUANTIFICAR LA INFRAESTRUCTURA Y EL EQUIPAMIENTO DE ACTORES INSTITUCIONALES CLAVE DEL ECOSISTEMA NACIONAL DE CTCI. LA FALTA DE INTERÉS EN PARTICIPAR EN ESTE TIPO DE LEVANTAMIENTOS UNA DE LAS PRINCIPALES.

- En el marco del estudio no fue posible cuantificar la infraestructura y el equipamiento con que cuentan los actores institucionales más relevantes del Ecosistema Nacional de CTCI para investigar en temas relacionados con la Revolución Tecnológica. Así, la información recolectada no resulta representativa para el Ecosistema propiamente tal, por lo que los resultados presentados sólo pueden ser considerados como referenciales.
- Los recursos a invertir para recolectar información sobre la infraestructura y el equipamiento mayor con que cuentan actores del Ecosistema Nacional de CTCI son muy altos para la cantidad y calidad de información posible de obtener. Recolectar este tipo de información tiene claros inconvenientes. Por una parte, el uso de fuentes primarias resulta en un bajo grado de participación, tanto por desinterés hacia la participación en dichos levantamientos de información como por limitaciones de las universidades que albergan los centros de investigación para entregar información detallada acerca de su equipamiento científico. Por otra parte, el uso de fuentes secundarias no es practicable, ya que la información requerida no siempre es de acceso público y/o no se encuentra actualizada en los sitios web disponibles.

Eventos de difusión y divulgación en temas relacionados con Revolución Tecnológica

28. LOS EVENTOS DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DE CONOCIMIENTO EN MATERIA DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA ABORDAN TEMAS TALES COMO EL APRENDIZAJE AUTOMÁTICO, EL APRENDIZAJE PROFUNDO Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL. LA MAYORÍA DE ESTOS EVENTOS SE REALIZA EN LA REGIÓN METROPOLITANA Y ES ORGANIZADA POR ACTORES DEL ÁMBITO ACADÉMICO Y PRIVADO

- Dentro de los eventos de difusión y divulgación de conocimiento identificados en el período 2013 – 2018, se distinguen mayoritariamente congresos (38%) y reuniones o encuentros (33%), y en menor medida seminarios, simposios y jornadas. Los temas de estos eventos se relacionan principalmente con el aprendizaje automático (44%), el aprendizaje profundo (18%) y la inteligencia artificial (11%).
- El 80% de los eventos identificados en el período de análisis se realizó en la Región Metropolitana. El resto de los eventos se han realizado, principalmente en la zona Centro – Sur, destacando el número de eventos realizados en la Región de Valparaíso. Los eventos realizados en el resto del país representan solo el 7% del total.
- De las 47 entidades identificadas como organizadoras de estos eventos, el 40% corresponde a instituciones de educación superior, tales como la Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad de Santiago. En tanto que un 32% de los organizadores corresponde a instituciones del ámbito privado y un 28% a otras entidades tales como fundaciones y organismos multilaterales. Llama la atención que en la revisión realizada no figuren actores del ámbito público.
- El análisis del número de eventos de difusión y divulgación de conocimiento en materias relacionadas con la Revolución Tecnológica entre los años 2013 y 2018, muestra un aumento sostenido, pasando de sólo un evento en 2013 a 26 en 2018. Sin embargo, ya que la recolección de información presenta limitaciones, no se puede comprobar si el crecimiento en la cantidad de eventos identificados relacionados con Revolución Tecnológica se debe a un aumento del interés en el tema o al efecto de la disponibilidad de información en línea acerca de estos eventos.

Otras iniciativas de aplicación de conocimiento relacionado con Revolución Tecnológica

29. LAS INICIATIVAS DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTO EN MATERIA DE REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA SE ORIENTAN A LA MODERNIZACIÓN INTERNA DEL ESTADO Y DE SERVICIOS PÚBLICOS, A LA EDUCACIÓN Y A LA INNOVACIÓN ORGANIZACIONAL. TODAS ELLAS POSEEN ALCANCE A NIVEL NACIONAL Y SON IMPULSADAS DESDE LA REGIÓN METROPOLITANA.

- Las 49 iniciativas de aplicación de conocimiento identificadas para el período 2013 – 2018 consisten en acciones que se ejecutan con el fin de transformar algún aspecto del Ecosistema para afrontar el desafío país Revolución Tecnológica. Estas iniciativas se relacionan principalmente con la modernización de servicios entregados a usuarios por diferentes servicios públicos (24%), con la modernización interna de la gestión del Estado (20%), con la educación y capacitación en

tecnología (19%) y con la innovación en el interior de instituciones (17%). Más atrás aparecen las iniciativas que buscan regular el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías en el país (12%) y la modernización de la producción (8%).

- Del total de iniciativas, un 85% tiene su origen en alguna institución pública, en que destacan el Ministerio Secretaría General de la Presidencia, el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, el Ministerio de Salud y el Ministerio de Hacienda; un 8% surge desde instituciones privadas, en las que destacan empresas de telefonía y fundaciones; por último, el 7% corresponde a iniciativas impulsadas por instituciones académicas, particularmente desde iniciativas Milenio, como el Instituto Milenio de Fundamento de los Datos y el Centro para el Descubrimiento de Estructuras de Datos Complejos.
- La totalidad de las iniciativas identificadas se impulsan desde instituciones localizadas en la Región Metropolitana. Sin embargo, todas estas iniciativas tienen alcance nacional, es decir, su implementación busca tener impacto en todas las regiones del país.

Comentarios finales

A partir de los resultados obtenidos en este estudio es posible señalar que las capacidades del Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) existentes en Chile para el desafío país Revolución Tecnológica, presentan un alto grado de concentración en términos temáticos, institucionales y geográficos. Si bien esta concentración genera algunas eficiencias, en la mayoría de los casos representa una considerable debilidad del Ecosistema.

Respecto a la concentración temática, el análisis de la investigación científica en materias de Revolución Tecnológica en el período 2013 – 2017, muestra un significativo volumen de publicaciones en los campos del conocimiento (nivel 1 del modelo ÖFOS) de las Ciencias Naturales y las Ciencias Técnicas. A nivel de áreas del conocimiento (nivel 4 del modelo ÖFOS), estas participaciones se traspasan al área de las Ciencias de la Computación, para el campo de las Ciencias Naturales, y a las Ingenierías Eléctrica, Electrónica y en Información, en el campo de las Ciencias Técnicas. Este patrón permite notar que en Chile la generación de conocimiento vinculado a Revolución Tecnológica se ha abordado desde disciplinas esperadas.

La Cuarta Revolución Industrial, construida sobre su antecesora, la revolución digital, que fuera impulsada por el uso de la electrónica y las tecnologías de la información para la automatización del trabajo en oficinas y en la producción, se caracteriza por una fusión de tecnologías que está desdibujando las líneas entre las esferas de lo físico, lo digital y lo biológico. Así, por ejemplo, las posibilidades de millones de personas conectadas a través de equipos móviles con una capacidad de procesamiento y almacenamiento y acceso al conocimiento, sin precedentes, se han vuelto ilimitadas. Y estas posibilidades se multiplicarán por los avances tecnológicos emergentes en campos tales como inteligencia artificial, robótica, internet de las cosas, vehículos autónomos, impresión 3D, pero también en otros tales como nanotecnología, biotecnología, ciencia de los materiales, almacenamiento de energía, entre otras.

Tres elementos distinguen a la Revolución Tecnológica: i) la velocidad de los avances actuales aumenta a un ritmo exponencial, sin precedentes históricos, ii) la amplitud y profundidad de estos cambios, que traspasan todas las industrias en cada país, iii) el impacto en la transformación de sistemas

completos de producción, gestión y gobierno⁴. Esta Revolución Tecnológica tiene el potencial de incrementar los niveles globales de ingresos y mejorar la calidad de vida de la población mundial, pero, al mismo tiempo, podría generar una mayor desigualdad, particularmente en su potencial para perturbar los mercados laborales. Como la automatización sustituye al trabajo en toda la economía, el desplazamiento neto de trabajadores por parte de las máquinas podría exacerbar la brecha entre los rendimientos del capital y los rendimientos del trabajo. Por otro lado, también es posible que el desplazamiento de trabajadores por la tecnología, en conjunto, resulte en un aumento neto de empleos seguros y gratificantes. Por tanto, se vuelve un desafío estimular la producción científica vinculada a la Revolución Tecnológica en otros campos y áreas del conocimiento relevantes, por ejemplo, para la población desde el campo de las Ciencias Sociales, en áreas tales como la Economía y la Educación, y desde el campo de las Ciencias Médicas, en áreas tales como Medicina Clínica y Neurociencias; y relevantes para las actividades económicas del país, desde el campo de las Ciencias Agrícolas, en el área de la Biotecnología Agrícola y de los alimentos, entre otras. De este modo, el fomento al desarrollo de la producción científica en otros campos y áreas del conocimiento permitirá enfrentar el desafío mediante el incremento de la generación, uso y aplicación del conocimiento desde una perspectiva integrada, como lo requiere la complejidad de la transformación que conlleva la Revolución Tecnológica.

Con respecto a la concentración institucional de las capacidades existentes en el Ecosistema Nacional de CTCI, en primer lugar, el hecho de que los especialistas se encuentren principalmente en el ámbito académico, supone la necesidad de fomentar el desarrollo de otras actividades en el Ecosistema, más allá de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, referidas al uso y aplicación de la ciencia y la tecnología, para lo cual se requiere promover más formación y especialización de otros profesionales que ejercen sus labores en los ámbitos público y privado, vinculados a dimensiones menos científicas y más aplicadas para hacer frente a los desafíos de la Revolución Tecnológica desde una mirada integrada.

En el análisis de los proyectos de investigación y desarrollo, se observa la contribución tanto de instituciones académicas, especialmente de universidades, y de actores del ámbito privado, particularmente empresas, que ya están jugando un rol significativo en el desarrollo tecnológico, esto se observa también en la destacada contribución de éstas en patentes relacionadas con el desafío país Revolución Tecnológica. Las patentes pueden ser consideradas como un impulsor de la investigación y desarrollo, dado que permiten proteger el conocimiento generado y la inversión, tanto en tiempo como en dinero, utilizados en la creación o perfeccionamiento de nuevos productos o servicios, además la investigación contribuye a la generación de patentes innovadoras⁵. En este contexto, dado que, en su escala, alcance y complejidad, la transformación que impulsa la Revolución Tecnológica será diferente a todo lo que la humanidad ha experimentado antes, es claro que la respuesta a ella debe ser integrada e integral, con la participación de todos los actores involucrados, desde los sectores público y privado hasta el mundo académico y la sociedad civil.

⁴ Schwab, K. (2016) *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. En *Global Agenda*. Davos: World Economic Forum.

⁵ Watzinger, M., Schnitzer, M. (2019). *Standing on the shoulders of science*. London: Centre for Economic Policy Research.

Junto con lo anterior, los resultados de este trabajo, en términos de producción científica, proyectos de investigación y desarrollo, eventos de difusión y divulgación científica, patentes y otras iniciativas relacionadas, muestran también que existe una considerable concentración geográfica de las capacidades de CTCI para el desafío país, específicamente en la Región Metropolitana. Si bien este resultado no es novedoso en sí mismo, no deja de ser relevante por cuanto esta concentración es mucho más fuerte de lo que la distribución de la población a lo largo del territorio permite explicar, aunque se ha observado un leve aumento en la cantidad de proyectos ejecutados en regiones fuera de la Región Metropolitana. Es claro que la escasez e incluso la falta de investigadores especialistas en la mayoría de las regiones del país, en especial en las regiones extremas, es una brecha que debe ser superada para atender las necesidades de cada territorio del país. En este sentido, la política pública puede y debe tender a alcanzar condiciones de mayor equidad entre actores en las regiones del país.

Si se considera que las principales redes de colaboración en publicaciones científicas de investigadores en materia de Revolución Tecnológica se concentran en EEUU y en determinados países de Europa (como España, Reino Unido, Alemania e Italia) y que además estos países han estado mejor posicionados que nuestro país en lo que respecta al aprovechamiento efectivo de las oportunidades ofrecidas por las tecnologías de la información y la comunicación para el desarrollo y la transformación en múltiples aspectos de la vida cotidiana⁶, es plausible suponer que la colaboración científica con los investigadores de estos países obedece a un interés de conocimiento y/o replicación de los avances y desarrollos que han sido alcanzados a nivel internacional en materia de Revolución Tecnológica. No obstante, aquello, también es plausible suponer que la colaboración con los investigadores de estos países responde a un patrón de proximidad en términos de la formación o especialización académica obtenida por los investigadores afiliados a entidades nacionales. Esto último se sustenta en los resultados del análisis de redes de colaboración científica, que muestra una concentración relativa en la conformación de estas redes de colaboración con aquellos países de origen o procedencia de los máximos grados académicos obtenidos por los investigadores nacionales, aunque este análisis también muestra una escasa o nula presencia de redes de colaboración con investigadores de otros países que también registran posiciones altas, o incluso mejores, en términos de la utilización efectiva de las oportunidades otorgadas por las tecnologías digitales, tales como Singapur y algunos de los países escandinavos (Finlandia, Noruega y Suecia), cuyas acciones específicas han logrado potenciar tanto la productividad y el crecimiento de sus economías como el bienestar de sus habitantes, en términos de desarrollar infraestructura y nuevos productos que han mejorado y diversificado el acceso a servicios básicos como educación, cuidado de la salud y generación de empleos, todo esto gracias al aprovechamiento efectivo de las tecnologías digitales⁷. En razón de lo anterior, se considera necesario no sólo el mantenimiento de las principales redes ya existentes con los países de procedencia de los máximos grados académicos de los investigadores nacionales, sino también el potenciamiento de las redes de colaboración científica con investigadores de países que están a la vanguardia en materia de adaptación a la Revolución Tecnológica,

⁶ World Economic Forum (2016). The Global Information Technology Report 2016. Innovating in the Digital Economy. Geneva: World Economic Forum.

⁷ *Ibidem*.

entendiendo que los recursos científicos y tecnológicos provistos por actores individuales e institucionales (universidades, gobiernos, empresas), fundamentalmente de aquellos países con las experiencias más avanzadas y, consiguientemente, mejor evaluadas de utilización de las tecnologías de la información y la comunicación en diversos aspectos de la vida cotidiana, tienen el potencial para diversificar la generación de conocimiento vinculado a la Revolución Tecnológica en nuestro país, que hasta ahora ha quedado circunscrita a las disciplinas típicamente relacionadas con la electrónica y las tecnologías digitales y que si bien ha logrado tener un sentido práctico o de aplicación para la solución de problemas reales, este último aún se encuentra concentrado en los actores productivos y retrasado con respecto al alcance de los impactos de la Revolución Tecnológica en diversos actores de la sociedad chilena.

Si bien el financiamiento público de Corfo aparece como una fuente relevante en el análisis de proyectos de investigación y desarrollo relacionados con el desafío país Revolución Tecnológica, aún es superado por la alta concentración que tiene el financiamiento público en torno a Conicyt, representando una debilidad del Ecosistema, esto debido a las características que poseen los instrumentos de financiamiento de Conicyt, ya que los proyectos de desarrollo tecnológico, particularmente aquellos que podrían ejecutar empresas quedan sin acceso a cofinanciamiento público. En este escenario, el gasto en proyectos enfocados en transferencia o aplicación de conocimiento queda supeitado principalmente a la inversión privada. Ante esta situación, se hace necesario que instituciones como Corfo, cuyos instrumentos de financiamiento se orientan a realizar inversión en investigación aplicada y desarrollo tecnológico y con la participación de actores de diferentes ámbitos, tenga mayor participación en el gasto público para la ejecución de proyectos de investigación y desarrollo en materias de Revolución Tecnológica. Asimismo, el gasto proveniente desde Fondos de Innovación para la Competitividad en regiones (FIC-R) debiese aumentar también para, a su vez, contribuir a la disminución de las diferencias en volúmenes de producción entre la Región Metropolitana y otras regiones, considerando los niveles observados en la cuota de proyectos financiados por estos fondos. En este sentido, si bien el gasto en estos proyectos ha aumentado en los últimos años, se requiere que éste no sólo continúe creciendo, sino además que se encuentre alineado con una política que defina las áreas en donde se requiere mayor investigación y desarrollo y, sobre todo, mayor capacidad de innovación para afrontar de manera efectiva los retos concretos que van aparejados al desafío país Revolución Tecnológica, tales como la brecha de digitalización de las empresas, con respecto a esto, en el año 2018 se lanzó el Índice de Transformación Digital de Empresas, que fue medido en 200 empresas nacionales, quienes alcanzaron un promedio de 32,4 puntos en una escala de 0 a 100, evidenciando la brecha de digitalización de las empresas nacionales, por lo que se debería impulsar la creación de una hoja de ruta para la Transformación Digital, acorde a la realidad de cada empresa y sector. Además, entre las recomendaciones realizadas por la OECD (2018) para el desarrollo de la innovación digital en el marco de la transición hacia la industria 4.0, se encuentra el apoyo e incentivo a las políticas de innovación y de propiedad intelectual. Otro aspecto a considerar es el impacto sobre los empleos, según la OECD (2018)⁸ un 14% de los empleos de países pertenecientes a la OECD tiene un alto riesgo de ser automatizado, mientras que un 32% pueden enfrentar cambios sustanciales en la manera en que son ejecutados, el mismo estudio menciona que los efectos de la

⁸ OECD (2018) Putting faces to the Jobs at risk of automation. Policy Brief on the future of Work. Paris: OECD Publishing.

automatización afectarán mayormente a la industria manufacturera y a la agricultura. Con respecto a Chile, se estima que el 53% de los empleos se verán amenazados por la automatización, este aspecto debe ser abordado en las políticas públicas orientadas al desafío país Revolución Tecnológica, así como el marco regulatorio debe estar preparado para aquellas innovaciones disruptivas.

A partir de la metodología utilizada para obtener los resultados presentados en este estudio es posible señalar que, en términos generales, los esfuerzos para abordar el desafío país Revolución Tecnológica se encuentran desestructurados en el Ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, debido a la carencia de una política de ciencia y tecnología que promueva la generación, uso y aplicación del conocimiento para enfrentar este desafío país.

Entre los países de la OCDE, actualmente muchos están tratando de aprovechar los avances en tecnologías emergentes, que forman parte de la Revolución Tecnológica, integrándolos en estrategias nacionales de investigación. Algunos países han adoptado políticas focalizadas en el desarrollo de tecnologías específicas, tales como Canadá, Finlandia, Grecia y Reino Unido. Algunos han elegido explotar recursos específicos en los cuales el país puede tener una ventaja competitiva, tales como Argentina y su promoción de la producción de productos textiles basados en fibras de camélidos de la región andina. Otros se focalizan más en desafíos globales en áreas tales como el medio ambiente, la energía o la salud y otros menos, en plataformas específicas tales como el Programa de las Ciencias del Cambio Climático de Australia y las inversiones en tecnologías sustitutas del petróleo en Israel. Otros países han adoptado un enfoque híbrido, con programas diseñados para desarrollar ciertas plataformas prioritarias, –tales como la Política de Investigación y Desarrollo con énfasis en Nanotecnología, de Noruega– y programas focalizados en necesidades prioritarias del mundo a nivel global y de la población local, como el Acuerdo de Mayoría Parlamentaria sobre Política del Clima en Noruega.

Además de priorizar las tecnologías emergentes en sus agendas de investigación, los países están también haciendo un enlace más definido entre estas tecnologías y el servicio a la sociedad, particularmente, en términos de justicia social y abordando las necesidades de los menos aventajados económicamente. En este caso, destaca por ejemplo el desarrollo de ambientes eficientes para vivir y trabajar (Finlandia), agua potable segura (Argentina) y ciudades inteligentes y sostenibles (Suecia e Italia).

Con estos ejemplos, se busca mostrar que, para hacer frente al desafío país de la Revolución Tecnológica en Chile, es de vital relevancia definir la ruta hacia donde se desea transitar.

Finalmente, los países ven el desarrollo de tecnologías emergentes más en términos de un ecosistema que en términos de investigación básica. Ellos están interesados en la aplicabilidad de estas tecnologías y en los modos de optimizar su comercialización⁹. En este sentido, y tal como reflexiona el Foro Económico Mundial¹⁰, la Cuarta Revolución Industrial representa un cambio fundamental en el modo de vida, trabajo y relación con otros, habilitado por avances tecnológicos que son proporcionales a los de la primera, segunda y tercera revoluciones industriales, y que están fusionando los mundos físico, digital y biológico en formas que crean tanto promesas como riesgos. La velocidad,

⁹ OECD (2012). OECD Science, technology and Industry Outlook 2012. Paris: OECD Publishing.

¹⁰ World Economic Forum (2019). Fourth Industrial revolution. Global Issue. Geneva: World Economic Forum

la amplitud y la profundidad de esta revolución obligan a repensar cómo deben desarrollarse los países, cómo las organizaciones crean valor e incluso qué significa ser humano. La Revolución Tecnológica es una oportunidad para ayudar a todos, incluidos los líderes, los responsables políticos y las personas de todos los grupos de ingresos y naciones, a aprovechar las tecnologías para crear un futuro inclusivo y centrado en el ser humano.

CameronPartners Innovation Consultants

Richard-Wagner-Str. 29 | 68165 Mannheim | Alemania

Edmundo Larenas 438 | 4070415 Concepción | Chile

www.cameron-partners.com