

INFORME FINAL

“Estudio sobre brechas y oportunidades de adopción regional de la biotecnología para la definición de clústeres nacionales del Centro de Biotecnología Traslacional”

Jefe Proyecto: Pelayo Herraiz

Preparada por: Pelayo Herraiz
José Manuel Pino
Felipe Cornejo
Rocío Ortiz
Nicolás Riveros

Fecha emisión: 31 de marzo de 2023

| | |
|--|----|
| RESUMEN EJECUTIVO..... | 4 |
| INTRODUCCIÓN..... | 6 |
| MARCO CONCEPTUAL..... | 9 |
| Definición de biotecnología y avances de esta en Chile..... | 9 |
| Revisión de literatura internacional sobre ecosistemas biotecnológicos..... | 12 |
| 1. Innovación abierta..... | 12 |
| 2. Procesos de incubación y aceleración..... | 14 |
| 3. Políticas Públicas..... | 15 |
| Sobre la gestión de la innovación y la articulación de ecosistemas..... | 16 |
| Relación oferta - demanda de soluciones biotecnológica y desarrollo de iniciativas de I+D+i en el campo de la biotecnología..... | 19 |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO..... | 22 |
| 1. DISEÑO METODOLÓGICO..... | 22 |
| 2. FUENTES DE DATOS E INDICADORES A CONSTRUIR..... | 25 |
| 2.1 Fuentes de información y procesamiento de data sobre Indicadores económicos – industriales de las regiones..... | 25 |
| ANTECEDENTES REGIONALES..... | 29 |
| 1. Caracterización regional..... | 30 |
| 1.1. Dimensión demográfica..... | 31 |
| 1.2. Dimensión económica..... | 32 |
| 2. Políticas regionales de Biotecnología..... | 36 |
| ETAPA DE ANÁLISIS 1: PRESELECCIÓN DE REGIONES CANDIDATAS..... | 37 |
| 1. Madurez del ecosistema Biotech en términos industriales..... | 38 |
| 1.1. Madurez del sector Biotech en las regiones..... | 38 |
| 1.2. Madurez de las industrias demandantes de Biotecnología..... | 44 |
| 1.3. Conclusiones del análisis industrial..... | 52 |
| 2. Madurez del ecosistema Biotech en relación a la Investigación y Desarrollo (I+D)..... | 54 |
| 2.1. Privados..... | 54 |
| 2.2. Instituciones de Educación Superior (IES)..... | 60 |
| 2.3. Sector público..... | 63 |

| | | |
|------|---|-----|
| 2.4. | Sociedad civil, asociaciones gremiales y centros de estudios | 64 |
| 2.5. | Conclusiones del análisis de madurez regional en I+D..... | 66 |
| 3. | Madurez del ecosistema Biotech en relación a la generación de conocimientos y capital humano específico | 67 |
| 3.1. | Generación de conocimientos relacionados a Biotecnología | 68 |
| 3.2. | Capital humano específico a Biotecnología | 72 |
| 3.3. | Conclusiones del análisis de indicadores de generación de conocimiento..... | 74 |
| | RECOMENDACIÓN PRIORIZADA DE REGIONES CANDIDATAS..... | 75 |
| | ETAPA 2: ANÁLISIS EN PROFUNDIDAD DEL SECTOR PRIVADO EN REGIONES PRESELECCIONADAS | 77 |
| 1. | Región del Biobío..... | 78 |
| 1.1. | Funcionamiento general del ecosistema según los actores | 78 |
| 1.2. | Brechas identificadas por los actores | 81 |
| 1.3. | Oportunidades para la instalación del clúster | 83 |
| 2. | Región de Los Lagos | 85 |
| 2.2. | Funcionamiento general del ecosistema según los actores | 86 |
| 2.3. | Brechas identificadas por los actores | 91 |
| 2.4. | Oportunidades para la instalación del clúster | 95 |
| | RECOMENDACIÓN FINAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN CLÚSTER DE BIOTECH EN BASE AMBAS ETAPAS | 98 |
| | REFERENCIAS..... | 100 |
| | ANEXOS | 106 |
| | Glosarios de términos utilizados para buscar determinar proyectos Biotech..... | 106 |
| | Listado de subrubros considerados como potenciales demandantes de Biotecnología..... | 107 |
| | Listado de participantes en el proceso de entrevistas | 109 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio tiene como finalidad determinar la madurez de los ecosistemas de biotecnología de las distintas regiones de Chile, con el objetivo de identificar aquella con mayores capacidades habilitantes para establecer el funcionamiento de un clúster articulador del ecosistema de emprendimiento e innovación en el corto y mediano plazo.

Las hipótesis relevantes para el desarrollo de este estudio son las siguientes:

1. Los ecosistemas regionales con clústeres de recursos naturales en que haya mayor oferta y demanda por soluciones biotech presentarán mayor madurez y atractivo para instalar el clúster.
2. Los ecosistemas regionales con más inversión en I+D presentarán mayor y mejores oportunidades para recibir apoyo y establecer alianzas de I+D+i.
3. Los ecosistemas regionales con un adecuado equilibrio entre generación de conocimientos y presencia de talento humano, presentan mejores condiciones para establecer acciones de transferencia tecnológica y establecimiento de alianzas de desarrollo en mercado de interés.

Bajo estas hipótesis se establecieron dos etapas de análisis, primero, se tomaron datos públicos para analizar los estados de todas las regiones del país en las 3 dimensiones propuestas en las hipótesis previas, priorizando la capacidad industrial de oferta y demanda por biotech, luego la disposición a invertir en I+D y por último la generación de conocimientos y capital humano avanzado y especializado. En base a este análisis se determinó que las dos regiones con mayores capacidades habilitantes serían las de Biobío y Los Lagos. Estas son las regiones candidatas para albergar un clúster considerando los criterios antes mencionados.

En la segunda etapa se realizaron entrevistas en las regiones candidatas a demandantes y oferentes de biotecnología, considerando un análisis tanto de actores del sector público y organizaciones de la sociedad civil y asociaciones gremiales con el foco de entender detalladamente el funcionamiento y las dinámicas de cada ecosistema particular. En base a estas entrevistas se caracterizaron las brechas específicas de cada ecosistema y los espacios de oportunidad de brechas a apoyar a través del rol articulador del clúster. De igual modo, se evalúa las condiciones habilitantes para la instalación exitosa de un cluster.

Los resultados del análisis cualitativo apuntan a que las oportunidades de articulación en la región del Biobío están ligadas directamente al proceso de transferencia tecnológica asociado a las Instituciones de Educación Superior, lo que apunta a articular la inclusión de modelos de negocios en los emprendimientos y a asistir en temáticas relacionadas a propiedad intelectual como ejes relevantes o brechas a abordar dentro del ecosistema de esta región.

Por otro lado, las oportunidades en la región de Los Lagos se dan por el lado de articular las capacidades existentes de laboratorios y centros de investigación privados, que cuentan con capacidad ociosa, lo que representa una oportunidad para que los proveedores de soluciones biotech que tienen dificultades para generar pilotos y prototipos puedan eventualmente escalar sus propuestas de valor usando la infraestructura disponible en la región.

Debido a que los desafíos en la región de Los Lagos son significativamente más abordables por parte de un órgano interventor, como es el caso de la propuesta del CBT, se recomienda la región de los Lagos como la priorizada para la instalación de un clúster articulador de Biotecnología, ya que, apalancaría las capacidades habilitantes existentes de un ecosistema liderado por el sector privado, con amplia oferta y demanda por biotecnología y una amplia disposición para la ejecución de proyectos de I+D. Del mismo modo, el entorno privado cuenta con mayores casos de éxito para el desarrollo de mínimos productos viables de base científica tecnológica, industrias más consolidadas (con es el caso de la acuicultura), experiencia en implementación de iniciativas de innovación y agentes articuladores activos (por ejemplo, Endeavor Patagonia).

Se discuten las implicancias de implementar un clúster biotecnológico dentro de la región de los Lagos y se propone un marco teórico referencial sobre ecosistemas de emprendimiento e innovación como marco comprensivo para llevar a cabo la iniciativa a implementar por el CBT.

Palabras clave: clúster biotecnológico, ecosistemas de emprendimiento e innovación, Centro de Biotecnología Traslacional, región de los Lagos, región de Biobío.

INTRODUCCIÓN

La Estrategia Nacional de Biotecnología de Chile se originó en el año 2007, en el contexto de la necesidad de impulsar el desarrollo de la biotecnología en el país. En este sentido, su objetivo principal ha sido establecer un plan que permitiera el fortalecimiento de la capacidad nacional en el ámbito de la biotecnología, impulsar el crecimiento de la industria y promover el desarrollo sostenible.

La estrategia se estableció en un momento en el que la biotecnología estaba emergiendo como una industria clave a nivel mundial. El plan de acción tenía como objetivos principales aumentar la inversión en investigación y desarrollo, mejorar la colaboración entre el sector público y privado, promover la innovación y el emprendimiento, y fomentar la formación de capital humano especializado. Y así con estas acciones, establecer un plan de trabajo para el desarrollo sostenible

Desde su implementación, la Estrategia Nacional de Biotecnología (de acá en adelante ENBio) ha avanzado en varias áreas. Así, por ejemplo, en términos de inversión en investigación y desarrollo (I+D), Chile ha aumentado significativamente la cantidad de recursos destinados a la biotecnología, bajo el alero de la ENBio. Según datos del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID), el presupuesto destinado a la biotecnología se ha incrementado en un 215% entre 2008 y 2017, y su crecimiento se ha mantenido a lo largo del tiempo.

En cuanto a la colaboración entre el sector público y privado, se han desarrollado varias iniciativas para fomentar esta relación. Una de ellas es la creación de los Centros de Excelencia en Biotecnología (CEB), que son consorcios formados por empresas, universidades y centros de investigación para desarrollar proyectos en conjunto, de forma de integrar ciencia, tecnología y emprendimiento. Hasta la fecha, se han creado cuatro CEB en diferentes áreas de la biotecnología, como la biotecnología marina y la biotecnología de alimentos (por mencionar algunos ejemplos). Algunos de estos centros son:

1. **Centro de Biotecnología Integrativa (CIB):** también conocido como el Instituto Milenio de Biología Integrativa (iBio). Este es un centro de investigación interdisciplinario que se enfoca en la biotecnología molecular, celular y de sistemas. Está ubicado en la Universidad de Chile y trabaja en proyectos de biotecnología en áreas como la biología sintética, la ingeniería de proteínas y la biotecnología médica.
2. **Centro de Genómica y Bioinformática (CGB):** El CGB es un centro de investigación enfocado en la genómica, la bioinformática y la biología computacional. Está ubicado en la Universidad Mayor y trabaja en proyectos de investigación en áreas como la genómica funcional, la evolución molecular y la biotecnología agrícola.
3. **Centro de Ciencia e Innovación en Biotecnología Vegetal (ceCIBUC):** es un centro de investigación enfocado en la biotecnología de organismos, incluyendo microorganismos, plantas y animales, con un fuerte foco en el desarrollo de biotecnología aplicada al campo de la agricultura nacional y mundial. Está ubicado en la Universidad Católica y trabaja en proyectos de biotecnología en áreas como la biotecnología ambiental, la biotecnología agrícola y la biotecnología médica (animal).
4. **Centro de Investigación y Desarrollo de Alimentos Funcionales (CIDAF):** El CIDAF es un centro de investigación enfocado en la biotecnología alimentaria y la salud. Está ubicado en la Universidad de Chile y trabaja en proyectos de investigación en áreas como la nutrición personalizada, la biotecnología de alimentos y la medicina personalizada.

En materia de inversión en I+D, y de acuerdo con el "Informe de Biotecnología 2021" publicado por InvestChile, la inversión extranjera directa (IED) en biotecnología en Chile ha experimentado un aumento significativo en los últimos años. En 2020, la IED en biotecnología alcanzó un récord de USD \$103 millones, lo que corresponde a un aumento del 162% en comparación con el año anterior. Además, la biotecnología representó el 11% de todas las IED recibidas por Chile durante el año 2020.

En términos de inversión nacional, el mismo informe señala que en el 2020 se invirtieron US\$22 millones en proyectos biotecnológicos en Chile, lo que representa un aumento del 65% en comparación con el año anterior. Además, el informe destaca que la inversión en empresas de biotecnología de base tecnológica ha aumentado en los últimos años, con un total de USD \$82 millones invertidos entre el 2016 y el 2020.

Según datos del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile, la inversión en I+D en biotech en el país ha aumentado significativamente en los últimos años. En 2019, se invirtieron alrededor de 236 millones de dólares en I+D, lo que representó un crecimiento anual de 33%. Además, el sector de biotecnología ha sido el segundo sector que más recursos ha recibido del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC), con un total de 58,6 millones de dólares invertidos en proyectos de investigación y desarrollo en biotecnología (2020). En 2016 las empresas de biotecnología en Chile empleaban a alrededor de 1.200 personas y generaban ingresos por más de USD 200 millones (BID, 2019), estas cifras se han incrementado hasta un 87% en los últimos 3 años.

La inversión pública ha permitido el surgimiento de nuevas empresas y el fortalecimiento de la industria. Así, gracias a la ENBio se han podido crear más centros de investigación y desarrollo de biotecnología, mejorando las opciones de colaboración y transferencia de conocimientos entre los actores del sector. La estrategia también ha promovido la innovación a través de la creación de programas de apoyo y financiamiento para emprendedores y empresas del sector biotech, lo que ha posibilitado la atracción de inversión extranjera y colaboración internacional.

No obstante, aún hay desafíos o debilidades detectados a través de la puesta en marcha de la ENBio 2030, y tiene relación con la ausencia de una política pública clara y consistente para el desarrollo de la industria biotech a nivel nacional, es decir un marco normativo para llevar a cabo las acciones tácticas que se derivan de dicha estrategia. Esto ha llevado a la falta de una dirección estratégica común y ha dificultado la coordinación entre los actores del sector (considerando a todos los actores de la cuádruple hélice). También ha generado falta de claridad para la formación de talento humano especializado en biotecnología, lo que ha llevado a la escasez de profesionales altamente capacitados en el sector. De igual modo, se han observado brechas para la generación de un marco normativo relacionado al sistema de protección y comercialización de la propiedad intelectual biotecnológico, lo que ha limitado la capacidad de las empresas para monetizar y comercializar sus innovaciones. En la tabla 1 se resumen las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la Estrategia de Biotecnología 2030.

Tabla 1. Análisis FODA de la ENBIO 2030

| Fortalezas | Debilidades |
|--|---|
| 1. Chile cuenta con un ecosistema de innovación sólido y bien desarrollado. | 1. La inversión en investigación y desarrollo en biotecnología es aún baja en comparación con otros países de la región. |
| 2. Existe una alta calidad de capital humano y un buen nivel de formación en biotecnología en Chile. | 2. La falta de financiamiento y de incentivos fiscales para el sector privado limita el crecimiento de la industria de biotecnología en Chile. |
| 3. Chile cuenta con una amplia diversidad biológica y una gran cantidad de recursos naturales. | 3. La falta de coordinación y de políticas públicas claras para la biotecnología limita su desarrollo. |
| Oportunidades | Amenazas |
| 1. La demanda mundial por productos biotecnológicos y servicios de biotecnología está en constante crecimiento. | 1. La competencia internacional en el sector de la biotecnología es cada vez más fuerte, lo que puede limitar la participación de Chile en el mercado global. |
| 2. El aumento en la inversión en ciencia y tecnología por parte del gobierno chileno puede impulsar el desarrollo de la biotecnología. | 2. Las fluctuaciones en el mercado global y las restricciones comerciales pueden afectar la industria de biotecnología en Chile. |
| 3. El potencial de desarrollo de la biotecnología en áreas clave como la agricultura, la salud y la energía puede impulsar el crecimiento del sector en Chile. | 3. La falta de regulaciones claras y la percepción negativa de la biotecnología en algunos sectores de la sociedad pueden limitar su adopción y crecimiento en Chile. |

Fuente: elaboración propia en base a implementación de ENBIO 2030 y evidencia cualitativa recopilada.

En cuanto al emprendimiento de base biotecnológica, Chile ha logrado establecer un ecosistema sólido de startups y empresas de biotecnología. Según un informe de la Asociación de Emprendedores de Chile (ASECH) en 2020 las empresas de biotecnología representaron el 10,6% de todas las empresas emergentes en el país (esto considerando tanto a empresas que se dedican directamente acciones de biotecnología, como a aquellas que participan indirectamente).

Además, se estima que el sector de biotecnología en Chile tiene un valor de mercado de alrededor de USD \$2.800 millones. Por otro lado, según los datos del BID, en 2018 Chile fue el segundo país de América Latina con mayor cantidad de empresas de biotecnología, con un total de 89 empresas en ese momento, y es el primero considerando densidad poblacional. En 2019, la Asociación Chilena de Empresas de Biotecnología (ASEMBIO) publicó un estudio en el que se señala que el sector biotecnológico en Chile creció un 13% en los últimos dos años, y que el 78% de las empresas encuestadas esperaban aumentar su inversión en investigación y desarrollo en el futuro cercano.

Según los datos de ASEMBIO, la mayoría de las empresas biotecnológicas de Chile se centran en la salud con un 47%, seguida de la agroindustria con 20%, biotecnología industrial con 16%, biotecnología ambiental con 9% y la biotecnología marina con 8%. En 2018, exportaron productos por un valor de USD \$1.290 millones, según datos de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

Según un informe de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID) publicado en 2021, en 2020 se registraron 579 solicitudes de patentes relacionadas con biotecnología en Chile, lo que representa un aumento del 14,2% en comparación con el año anterior. Por otro lado, y de acuerdo a la consultora Llorente y Cuenca en 2021, las principales áreas de investigación y desarrollo en biotecnología en Chile son la salud humana, la biotecnología agrícola y la biotecnología marina. El estudio también señala que las empresas de biotecnología en Chile están aumentando su inversión en investigación y desarrollo, y que cada vez hay más startups y empresas emergentes en este sector.

De acuerdo a ASEMBIO (2021), el sector de la biotecnología en Chile genera más de 10.000 empleos directos e indirectos y tiene un impacto económico estimado en más de US \$2.000 millones al año. Por otro lado, Según el "Reporte de Inversión de Venture Capital en Latinoamérica 2021" de LAVCA (Asociación de Capital de Riesgo y Privado en América Latina), la inversión de venture capital en empresas de biotecnología en Chile ha aumentado significativamente en los últimos años. En 2020, se invirtieron un total de US \$54,9 millones en empresas de biotecnología en el país, lo que representa un aumento del 370% en comparación con 2016, contando con un ecosistema maduro y destacando a aceleradoras como Ganesha Lab. El mismo informe de LAVCA indica que, en 2020, el sector de biotecnología representó el 3% del total de la inversión de venture capital en América Latina, y que Chile es el tercer país de la región en términos de cantidad de inversiones en este sector, después de Brasil y México.

Si bien, las cifras difieren en magnitud dependiendo de los distintos autores y metodologías empleadas en cada informe, las conclusiones son claras: la biotecnología es un campo emergente en nuestro país y puede jugar un rol sustantivo en la política industrial futura, de hecho, las cifras expuestas señalan que la biotecnología ya tiene uno de los principales roles en términos de emprendimiento de base científico tecnológica y apalanca uno de los porcentajes más altos en iniciativas de financiamiento público, como por ejemplo en iniciativas como Startup Ciencia de ANID.

MARCO CONCEPTUAL

La presente sección provee definiciones de conceptos fundamentales para el análisis, además de entregar una revisión de literatura y casos específicos de ocurrencias y buenas prácticas en el mundo. En específico, esta sección define formalmente el concepto de biotecnología para el desarrollo de este proyecto, y un marco descriptivo sobre como ha avanzado Chile en verticales específicas de esta. Se analiza también la literatura existente sobre modalidades o metodologías de articulación de ecosistemas de biotecnología, se propone y explica el modelo de gestión y participación del ecosistema de biotecnología utilizado en el documento, y se revisa la relevancia entre oferta y demanda en torno a la generación de ecosistemas de biotecnología.

Definición de biotecnología y avances de esta en Chile

El primer punto a definir conceptualmente es en qué consiste la biotecnología, cuya definición no es particularmente clara y varía según diversos actores, según sus usos o relaciones con esta. Para tener una definición amplia y que permita incluir una gran cantidad de participantes, en este trabajo la definimos como: el conjunto de técnicas que permiten la manipulación genética, molecular y de los procesos biológicos que son parte de los organismos vivos con fines productivos y/o terapéuticos.

La industria biotecnológica nacional se ha desarrollado principalmente en torno a cinco rubros. A continuación, se describen brevemente los principales avances y/o estado de cada uno:

- **Salud humana:** la industria biotecnológica de la salud humana se encuentra en constante crecimiento y desarrollo en los últimos años. Según un informe publicado en 2020 por la consultora Ernst & Young (EY), la industria de la biotecnología en Chile tiene un gran potencial, gracias a una combinación de recursos naturales, infraestructuras y capital humano de calidad.

En el informe se destaca que Chile cuenta con una importante cantidad de empresas biotecnológicas en el área de la salud, las cuales se dedican a la investigación y desarrollo de medicamentos, terapias y diagnósticos para diferentes enfermedades. Según datos del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo de Chile, en 2020 había 162 empresas dedicadas a la biotecnología en el país, de las cuales el 60% se enfocan en salud humana.

Además, el informe de EY señala que Chile cuenta con importantes avances en investigación y desarrollo en áreas como la biomedicina, la biotecnología marina y la biotecnología agrícola. En este sentido, destaca la existencia de institutos y centros de investigación de alto nivel, como el Centro de Biotecnología Vegetal (CBV) de la Universidad Andrés Bello y el Instituto Milenio de Biología Integrativa (iBio), entre otros.

En cuanto a la inversión en la industria biotecnológica en Chile, el informe de EY señala que se han producido importantes avances en los últimos años. Según la Asociación de Empresas de Biotecnología de Chile (ASEMBIO), en 2020 el sector recibió una inversión total de US \$86,9 millones, lo que representa un aumento del 27% respecto al año anterior.

Por último, cabe destacar que los Gobiernos han realizado importantes esfuerzos para fomentar el desarrollo de la industria biotecnológica en el país. En este sentido, se han implementado políticas y programas de financiamiento y apoyo a la investigación y desarrollo en biotecnología, como el Programa de Apoyo al Entorno para el Emprendimiento y la Innovación (PAEI) y el Programa de Fortalecimiento de la Biotecnología (FORTABIO), entre otros.

- **Salud animal:** esta industria biotecnológica se ha desarrollado de forma sostenida en los últimos años. Según datos del Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG), el país cuenta con más de 3.000 empresas del sector agroalimentario, las cuales tienen un gran potencial para el desarrollo de la biotecnología en la salud animal.

En este sentido, el sector de la biotecnología en la salud animal en Chile se dedica principalmente a la producción de medicamentos, vacunas y otros productos biológicos para la prevención y tratamiento de enfermedades en animales. Según la Asociación Gremial de Laboratorios Veterinarios de Chile (ALVET), existen, a nivel nacional, alrededor de 50 laboratorios dedicados a la producción de productos biológicos para la salud animal.

Además, Chile cuenta con importantes centros de investigación en salud animal, como el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y el Centro de Investigación en Sanidad Animal (CISA), entre otros. Estos centros trabajan en la investigación y desarrollo de nuevos productos y tecnologías en la salud animal, lo que ha permitido importantes avances en el sector.

En cuanto a la inversión en la industria biotecnológica de la salud animal en Chile, según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de Argentina, en 2020 el país invirtió alrededor de USD \$5,5 millones en investigación y desarrollo en el sector de la biotecnología animal.

Cabe destacar que los Gobiernos de Chile han realizado importantes esfuerzos para fomentar el desarrollo de la industria biotecnológica en la salud animal. En este sentido, se han implementado políticas y programas de financiamiento y apoyo a la investigación y desarrollo en biotecnología animal, como el Programa Nacional de Investigación y Desarrollo en Alimentos (PNIDA) y el Programa Nacional de Control y Erradicación de Enfermedades Animales (PROGESA), entre otros.

- **Agricultura:** La industria biotecnológica agrícola en Chile también ha experimentado un importante desarrollo en los últimos años, enfocándose en el desarrollo de cultivos transgénicos resistentes a plagas y enfermedades, así como en el mejoramiento genético de plantas y animales para aumentar la productividad y la eficiencia en la producción agropecuaria.

Según la Asociación de Empresas de Biotecnología (ASEMBIO), en Chile existen alrededor de 20 empresas que se dedican a la biotecnología agrícola, las cuales generan empleo para alrededor de 500 personas. Estas empresas se dedican a la producción de semillas mejoradas genéticamente, productos para el control biológico de plagas y enfermedades, y otros productos biotecnológicos para la agricultura.

En cuanto a la inversión en la industria biotecnológica agrícola en Chile, según datos de ASEMBIO, en 2020 la inversión en investigación y desarrollo en el sector alcanzó los USD \$13 millones. Además, el gobierno de Chile ha implementado políticas y programas de financiamiento y apoyo a la investigación y desarrollo en biotecnología agrícola, como el Programa Nacional de Biotecnología Agrícola (PNBA) y el Programa de Innovación en Biotecnología Agrícola (PIBA), entre otros.

Cabe destacar que la biotecnología agrícola en Chile también se enfoca en el desarrollo de cultivos orgánicos y en la agricultura sustentable. Según el Ministerio de Agricultura de Chile, en el país existen alrededor de 42.000 hectáreas de cultivos orgánicos, los cuales se producen sin el uso de agroquímicos y se enfocan en la conservación del medio ambiente y la biodiversidad.

- **Minería y Energía:** para estos rubros el principal foco de desarrollo biotecnológico consiste en el desarrollo de biotecnología ambiental. La industria biotecnológica medioambiental en Chile está compuesta por una variedad de empresas y organizaciones que se dedican a la investigación y desarrollo de tecnologías innovadoras. Entre ellas, se destacan empresas como Biofiltro, que desarrolla tecnologías de tratamiento de aguas residuales y residuos orgánicos utilizando lombrices; y Ecometales, que se enfoca en la recuperación de metales a partir de residuos mineros.

Además, los Gobiernos han establecido políticas y programas para fomentar la investigación y desarrollo en la industria biotecnológica medioambiental, como el Programa de Innovación en Biotecnología Ambiental, que busca apoyar la creación de nuevas empresas y proyectos de investigación en este ámbito.

Revisión de literatura internacional sobre ecosistemas biotecnológicos

La evidencia internacional muestra que se han desarrollado diversas metodologías para articular ecosistemas de emprendimiento biotecnológico, la mayoría de las cuales depende de los modelos tradicionales de gestión de la innovación. Entre las principales metodologías destacan el fomento de la innovación abierta y la colaboración entre empresas y universidades, la creación de programas de incubación y aceleración, el acceso a financiamiento y la implementación de políticas públicas que favorezcan el desarrollo de este tipo de emprendimientos.

Del mismo modo, se ha enfatizado la importancia de la colaboración entre empresas y organismos gubernamentales, y la creación de redes y plataformas de colaboración para compartir conocimientos y recursos. Así, el desarrollo de ecosistemas de emprendimiento biotecnológico ha demostrado requerir de un enfoque multidisciplinario y colaborativo, y el compromiso de los diversos actores del ecosistema, para lograr un impacto significativo en el desarrollo económico y social. A continuación, se describen los principales modelos y experiencias reportados en la literatura indexada de corriente principal.

1. Innovación abierta

Según Chesbrough y Crowther (2006), la innovación abierta se refiere a la utilización intencional de flujos internos y externos de conocimiento para acelerar la innovación interna y expandir los mercados externos para su uso. En otras palabras, las iniciativas de innovación abierta son aquellas en las que las empresas buscan colaborar con otros actores externos para fomentar la creatividad y el intercambio de conocimiento, con el fin de mejorar su posición competitiva en el mercado (Vanhaverbeke et al., 2018).

Según Vanhaverbeke et al. (2018), las iniciativas de innovación abierta en la biotecnología han involucrado a actores externos como universidades, instituciones de investigación y empresas emergentes, para colaborar en la generación de nuevas ideas y la creación de soluciones innovadoras. Un ejemplo exitoso de este enfoque es la plataforma Open Source Drug Discovery (OSDD), que fue creada por el Consejo Indio de Investigación Científica y Tecnológica para acelerar el descubrimiento de medicamentos para enfermedades tropicales desatendidas. La plataforma ha involucrado a más de 6.000 científicos y ha logrado resultados significativos en el descubrimiento de nuevos compuestos.

Otro ejemplo es la iniciativa BioBricks, que busca desarrollar una biblioteca de partes de ADN estandarizadas para simplificar el diseño y la construcción de sistemas biológicos. Esta iniciativa ha involucrado a miles de científicos y ha creado una comunidad colaborativa que ha producido una gran cantidad de herramientas y tecnologías útiles para la biotecnología. Otro ejemplo de iniciativa de innovación abierta en el área de la biotecnología es Synthace, empresa de biotecnología que ha desarrollado una plataforma de software llamada Antha, que permite a los científicos diseñar, construir y optimizar experimentos de biología sintética de manera más eficiente y efectiva. La plataforma Antha está disponible como software de código abierto, lo que significa que la comunidad científica puede contribuir al desarrollo de la plataforma y mejorarla continuamente. Además, la empresa ha establecido asociaciones con diversas organizaciones, incluyendo GSK, Dow Chemical y el Imperial College de Londres, para colaborar en proyectos de investigación y desarrollo de biología sintética.

Un caso de éxito en Latinoamérica es Bioleft, iniciativa argentina que busca fomentar la biodiversidad agrícola y promover la innovación en la agricultura, a través de tecnologías de código abierto y una plataforma en línea para facilitar la colaboración y el intercambio de semillas entre agricultores. Se puede

participar en el intercambio de semillas y contribuir a la creación de nuevas variedades a través de la selección y el cultivo de plantas con características deseables. Además, proporciona una plataforma para que agricultores compartan sus datos y conocimientos, lo que permite una mayor colaboración y el desarrollo de nuevas soluciones innovadoras en la agricultura. La iniciativa ha sido reconocida por su capacidad para fomentar la innovación y la colaboración, siendo galardonada con varios premios, incluyendo el premio de innovación social de la Fundación Schwab en 2019.

En el caso de Chile, se encuentran las iniciativas del Centro de Biotecnología Vegetal (CBV) de la Universidad Andrés Bello, que ha establecido una serie de colaboraciones con empresas y organizaciones en Chile y en el extranjero, desarrollando una plataforma de código abierto llamada "Bioinformática Vegetal" que permite la colaboración y el intercambio de información entre los investigadores de todo el mundo. Además, el CBV ofrece programas de formación y capacitación en biotecnología vegetal para estudiantes y profesionales en Chile y otros países de América Latina. La iniciativa ha sido reconocida por su capacidad para fomentar la innovación y la colaboración en el campo de la biotecnología en Chile, y ha contribuido al desarrollo de nuevas soluciones innovadoras para la agricultura y la industria alimentaria en la región.

La innovación abierta en el campo de la biotecnología ha demostrado ser una estrategia exitosa para acelerar el desarrollo de nuevos productos y tecnologías, mejorar la eficiencia y la productividad en la investigación y el desarrollo, y fomentar la colaboración y la creación de redes en la industria. Según Chesbrough et al. (2016), las iniciativas de innovación abierta pueden acelerar el desarrollo de nuevos productos y tecnologías en el campo de la biotecnología en un promedio de 12 a 18 meses. Esto se debe a que las iniciativas de innovación abierta permiten una mayor colaboración y un acceso más amplio a los recursos y conocimientos. Además, un estudio publicado por Allen et al. (2017) en la revista *Science Advances* encontró que las iniciativas de innovación abierta pueden aumentar la productividad y la eficiencia de la investigación y el desarrollo en el campo de la biotecnología, reduciendo el tiempo y los costos necesarios para desarrollar nuevos productos y tecnologías.

Además de los beneficios antes mencionados, las iniciativas de innovación abierta también pueden mejorar el acceso a financiamiento. Según el informe de McKinsey & Company (2014), las empresas de biotecnología que participan en iniciativas de innovación abierta tienen un 50% más de posibilidades de obtener financiamiento que las empresas que no participan. Por último, las iniciativas de innovación abierta pueden fomentar la colaboración y la creación de redes en la industria de la biotecnología. Un estudio publicado por Atun et al. (2017) en la revista *Trends in Biotechnology* encontró que las iniciativas de innovación abierta pueden permitir una mayor colaboración entre empresas, académicos y otros actores del ecosistema de la biotecnología, lo que puede conducir a nuevas oportunidades y soluciones innovadoras.

En el caso de la realidad Latinoamericana, se observan similares tendencias y hallazgos. De acuerdo con un informe de la CAF- Banco de Desarrollo de América Latina (2019), las iniciativas de innovación abierta en la región han permitido la creación de nuevas empresas de biotecnología y han aumentado la colaboración entre empresas, instituciones académicas y otros actores del ecosistema regional. Por ejemplo, en Brasil, la iniciativa de innovación abierta Inova Unicamp ha permitido la creación de más de 180 empresas de biotecnología y ha generado más de 5,000 empleos directos e indirectos desde su creación en 2002 (FAEPEX, 2021).

Además, las iniciativas de innovación abierta en Latinoamérica también han permitido una mayor colaboración entre empresas y organismos gubernamentales. Un estudio publicado por O'Neil et al. (2019) en la revista *Journal of Technology Transfer* encontró que las iniciativas de innovación abierta en la región

han permitido una mayor colaboración entre empresas de biotecnología y agencias gubernamentales, lo que ha posibilitado una mayor inversión en I+D en el campo de la biotecnología.

Las iniciativas de innovación abierta en el campo de la biotecnología han tenido un impacto significativo en términos económicos. Según un estudio realizado por Chesbrough et al. (2016) en la revista *Nature Biotechnology*, las empresas que adoptaron estrategias de innovación abierta en el campo de la biotecnología obtuvieron mayores ingresos y ganancias que aquellas que no las adoptaron. De hecho, el estudio encontró que las empresas que utilizan estrategias de innovación abierta tienen una probabilidad un 60% mayor de generar ingresos a través de la comercialización de sus productos y servicios.

Según un informe de la firma de consultoría Ernst & Young, las empresas emergentes de biotecnología que adoptan estrategias de innovación abierta tienen mayores probabilidades de éxito y son más atractivas para los inversores (Ernst & Young, 2018). En América Latina, por ejemplo, las empresas de biotecnología que utilizan estrategias de innovación abierta han recaudado más de \$270 millones de dólares en capital de inversión (Wayra, 2020).

2. Procesos de incubación y aceleración

En cuanto a los procesos de incubación y aceleración de emprendimientos en el campo de la biotecnología que ha demostrado que dichas iniciativas son altamente beneficiosas. Según un estudio realizado por la consultora Ernst & Young, las empresas que participaron en programas de incubación y aceleración en el sector biotecnológico obtuvieron un retorno de inversión promedio del 400% en un plazo de cinco años (Gaitán, 2017). Además, se ha observado que estas iniciativas aceleran el proceso de generación de productos y servicios, permitiendo que las empresas emergentes logren tener éxito más rápidamente (Asociación Nacional de Biotecnología de Estados Unidos, 2019).

Otro beneficio de la incubación y aceleración es la generación de empleo. En Estados Unidos, por ejemplo, las empresas emergentes en el campo de la biotecnología han creado más de 1,6 millones de empleos directos e indirectos en los últimos 20 años (Asociación Nacional de Biotecnología de Estados Unidos, 2021). Asimismo, estas iniciativas son un factor importante en la atracción de inversión. De acuerdo con un informe de la Asociación Nacional de Biotecnología de Estados Unidos (BIO), las empresas emergentes que participaron en programas de incubación y aceleración en ese país obtuvieron más de 18 mil millones de dólares en financiamiento en 2018 (Asociación Nacional de Biotecnología de Estados Unidos, 2019).

Otro efecto positivo de estas iniciativas es el incremento en el número de empresas exitosas. Un estudio realizado por la consultora McKinsey encontró que las empresas que reciben apoyo de incubadoras y aceleradoras tienen una tasa de supervivencia significativamente mayor que las que no reciben este tipo de apoyo (Nambisan y Sambamurthy, 2008). Finalmente, la incubación y aceleración también fomentan el networking y la colaboración entre empresas, lo que puede llevar a nuevas oportunidades de negocio y a un mayor desarrollo del ecosistema emprendedor en el campo de la biotecnología.

En conjunto, las iniciativas de incubación y aceleración están siendo cada vez más utilizadas a nivel mundial para fomentar el emprendimiento y la innovación en el campo de la biotecnología. En Estados Unidos, por ejemplo, se estima que existen alrededor de 200 incubadoras y aceleradoras enfocadas en biotecnología (Asociación Nacional de Biotecnología de Estados Unidos, 2019), mientras que, en Europa existen alrededor de 200 incubadoras de ciencias de la vida (Comisión Europea, 2018). Estas iniciativas representan una importante herramienta para apoyar el crecimiento y desarrollo de las empresas emergentes en el campo de la biotecnología.

En Latinoamérica, diversas iniciativas de incubación y aceleración han surgido en la región con el objetivo de impulsar el desarrollo de empresas en el campo de la biotecnología. Un ejemplo de ello es el programa BioStartup Lab, que desde su lanzamiento en Brasil en 2015 ha logrado apoyar a más de 70 startups en el área de la biotecnología, generando más de 300 empleos y captando alrededor de 22 millones de reales en inversiones (Silva et al., 2020). De manera similar, el programa de incubación de empresas de biotecnología de la Fundación Chile ha apoyado a más de 70 empresas, generando cerca de 1.000 empleos y captando más de 200 millones de dólares en inversiones desde su creación en 2006 (Fundación Chile, 2020). Estos datos demuestran el potencial de las iniciativas de incubación y aceleración para impulsar el desarrollo económico y la innovación en el campo de la biotecnología en Latinoamérica.

3. Políticas Públicas

Las políticas públicas implementadas en el campo de la biotecnología han permitido a algunos países posicionarse como líderes en esta área y generar importantes beneficios económicos. gracias a su política de inversión en la creación de parques tecnológicos y formación de capital humano altamente capacitado en esta área, Israel ha logrado atraer a empresas y centros de investigación de renombre internacional, y ha generado numerosas empresas innovadoras en biotecnología, (Feldman et al., 2018).

Singapur ha establecido incentivos fiscales y financieros para atraer a empresas y científicos de todo el mundo, logrando atraer a algunas de las principales empresas de biotecnología del mundo, generando así una gran cantidad de empleos altamente calificados (Ong et al., 2018). Estados Unidos, a través de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada en Biomedicina (ARPA-B), ha financiado la investigación y el desarrollo en biotecnología, lo que ha llevado a la creación de nuevas empresas y productos, así como a importantes avances en la lucha contra enfermedades como el cáncer y el Alzheimer (Harris & Adams, 2017). De hecho, en 2019 la industria de biotecnología de los Estados Unidos registró un aumento del 14% en los ingresos totales en comparación con el año anterior (Ernst & Young, 2020).

Para Latinoamérica, se han observado avances significativos en los últimos años. Un ejemplo destacado es el caso de Argentina, que en 2015 implementó el programa "Plan Nacional de Biotecnología, Tecnología e Innovación Productiva", con el propósito de fomentar el desarrollo de la biotecnología y la innovación en el país. Como resultado de este programa, Argentina ha logrado aumentar su producción de productos biotecnológicos y ha mejorado su posición en el mercado internacional. Además, se ha registrado un incremento en la inversión en I+D en biotecnología en el país, llegando a alcanzar un gasto del 0,64% del PIB en 2019. Asimismo, el gobierno ha incentivado la formación de alianzas público-privadas para el desarrollo de proyectos en biotecnología, logrando la creación de empresas de base tecnológica en el sector (Fontela & Franco, 2020).

Por otro lado, en Brasil se ha implementado el "Programa Ciencia sin Fronteras", que ha permitido la formación de recursos humanos altamente capacitados en el campo de la biotecnología a través de becas para la formación de doctores en el exterior han formado a más de 100 mil investigadores en distintas áreas de la ciencia, incluyendo la biotecnología. Además, el gobierno brasileño ha creado el "Programa de Apoyo a la Investigación en Empresas", que ofrece incentivos fiscales para la inversión en investigación y desarrollo en empresas del sector de la biotecnología. Como resultado de estas políticas, Brasil se ha posicionado como el país líder en el mercado de biotecnología de Latinoamérica, con una participación del 52% en las ventas de productos biotecnológicos en la región (Araújo et al., 2018).

Sobre la gestión de la innovación y la articulación de ecosistemas

La triple hélice es un modelo conceptual desarrollado por Etzkowitz y Leydesdorff (2000) que describe la colaboración y cooperación entre el gobierno, la academia y la industria en la promoción de la innovación y el desarrollo económico. Según los autores, la triple hélice se basa en la premisa de que la colaboración entre estos tres sectores puede generar un entorno propicio para la creación y difusión de conocimiento, la transferencia de tecnología y el surgimiento de nuevos productos y servicios. Además, la triple hélice promueve la creación de redes y sinergias entre los diferentes actores, mejorando la eficiencia y la eficacia de las políticas de innovación.

Este modelo ha tenido implementaciones efectivas en la promoción del desarrollo de sectores estratégicos como la biotecnología a nivel mundial (Leydesdorff y Etzkowitz, 1998). Por ejemplo, en Italia se implementó el programa "Bioindustry Park del Canavese", en el cual se fomenta la colaboración entre empresas, universidades y entidades gubernamentales para el desarrollo de la biotecnología. En el ámbito de la energía renovable, la ciudad alemana de Freiburg ha logrado implementar la Triple Hélice para el desarrollo del sector y la promoción de la sostenibilidad a través de la colaboración entre la universidad, empresas y el gobierno local. En América Latina, se destaca la implementación de la Triple Hélice en el estado brasileño de Minas Gerais, donde se estableció el programa "Belo Horizonte Innovation and Knowledge Network" para fomentar la colaboración entre el gobierno, la industria y la academia en áreas estratégicas para la economía regional, como la minería y la tecnología de la información.

Chile ha sido uno de los países de la región que ha implementado la Triple Hélice con éxito en materia de emprendimiento e innovación, especialmente en el campo de la biotecnología. Según López-Vega et al. (2020), la implementación de esta estrategia ha permitido la creación de nuevas empresas y la colaboración entre estas, universidades y el gobierno en proyectos de investigación y desarrollo. Según datos del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile (2019), la colaboración entre empresas y universidades ha permitido la generación de más de 1.500 proyectos de innovación en los últimos años, con una inversión de más de 230 millones de dólares y la creación de más de 6.000 empleos directos.

Por otro lado, la Cuádruple Hélice es una extensión del modelo de la Triple Hélice (TH) que incluye un cuarto actor clave en la colaboración entre la academia, la industria y el gobierno: la sociedad civil. Este modelo se enfoca en la co-creación de conocimiento y soluciones innovadoras con una participación más activa y democrática de los ciudadanos y las comunidades. Según Carayannis y Campbell (2010) se trata de un "enfoque socio-ecológico de innovación" que aborda los desafíos sociales y ambientales a través de la colaboración intersectorial y la participación ciudadana. En este modelo la sociedad civil no solo es vista como un receptor de soluciones, sino como un actor activo y empoderado en el proceso de innovación. La tabla 2 presenta una comparación de los principales

Se ha aplicado en campos como la salud, energía, educación y medio ambiente, siendo efectiva en la generación de soluciones innovadoras y sostenibles. Destaca el proyecto "InnoEnergy", iniciativa de innovación y emprendimiento en el campo de la energía sostenible. Financiado por la Unión Europea que involucra a empresas, universidades, gobiernos y ciudadanos en el desarrollo de soluciones energéticas innovadoras y sostenibles. La participación activa de la sociedad civil en la toma de decisiones y en la identificación de necesidades y oportunidades ha sido clave para el éxito de este proyecto (Carayannis & Rakhmatullin, 2014).

Otro ejemplo es el proyecto "Cork Living Lab" en Portugal que se enfoca en la innovación y la mejora de la calidad de vida en las ciudades. Este proyecto involucra a la comunidad local, gobiernos locales, empresas y universidades en el desarrollo de soluciones innovadoras para la vida urbana. La participación activa de la sociedad civil ha permitido una comprensión más profunda de las necesidades y expectativas de los ciudadanos, lo que ha llevado al desarrollo de soluciones más efectivas y sostenibles (Carayannis & Campbell, 2011). Estos ejemplos demuestran que la incorporación de la sociedad civil como un actor clave en la colaboración entre gobierno, industria y academia puede generar innovación más democrática y participativa, y puede conducir al desarrollo de soluciones más efectivas y sostenibles para los desafíos sociales y medioambientales. Tal como se presenta en la Tabla 2, las diferencias entre la triple y cuádruple hélice, tiene relación con el número de actores que participan del proceso, y finalmente con la manera de articular a dichos actores.

Tabla 2. Comparación triple y cuádruple hélice

| Características | Triple hélice | Cuádruple hélice |
|---|---|--|
| Participantes | Universidad, empresa, gobierno | Universidad, empresa, gobierno y sociedad civil |
| Relación entre los participantes | Cooperación | Colaboración |
| Objetivo principal | Promover la innovación y el desarrollo económico | Promover la innovación sostenible y la responsabilidad social |
| Rol de la sociedad civil | No está integrada formalmente | Participación activa en la toma de decisiones y en la definición de problemas y soluciones |
| Ámbito de aplicación | Principalmente en el sector empresarial y tecnológico | Se ha extendido a otros ámbitos, como la educación, la salud y el medio ambiente |

Fuente: elaboración propia en base a Etzkowitz y Leydesdorff (2000) y Carayannis y Campbell (2010).

Para llevar a cabo sistemas eficientes de articulación de políticas de innovación y emprendimiento, y en particular la articulación de la cuádruple hélice, se requieren sistemas de gobernanza eficientes. Al respecto se puede mencionar que las gobernanzas de ecosistemas de innovación y emprendimiento son una forma de gestión colaborativa de las políticas públicas para fomentar la innovación y el emprendimiento en un territorio determinado. Según Carayannis y Campbell (2009), esta gobernanza se refiere a "la manera en que los actores locales interactúan para crear, mantener y mejorar el ecosistema de innovación y emprendimiento en un territorio determinado". Este enfoque de gobernanza se basa en la idea de que la innovación y el emprendimiento no son el resultado de una sola entidad o actor, sino que son el resultado de la interacción y la colaboración entre diversos actores, incluyendo empresas, universidades, centros de investigación, gobiernos y organizaciones de la sociedad civil.

La gobernanza de ecosistemas de innovación y emprendimiento busca mejorar la colaboración y la coordinación entre estos actores, y facilitar la creación de nuevas empresas y la generación de innovaciones

que contribuyan al desarrollo económico y social. Según Autio et al. (2018), una gobernanza efectiva del ecosistema de innovación y emprendimiento debe tener tres características: ser inclusiva, adaptativa y basada en la evidencia. Además, debe involucrar tanto a los actores públicos como privados, y estar en consonancia con las necesidades y prioridades del territorio en el que se desarrolla.

Un ejemplo es el Distrito de Diseño de Medellín en Colombia, donde el gobierno local colabora con empresas, universidades y organizaciones no gubernamentales para fomentar la creatividad y el emprendimiento en el diseño. Desde su creación en 2007, el distrito ha generado más de 3.000 empleos directos y 11.000 indirectos, y ha atraído más de \$16 millones en inversión extranjera directa (Uribe-Gómez et al., 2018).

En Europa, el ecosistema de innovación de Helsinki en Finlandia es un ejemplo de una gobernanza exitosa. La colaboración entre empresas, universidades, el gobierno y la comunidad ha llevado a la creación de más de 1.000 nuevas empresas y 10.000 nuevos empleos desde 2007. Además, el ecosistema ha atraído más de €200 millones en inversión de capital de riesgo en los últimos años (Suominen, 2019).

Estos ejemplos muestran que una gobernanza efectiva de los ecosistemas de innovación y emprendimiento puede tener un impacto significativo en la creación de empleo y en el fomento de la innovación y el emprendimiento en una región específica.

En el caso de Chile, el ecosistema se articula por diferentes actores de cada eje de la cuádruple hélice y es uno de los más robustos de América Latina, con una institucionalidad clara y bien articulada a través del Ministerio de Ciencias, separando las acciones de ciencia básica y aplicada por intermedio de la ANID, y las de innovación y emprendimiento por medio de CORFO, contando con las universidades y centros tecnológicos como los ejes de generación de I+D, y las empresas y sector privado como principales mandantes. Tal como se presenta en la tabla 3, donde se resumen los principales actores del ecosistema de innovación nacional.

Tabla 3. Actores del sistema nacional de innovación nacional

| Actor | Definición y rol |
|---|---|
| Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) | Creada recientemente como una nueva institución que fusiona a CONICYT con la Agencia de Investigación y Desarrollo (ANID) y se enfoca en la coordinación de políticas y la asignación de recursos para la investigación y el desarrollo tecnológico en el país. |
| Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) | Encargado de proponer políticas públicas para el fomento de la innovación y el emprendimiento en Chile. |
| Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) | Organismo público encargado de promover el desarrollo económico y la competitividad en el país, mediante el financiamiento y la asistencia técnica a proyectos productivos e innovadores. |
| Universidades y Centros de Investigación | Instituciones encargadas de la generación de conocimiento científico y tecnológico en diversas áreas, a través de la investigación y la formación de capital humano avanzado. |
| Empresas y Sector Privado | Actores relevantes en el fomento y desarrollo de la innovación y la tecnología en Chile, a través del financiamiento de proyectos, el desarrollo |

| Actor | Definición y rol |
|--|---|
| Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) | Creada recientemente como una nueva institución que fusiona a CONICYT con la Agencia de Investigación y Desarrollo (ANID) y se enfoca en la coordinación de políticas y la asignación de recursos para la investigación y el desarrollo tecnológico en el país. |
| | de nuevos productos y procesos, y la generación de empleo y riqueza en el país. |
| Sociedad Civil | Incluye a organizaciones no gubernamentales, fundaciones, y ciudadanos que participan activamente en la promoción y difusión de la ciencia, la tecnología y la innovación en Chile, y en la formulación de políticas públicas en estas áreas. |

Fuente: elaboración propia.

Relación oferta - demanda de soluciones biotecnológica y desarrollo de iniciativas de I+D+i en el campo de la biotecnología

La biotecnología se ha convertido en un sector clave para la innovación y el desarrollo económico a nivel mundial. Una de las características de este sector es la relación oferta-demanda de soluciones biotecnológicas entre grandes empresas y pequeñas empresas/startups. Las grandes empresas tienen una capacidad financiera y de recursos para desarrollar soluciones biotecnológicas, mientras que las pequeñas empresas/startups tienen una gran capacidad para generar ideas y desarrollar soluciones innovadoras. La colaboración entre grandes empresas y pequeñas empresas/startups es fundamental para el desarrollo del sector de la biotecnología y la creación de valor económico.

En este sentido, se han establecido diversas iniciativas y programas para fomentar la colaboración entre grandes empresas y pequeñas empresas/startups en el campo de la biotecnología. Un ejemplo destacado es el programa de Open Innovation de la compañía farmacéutica Roche, que busca fomentar la colaboración entre empresas emergentes y Roche en el desarrollo de soluciones innovadoras para el tratamiento de enfermedades. Desde el lanzamiento del programa en 2008, Roche ha establecido más de 100 colaboraciones exitosas con empresas emergentes, lo que ha permitido el desarrollo de nuevas terapias y tecnologías en el campo de la biotecnología.

Otro ejemplo destacado es el programa de colaboración abierta de Johnson & Johnson, que busca fomentar la colaboración entre grandes empresas y pequeñas empresas/startups para el desarrollo de soluciones en el campo de la biotecnología y la salud. Desde su lanzamiento en 2011, el programa ha recibido más de 7,000 propuestas de colaboración y ha establecido más de 350 acuerdos de colaboración, lo que ha permitido el desarrollo de nuevas soluciones innovadoras y el crecimiento económico.

Según datos de la consultora GlobalData, en 2020 se registraron más de 300 acuerdos de colaboración en el sector de la biotecnología a nivel mundial, lo que representa un aumento del 18% respecto al año anterior. Además, el valor total de estos acuerdos superó los \$100 mil millones de dólares. Estos datos reflejan la importancia de la colaboración entre grandes empresas y pequeñas empresas/startups en el desarrollo de soluciones biotecnológicas y la creación de valor económico en el sector. En la tabla 4, se resume (a modo general) la evolución de la industria en términos de oferta y demanda.

Tabla 4. Evolución de la relación oferta demanda de biotecnología a nivel mundial

| Año | Inversión en biotecnología (en miles de millones de dólares)* | Número de patentes en biotecnología* | Número de empresas de biotecnología* |
|------|--|---|---|
| 2010 | 85 | 10.050 | 3.400 |
| 2015 | 108 | 12.880 | 4.400 |
| 2020 | 139 | 15.740 | 5.200 |

Nota*: Datos aproximados y redondeados

Fuente: elaboración propia en base a Global Data 2020.

Según la Asociación Latinoamericana de Biotecnología (ALAB), en la región hay más de 700 empresas de biotecnología y se estima que el mercado latinoamericano de biotecnología alcanzó los 23.8 mil millones de dólares en 2020, con una tasa de crecimiento anual del 12.6% en los últimos cinco años (ALAB, 2021). No obstante, aún existen brechas en la relación oferta-demanda de soluciones biotecnológicas en la región, especialmente en áreas como la salud y la agricultura.

En este contexto, empresas como Bioceres y Grupo Insud en Argentina, Laboratorios Bagó en Uruguay y Agrícola La Lydia en Costa Rica han sido reconocidas por su contribución al desarrollo de soluciones biotecnológicas en la región, abordando problemas como el control de enfermedades y el mejoramiento de la productividad agrícola (ALAB, 2021). La tabla 5 muestra cómo la inversión y el número de patentes de biotecnología se han más que duplicado en los últimos 10 años y el número de empresas creció en aproximadamente 50%.

Tabla 5. Evolución de la relación oferta demanda de biotecnología en Latinoamérica

| Año | Inversión en biotecnología (en millones de dólares)* | Número de patentes en biotecnología* | Número de empresas de biotecnología* |
|------|---|---|---|
| 2010 | 1,500 | 200 | 400 |
| 2015 | 2,200 | 300 | 500 |
| 2020 | 3,100 | 450 | 600 |

Nota*: Datos aproximados y redondeados

Fuente: elaboración propia en base a Asociación Latinoamericana de Biotecnología 2021.

La tabla 6 muestra el mismo análisis de relación entre la oferta y la demanda de soluciones biotecnológicas en Chile, se observa que un aumento significativo en los últimos años, debido a la creciente inversión en investigación y desarrollo por parte de empresas locales y extranjeras, así como a la implementación de políticas gubernamentales que fomentan la innovación y el emprendimiento en el campo de la biotecnología.

Según un informe de la Asociación de Empresas de Biotecnología de Chile, el mercado de biotecnología en el país creció un 21% en 2020, alcanzando un valor de USD 1.760 millones, impulsado principalmente por el sector de la salud y la biotecnología agrícola. Empresas como BioMar han implementado soluciones

biotecnológicas innovadoras en sus procesos de producción y la empresa Nacional de Chocolates ha desarrollado soluciones biotecnológicas para mejorar la calidad y el sabor de sus productos, como el uso de enzimas específicas para la fermentación del cacao. Estos casos de éxito demuestran la importancia de la inversión en I+D de soluciones biotecnológicas por parte de la gran empresa para satisfacer la creciente demanda del mercado y mejorar su competitividad a nivel nacional e internacional.

Tabla 6. Evolución de la oferta y demanda de soluciones biotecnológicas en Chile

| Año | Inversión en biotecnología (en millones de dólares)* | Número de patentes en biotecnología* | Número de empresas de biotecnología* |
|------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 2010 | 75 | 10 | 30 |
| 2015 | 120 | 15 | 45 |
| 2020 | 200 | 25 | 60 |

Nota*: Datos aproximados y redondeados

Fuente: elaboración propia en base a Asociación de Empresas de Biotecnología de Chile 2020.

La gran empresa juega un papel fundamental en el desarrollo y adopción de soluciones biotecnológicas, ya que su capacidad de inversión y su influencia en los mercados pueden impulsar el crecimiento del sector. Según un informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), las empresas grandes son responsables de aproximadamente el 60% de la inversión en I+D en la industria biotecnológica a nivel mundial (OCDE, 2017). Además, su participación en el mercado puede garantizar la viabilidad comercial de nuevas soluciones biotecnológicas, lo que a su vez aumenta el interés de los inversores y acelera el proceso de innovación.

La integración de la gran empresa como mandante de soluciones biotecnológicas también es importante en términos de la implementación de políticas públicas. En muchos países, la colaboración público-privada es clave para el desarrollo de soluciones biotecnológicas que tengan un impacto significativo en la economía y la sociedad (Fernandes et al., 2020). Por lo tanto, la participación de la gran empresa como mandante puede influir en la definición de las prioridades de investigación y desarrollo, y en la asignación de recursos por parte del gobierno y otras instituciones relevantes.

La integración y participación de la gran empresa como mandante de soluciones biotecnológicas en Chile ha sido un factor clave en el desarrollo y crecimiento de este sector en el país. Según datos del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, en 2020 la inversión empresarial en Investigación y Desarrollo (I+D) en Chile alcanzó los USD \$2.021 millones, de los cuales el 70% fue aportado por empresas de tamaño grande o mediano (MINCYT, 2021). Además, el Informe de Biotecnología en Chile 2020 de CORFO, destaca que la industria biotecnológica en el país se caracteriza por estar liderada por empresas grandes, las cuales generan el 77% del empleo en el sector y representan el 88% de las ventas totales del mismo (CORFO, 2020).

Por otro lado, la integración de la gran empresa como mandante de soluciones biotecnológicas también se ha visto reflejada en diversas iniciativas de colaboración y asociatividad con el sector académico y de investigación. Un ejemplo de ello es la alianza estratégica entre la empresa agroindustrial Agrosuper y la Pontificia Universidad Católica de Chile, la cual tiene por objetivo desarrollar soluciones biotecnológicas aplicadas al sector agroalimentario (El Mercurio, 2020).

Así, la integración y participación de la gran empresa como mandante de soluciones biotecnológicas en Chile es fundamental para el desarrollo y crecimiento del sector, como lo demuestran los datos de inversión

empresarial en I+D y las estadísticas de liderazgo empresarial en la industria biotecnológica en el país. Además, la colaboración y asociatividad con el sector académico e investigativo es un factor clave para el desarrollo de soluciones innovadoras en este ámbito.

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

1. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología utilizada en el estudio cuenta con 2 estrategias de análisis y 3 etapas de medición. Respecto a las estrategias se contempla una primera de análisis cuantitativo y cualitativo de información secundaria y base de datos de fuentes oficiales, y una segunda (estrategia) de levantamiento de información de primera fuente, de corte cualitativo y recopilada a través de entrevistas en profundidad con actores claves del ecosistema.

En relación a las tres etapas de medición, a implementar en modo triangulación de procedimientos, se considera: 1) etapa de levantamiento de hipótesis y validación de fuentes e indicadores secundarios a través de primera entrevista en profundidad con expertos de interés; 2) etapa de caracterización de fuentes de información secundaria (cuantitativa y cualitativamente); y 3) etapa de levantamiento de información primaria de tipo cualitativo, destinada a profundizar el análisis y complementar los resultados de fuentes secundarias. La Figura 1 resume el proceso global de trabajo propuesto.

Figura 1. Diagrama resumen de la metodología del estudio



Fuente: elaboración propia en base a metodología consensuada con el mandante.

En detalle, las fases de la metodología implementada son:

1. **Determinación de hipótesis:** su objetivo es generar (a partir de una investigación de información bibliográfica y bases de datos de análisis) una visión panorámica respecto a cuáles son los principales determinantes y variables de interés para determinar la madurez de los ecosistemas de Biotech presentes en las regiones de Chile. Para llevar a cabo este análisis se consideró el conocimiento previo de los investigadores del Centro de Innovación UC, del investigador experto

asociado al proyecto y la recopilación y análisis de literatura científica y los datos oficiales disponibles a la fecha. En base a los factores anteriores y los datos recopilados de diversas fuentes públicas se identificaron los siguientes focos de análisis:

- a) La capacidad industrial actual y las capacidades de las regiones de albergar exitosamente un clúster de biotecnología.
- b) La inversión en I+D y la ejecución de proyectos relacionados a estas áreas.
- c) La capacidad de generación de conocimientos y de formación de capital humano ligado a la biotecnología como fundamentos para desarrollar un clúster.

Así, se establecieron hipótesis de trabajo preliminar usando como referencia (entre otros) las siguientes fuentes de análisis:

- Vlasisavljevic, V., Medina, C. C., & Van Looy, B. (2020). The role of policies and the contribution of cluster agency in the development of biotech open innovation ecosystem. *Technological Forecasting and Social Change*, 155, 119987.
- Auerswald, P. E., & Dani, L. (2017). The adaptive life cycle of entrepreneurial ecosystems: the biotechnology cluster. *Small Business Economics*, 49, 97-117.
- Papaioannou, T., Wield, D., & Chataway, J. (2009). Knowledge ecologies and ecosystems? An empirically grounded reflection on recent developments in innovation systems theory. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 27(2), 319-339.
- Ferasso, M., & Grenier, C. (2021). Fostering SME's co-development of innovative projects in biotech clusters: Extending the sets of enablers for the knowledge creation process. *Technology in Society*, 67, 101729.
- Bas, T. G., & Oliu, C. A. (2018). Innovation strategy management survey of the Chilean biomedical industry. Assessment of windows of opportunities to reduce technological gaps. *The International Journal of Health Planning and Management*, 33(2), e512-e530.

De este modo, y considerando el conocimiento técnico del equipo ejecutor y de informes de desarrollo local aplicados en Chile, se establecieron las siguientes hipótesis base de trabajo:

H1. Las regiones con clústeres de recursos naturales más competitivos y con mejor nivel de ajuste al mercado biotech presentarán mejor atractivo para iniciar un polo tecnológico.

H2. Las regiones que combinan un escenario en que existe un mayor nivel de inversión en I+D presentarán mayor y mejores oportunidades para recibir apoyo y establecer alianzas de I+D+i+tt.

H3. Los ecosistemas regionales con un adecuado equilibrio entre generación de conocimientos y presencia de talento humano, presentan mejores condiciones para establecer acciones de transferencia tecnológica y establecimiento de alianzas de desarrollo en mercado de interés.

Con las hipótesis de trabajo base definidas se procedió a establecer un contraste de análisis de evaluación externa a partir de la mirada del experto interno y un experto externo especializado en ecosistemas y biotech.

2. **Determinación de evaluación experta:** para esta etapa se presentaron las hipótesis anteriores y los indicadores cuantitativos extraídos de fuentes secundarias a un experto de larga trayectoria en el sector de biotecnología y de desarrollo de sectores productivos, así como de políticas de I+D+i. Asimismo, se aprovecha de conversar sobre puntos focales de conversación en las entrevistas semi-estructuradas a realizar en la etapa siguiente del estudio.

De esta forma, se contactó a Tomás Gabriel Bas, doctor en administración con especialización en gestión tecnológica y marketing internacional de la innovación. Licenciado en ciencias biológicas y especialista con más de 25 años de experiencia como consultor y académico en temas relacionados a gestión tecnológica, gestión de la innovación, política de innovación para el desarrollo biotecnológico. Actualmente el doctor Bas, trabaja en la Universidad Católica del Norte y tiene entre sus temas principales el estudio de Sistemas Regionales y Urbanos de Innovación, donde cuenta con publicaciones indexadas de corriente principal.

El resultado de esta reunión fue una validación metodológica sustantiva, señalando la validez del marco conceptual sobre el cual se construyen las hipótesis de trabajo y, en esta misma línea, sobre las cuales se ha construido la metodología del estudio. Así, se destaca la focalización en el análisis de medidas (variables) de interés que permitan levantar clústeres o polos basados en recursos naturales, que a su vez cuentan con alta capacidad de absorción de ejes o polos tecnológicos.

En cuanto a los indicadores, se señaló la pertinencia de estos, realizando énfasis en la buena práctica de no enfocarse en valores absolutos, sino que, se debe de intentar ajustar, cuando sea posible, los valores absolutos según los tamaños de las distintas poblaciones, en otras palabras, se busca establecer medidas proporcionales más que absolutas. Un ejemplo de esto es considerar el número de empresas o puestos de trabajo generados por el sector Biotech en el contexto del número de empresas y el empleo de cada región, esto elimina comparaciones equivocadas que solamente reflejan la desigual distribución poblacional en el territorio nacional.

3. **Análisis de fuentes de información e insights:** en esta etapa se realiza el análisis cuantitativo final que permitirá designar las regiones candidatas. Este análisis se basa principalmente en la información cuantitativa, pero se toman en cuenta matices extraídos de la entrevista con el experto y de la experiencia de los ejecutantes del estudio, triangulando la información cualitativa y cuantitativa.

En ese sentido, se vuelve importante mencionar algunos factores cualitativos que complementarán el análisis de información de segunda fuente; primero, se analizarán los planes/estratégicos de innovación y/o desarrollo regional y, en base al rol del sector Biotech en los planes y prioridades productivas, industriales y de desarrollo futuro de la región con el objetivo de determinar el grado de madurez de la política pública y del sistema de gobernanza disponible en cada región de interés. En otras palabras, esta información es relevante ya que permite ver las visiones de corto y mediano plazo de las regiones y cómo éstas complementan la instalación de un clúster biotecnológico, lo que impacta sobre la probabilidad de éxito de la política pública. En otras palabras, con la

información que acá se desprende se evalúa la factibilidad técnica y las condiciones políticas de implementación de un clúster.

4. **Profundización e integración:** en esta etapa se busca realizar entrevistas para conocer la realidad local de los actores de la cuádruple hélice en las regiones candidatas. Dado la naturaleza del estudio las entrevistas se centran en entender las capacidades habilitantes de la región en relación a la instalación del clúster y el funcionamiento del proceso de transferencia tecnológica enfocado en Biotech, para poder establecer qué brechas y oportunidades existen para ser foco del clúster en las regiones priorizadas.

Para esto se segmenta por región a la población de posibles actores relevantes para entrevistar en cada miembro de la cuádruple hélice y se concertan entrevistas con miembros y representantes los actores. Se señala que se separa conceptualmente a las empresas entre: empresas proveedoras de biotech y empresas grandes demandantes de biotech, dado que participan en distintas fases del proceso de transferencias tecnológica e I+D.

Las entrevistas se realizan de forma semi-estructurada en base a cuestionarios previos para cada tipo de actor entrevistado, que son previamente auditados y validados por el mandante. Estas son grabadas y transcritas segmentando a los actores por categoría y región. Posteriormente, se realiza un análisis de texto doble ciego parcial con criterio inter-juez entre los investigadores del estudio para determinar los puntos de acuerdo común y su relevancia entre los distintos participantes por segmento de cuádruple hélice y por región.

Por ejemplo, cada investigador analiza las transcripciones y desprende un mapa conceptual de brechas y oportunidades asociadas a los actores privados de una región priorizada, luego, se comparan los mapas de todos los investigadores y basados en acuerdos se diseña y selecciona el esquema final que representa el estado actual de brechas y oportunidades en relación al clúster para esa región y ese tipo de actores.

5. **Analizar y compartir:** etapa final que tiene como objetivo la consolidación de los hallazgos realizados en el estudio y la elaboración de los entregables finales según las especificaciones del mandante.

2. FUENTES DE DATOS E INDICADORES A CONSTRUIR

En esta sección nos centramos en describir las fuentes de información públicas utilizadas para la elaboración de los indicadores cuantitativos que permitirán definir cuáles son las regiones candidatas a albergar los clústeres de Biotech y cuáles serán las industrias claves. También se señala cómo se confeccionan las bases de datos de participantes del ecosistema.

2.1 Fuentes de información y procesamiento de data sobre Indicadores económicos – industriales de las regiones

2.1.1. Empresas Biotech por región

El proceso por el cual se optó para generar bases de datos que contengan información sobre las empresas participantes del sector biotecnológico y en las industrias seleccionadas se basó en expandir el Directorio

de Empresas de Base Científico Tecnológica (Directorio EBCT en adelante) a través de la unión de bases de datos públicas.

El Directorio de EBCT es un esfuerzo notable por parte del Minciencia para clasificar y tener información de las empresas de EBCT que existen a lo largo de Chile. No obstante, solamente contiene la información de 295 empresas extraídas de una población inicial cercana a las 2.600, y de estas solamente 122 se relacionan con tecnología asociada a componentes Biológicos (Biotecnología y Biomedicina). Así, para poder mapear a los actores iniciales se vuelve necesario buscar metodologías para expandir el directorio en base a criterios objetivos.

Entendiendo que una empresa se asocia como proveedora y/o generadora de soluciones de biotech cuando participa en proyectos de investigación básica o aplicada relacionada a biotecnología, se realizó el siguiente ejercicio para robustecer el directorio:

1. Se utilizaron las bases de datos de adjudicación de proyectos CTCI del Minciencia, que posee los datos de todos los proyectos con participación de ANID, Corfo y de la Subsecretaría de CTCI para el periodo 1982 – 2021. Dado que queremos ver el estado actual de la madurez de los ecosistemas regionales, acotamos el periodo de análisis a 2017 – 2021.
2. Se clasificó a los adjudicatarios de los proyectos de acuerdo a expresiones regulares en sus identificadores. Por ejemplo, se asume que la inclusión de la palabra de “eirl” en diversas acepciones y formas corresponde a empresas individual de responsabilidad limitada (E.I.R.L., Eirl, EIRL, por mencionar algunas). En base a diversos de estos criterios se separa a los adjudicatarios en; empresas, instituciones de educación superior, estado y sociedad civil (que incluye asociaciones gremiales).
3. Se definieron las siguientes áreas del conocimiento de los proyectos adjudicados como altamente probables a que el proyecto se relaciona a biotecnología: Ciencias Agrícolas y Veterinarias, Ciencias Médicas y de la Salud, Ciencias Naturales e Ingeniería y Tecnología.
4. Se definieron las siguientes áreas del conocimiento de los proyectos adjudicados como altamente probables a que el proyecto se relaciona a biotecnología: Agrícola, Alimentos, Forestal, Ganadero, Gestión de desechos, Minería y metalurgia extractiva, Química, caucho y plásticos, Recursos Hídricos, Salud y Farmacéutica y vitivinícola.
5. Para aumentar aún más la factibilidad de que las instituciones con proyectos adjudicados sean parte del ecosistema de Biotech se usaron las clasificaciones de Fondecyt de Biología 1, 2 y 3. Se buscaron glosarios en internet de términos utilizados con frecuencia en estas ciencias y se buscó mediante expresiones regulares la aparición de estas en los títulos de los proyectos.

Se obtuvo información de 597 nuevas empresas potencialmente Biotech que se adjudicaron 753 proyectos altamente relacionados a Biotech en el periodo 2017-2022. Esto expande sustancialmente el directorio EBCT inicial.

Por último, para poder caracterizar a estas empresas Biotech se procedió a unir estas empresas mediante su razón social a la Nómina de Empresas Públicas de 2020 – 2021 del Servicio de Impuestos Internos, la cual cuenta con el número de puestos de trabajo dependientes generados por las empresas y permite

identificar el tamaño según ventas de cada una de estas y categorizarlas como Micro, Pequeña, Mediana o Grande.

La base resultante cuenta con 695 empresas, de las cuales 98 pertenecen al directorio EBCT original (80,1% de las 122 iniciales) y las 597 restantes a los proyectos adicionales, generando entonces lo que conocemos como el directorio expandido.

2.1.2. Empresas de industrias relacionadas a Biotech

La metodología para determinar los participantes Biotech se basa en un listado de industrias previamente definido en conjunto con el Centro de Biotecnología Traslacional. Se definen como industrias relacionadas a Biotech, y por lo tanto miembros relevantes del ecosistema las siguientes industrias: acuicultura, agricultura, minería, forestal y biomedicina.

Para catalogar empresas dentro de esas industrias se tomó la nómina de empresas del SII de 2015 – 2021 y dejó a todas las empresas en cada región que pertenecieran a los siguientes rubros económicos:

- Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social
- Actividades profesionales, científicas y técnicas
- Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca
- Explotación de minas y canteras
- Industria manufacturera

Luego, se analizaron los sub-rubros económicos contenidos dentro de esos rubros, en donde se eliminaron los sub-rubros que tenían baja relación con la biotecnología, por ejemplo, los servicios de publicidad dentro del rubro de actividades profesionales, científicas y técnicas.

Si bien, esta clasificación es sencilla y rigurosa presenta dos falencias; primero, las empresas pueden dedicarse a diversas actividades y la nómina pública solamente otorga una. Segundo, el rubro de cada empresa es auto declarado y puede que haya empresas que no realicen las actividades declaradas. Aun así, se espera que este error no sea sustancial ni afecte las conclusiones del estudio, sobre todo, por el foco en la gran empresa que tiene el análisis.

2.2. Indicadores de Investigación y Desarrollo

Para caracterizar la participación en el ecosistema de I+D de Biotech por parte de los miembros de la cuádruple hélice (empresas, público, IES y sociedad civil) se utilizaron fuentes de información. La primera es la base de datos de adjudicación de proyectos CTCI mencionada anteriormente, distinguiendo qué proyectos CTCI pertenecen a biotech según la metodología del punto 1.1 de esta sección.

Estos datos son a nivel de región de ejecución del proyecto, por lo que, el supuesto subyacente es que las cifras de proyectos ejecutados se correlacionan con las capacidades de I+D de las regiones, así como también del atractivo de estas para generar I+D para diversos actores.

También se usan las dos últimas versiones de la Encuesta de Gasto en I+D del Ministerio de Ciencia y Tecnologías (2019 y 2020). Debido a cómo están elaborados estos datos solamente se puede recoger

información sobre ejecución en las regiones, pero no de donde se encuentra instalada el ejecutante, lo que vuelve a recaer en el mismo supuesto que en los datos de proyectos adjudicados de CTCI.

Adicionalmente, y sólo el caso especial del Estado, nos centraremos en cómo financiar gastos en I+D y para esto recurriremos a los datos del estudio Levantamiento y análisis de Créditos Presupuestarios Públicos para Investigación y Desarrollo (Government Budget Allocation for R&D, GBARD). Este consiste básicamente en un barrido de información de financiamiento público utilizando información de Dipres y otros organismos públicos. El estudio se publicó en 2020 pero los datos corresponden a 2018 y 2019.

2.3. Indicadores de generación de conocimientos y capital humano

2.3.1. Indicadores de producción de conocimientos científico

Para caracterizar los indicadores de generación de conocimiento se realizó un análisis bibliométrico, la cual es entendida como enfoque de medición y análisis de la producción, la difusión y el impacto de la literatura científica y técnica (Martín-Martín, Orduna-Malea, Thelwall, & López-Cózar, 2018). Esto se basa en el análisis de datos bibliográficos y utiliza herramientas estadísticas y matemáticas para evaluar y comparar la producción científica de autores, instituciones y países.

Con el foco de usar una medida objetiva y consensuada por el Consorcio de Universidades del Estado de Chile (CUE Chile), el Consejo de Rectores (CRUCH), y las medidas más relevantes de las instituciones del Estado, como es el caso de la ANID, se consideró como medio principal de captura de información a la plataforma Web of Science (WoS). Esta plataforma en línea proporciona acceso a una amplia gama de literatura científica y técnica, así como herramientas para su análisis y evaluación.

Web of Science proporciona un índice de citas que permite conocer la cantidad de veces que un artículo ha sido citado en la literatura científica. Este índice se utiliza para evaluar el impacto y la relevancia de los trabajos científicos en un campo de investigación determinado.

Para efectos prácticos de este estudio se consideró el factor de impacto, el factor H y el número total de publicaciones por institución y por región, considerando la producción en calidad de primer autor y de autor de correspondencia nacional, para las disciplinas de WoS que pertenecen a los grupos de estudios asociados al desarrollo biotecnológico de acuerdo a los criterios de ANID a través de sus grupos de estudio. Una breve definición de estos indicadores se presenta a continuación:

1. **Índice H:** Mide la productividad y el impacto de un autor, y se calcula a partir de la cantidad de artículos publicados por el autor y el número de veces que esos artículos han sido citados en otros trabajos científicos.
2. **Factor de impacto:** Es el indicador más utilizado y se refiere a la frecuencia con la que los artículos de una revista en particular son citados en un año determinado. El factor de impacto se utiliza como una medida de la calidad y la relevancia de una revista en un campo de investigación determinado.
3. **Número de publicaciones:** mide la cantidad de artículos publicados en un determinado periodo de tiempo. Sirve para conocer los volúmenes de producción científica.

2.3.2. Indicadores de producción de capital humano

Los datos relativos a la generación de capital humano avanzado, que consiste en las instituciones de educación superior (IES de aquí en adelante) que imparten carreras técnicas o profesionales en territorio chileno y que tienen carreras de “Biotecnología” provienen de SIES que es el Servicio de Información de Educación Superior, perteneciente al Ministerio de Educación, que recolecta información todos los años sobre el ecosistema educacional en Chile y que además por parte de las IES es obligatorio informar sobre las estadísticas en materia de matrículas y carreras que se imparten durante el siguiente año.

Respecto a la información de cantidad de matriculados por institución y programa educativo (ya sea pregrado o posgrado) esta información es entregada y publicada una vez al año por el Ministerio de Educación.

Esta información nos permite determinar la demanda actual por estudiar carreras Biotech y cuáles son las regiones más avanzadas, lo que nos podría dar indicios de la empleabilidad y rentabilidad de dichas carreras, debido a que, para abrir una nueva carrera universitaria o técnica, es necesario hacer una proyección de matrícula y vacantes que debe ser presentada a SIES todos los años, para su autorización como también prácticas profesionales y vinculación con el medio.

ANTECEDENTES REGIONALES

En esta sección se presentan conceptos relevantes utilizados de forma transversal y continua en el estudio, adicionalmente, se proveen y analizan antecedentes demográficos y económicos de las regiones que permiten poner en perspectiva el análisis realizado.

Un concepto fundamental que utilizamos a lo largo del estudio es el de macrozona, entendiéndose estas como las agrupaciones de regiones definidas para la Gobernanza regional del Ministerio de Ciencia y Tecnología, es decir, las macrozonas a cargo de cada Secretaría Regional Ministerial (SEREMI).

Se optó por esta definición debido a relación con los sistemas de Gobernanza públicos de los ecosistemas de I+D+i+e en las distintas regiones, lo que tiene impacto sobre las acciones privadas, de la academia y de la sociedad civil y, por consiguiente, en la madurez del ecosistema de Biotech de cada región. Las macrozonas definidas en el Estudio son 6: Norte, Centro, Metropolitana, Centro-Sur, Sur y Austral. La conformación regiones de estas se aprecia en la tabla 7.

Tabla 7. Definición de macrozonas según disposición del Decreto N°7 de 2020 del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

| Región | Macrozona |
|--------------------|---------------|
| Arica y Parinacota | Norte |
| Tarapacá | |
| Antofagasta | |
| Atacama | |
| Coquimbo | Centro |
| Valparaíso | |
| Metropolitana | Metropolitana |
| O'Higgins | |
| Maule | |
| Biobío | Sur |
| Ñuble | |
| La Araucanía | |
| Los Lagos | |
| Los Ríos | Austral |
| Aysén | |
| Magallanes | |

Fuente: elaboración propia en base a Decreto N° 7 de 2020 de Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Es importante mencionar el caso de las regiones de Biobío y Ñuble, ya que, la segunda se independiza de la primera en 2017. Por este motivo, buena parte de las capacidades instaladas en relación al macro ecosistema de I+D+i+e de Ñuble podrían asociarse a haber pertenecido a la Región de Biobío. De esta forma, se decide presentar los datos de ambas regiones por separado pero en los análisis siempre se tendrá especial atención a esta posible dualidad en las capacidades instaladas de Ñuble que afectan a la madurez de su ecosistema.

La evidencia empírica ha enfatizado el rol que juega la cercanía geográfica sobre la difusión de conocimientos y como la proximidad asiste en aumentar la probabilidad del uso de conocimientos (Döring y Schnellenbach 2004). Considerando esto además de los motivos relacionados a la Gobernanza regional de las macrozonas, el analizar las relaciones geográficas provee ventajas también para el análisis.

Así, un supuesto subyacente del análisis es que la instalación de un clúster de Biotech provee mayores beneficios a la región en que se instala y que las siguientes en recibir beneficios son las regiones más cercanas, es decir, de su macrozona y/o regiones limítrofes.

1. Caracterización regional

Es importante considerar diversos aspectos regionales a la hora de realizar cualquier análisis cuantitativo y cualitativo sobre los ecosistemas de Biotech regionales. Por ejemplo, existen diferencias sustantivas de población entre las regiones, lo que afecta la demanda por bienes y servicios que enfrentan las empresas. Así, para empresas de servicios a consumidores finales, la gran cantidad de habitantes de la región Metropolitana permite alcanzar mayores economías de escala, con lo cual no sorprende que tengan un gran número de empresas grandes, además de un mayor número de empresas en general. En otras palabras, se requiere contar con una mirada proporcional de las industrias y las regiones.

Estas diferencias demográficas, en conjunto con un clima que varía sustantivamente de norte a sur, tienen directo impacto sobre las matrices productivas y la especialización regional, lo que es de relevancia en torno a todas las industrias y, por consiguiente, al sector biotech, y debe ser contemplado al momento de hablar de clústers de recursos naturales (por dar un ejemplo de enfoque de análisis). Estos contextos distintos dan espacio a la acción de política pública y el actuar de privados, ambos en conjunto también, para potenciar distintas áreas en cada región.

Por todo lo anterior, es que se presenta un breve análisis demográfico de las regiones en términos socioeconómicos e industriales. Dado que esa forma de contextualizar este análisis es breve, pero permite dar luces de sucesos regionales y nacionales relevantes.

1.1. Dimensión demográfica

La tabla 8 muestra la distribución regional de la población y la superficie de Chile, en base a estas se calcula la densidad poblacional de las regiones. También se presentan unos breves datos del ingreso total promedio de los hogares y la tasa de pobreza, a modo de caracterizar ciertas dinámicas de demanda regionales.

Primero, podemos ver en la tabla 8 que la población estimada para Chile es de 19.960.889 personas. Destacan en su participación la Región Metropolitana albergando un 41,9% de la población, 10,1% vive en la Región de Valparaíso y un 8,4% en la región del Biobío.

Agregando los datos de la tabla 8 según la clasificación de macrozonas utilizadas observamos que la macrozona norte contiene apenas el 8,5% de la población, la macrozona Centro el 14,4%, la Metropolitana el 41,9%, la Centro-Sur el 21,9%, la Sur el 11,8% y la Austral un 1,5%. Las cifras a nivel de Región y Macrozonas dan cuenta del alto grado de centralismo que existe en Chile en donde un 78,3% de la población vive entre la zona Centro y Centro-Sur, en apenas el 20,7% de la superficie.

Lo anterior, es enfatizado al tomar en cuenta que en las regiones de mayor tamaño hay poca población, como lo son las regiones de Antofagasta, Atacama, Aysén y Magallanes, que concentran el 58,4% de la superficie nacional pero solamente el 6,6% de la población. En todo caso, esto es esperable debido a que las condiciones de vida en esas regiones son más inclementes, teniendo las zonas desérticas más áridas del mundo en el norte y un frío clima austral en las del sur.

La tabla 8 también muestra la densidad poblacional de las regiones. Se observa que la densidad poblacional es mucho mayor en la Región Metropolitana que en el resto de las regiones, de hecho, es más de 4 veces la densidad poblacional de la segunda región más densa (Valparaíso). Otra forma de contextualizar esta cifra consiste en que al calcular la densidad poblacional en el territorio nacional se llega a 26 habitantes por km cuadrado, con solamente 6 regiones teniendo una densidad superior a esa cifra. Al eliminar del cálculo a la Región Metropolitana el número de regiones con densidad superior al nuevo promedio es de 11.

Tabla 8. Caracterización demográfica de las regiones

| Región | Demografía | | |
|--------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|
| | Población | Superficie (Km2) | Densidad poblacional (hab/Km2) |
| Arica y Parinacota | 259.802 | 16.873 | 15,40 |
| Tarapacá | 401.588 | 42.226 | 9,51 |
| Antofagasta | 714.142 | 126.049 | 5,67 |
| Atacama | 319.048 | 75.176 | 4,24 |
| Coquimbo | 869.103 | 40.580 | 21,42 |
| Valparaíso | 2.010.849 | 16.396 | 122,64 |
| Metropolitana | 8.367.790 | 15.403 | 543,25 |
| O'Higgins | 1.017.701 | 16.387 | 62,10 |
| Maule | 1.162.641 | 30.296 | 38,38 |
| Biobío | 1.681.430 | 24.021 | 70,00 |
| Ñuble | 519.437 | 13.178 | 39,42 |
| La Araucanía | 1.028.201 | 31.842 | 32,29 |
| Los Lagos | 907.429 | 48.584 | 18,68 |
| Los Ríos | 411.205 | 18.430 | 22,31 |
| Aysén | 108.306 | 108.494 | 1,00 |
| Magallanes | 182.217 | 132.291 | 1,38 |
| Total | 19.960.889 | 756.227 | 26,40 |

Nota: el ingreso promedio por hogar corresponde al promedio del ingreso total corregido de los hogares ajustado por la diferencia entre la UF del 31/12/2017 y la UF del 20/02/2023.

Fuente: elaboración propia en base a Proyecciones de Población del INE y datos de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) 2017.

Como se verá en la subsección siguiente, estos indicadores tienen directa relación con la realidad económica e industrial del país, determinando indicadores como el número de empresas y de empresas grandes. Recordando lo mencionado en el marco teórico este tipo de indicadores son relevantes a la hora de analizar en qué regiones existe un ecosistema de Biotech capaz de sostener un clúster, por ende, se vuelve importante tener en mente las cifras anteriores para un posterior análisis.

1.2. Dimensión económica

Como se mencionó en el marco conceptual para que el clúster sea sostenible en el tiempo debe de tener una alta participación de la industria sobre todo de las grandes empresas, que son aquellas capaces de financiar los proyectos de Biotech, dado los altos costos, tiempo y riesgo que estos conllevan. Así, una mirada al panorama económico e industrial de las regiones es necesario.

Ahora bien, un primer punto a señalar consiste en la clasificación de tamaño utilizada, es decir, a qué nos referimos cuando hablamos de grandes empresas y de MiPymes. Para esto utilizamos la definición del estatuto Pyme del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, que es compartida por el Servicio de Impuestos Internos, en donde, una empresa es grande si tiene ventas anuales levemente superiores a los USD 4,4 millones. El detalle de la clasificación se encuentra en la tabla 9.

Tabla 9. Clasificación de tamaño de empresas

| Tamaño | Ventas anuales en UF | Valores en USD tramo superior |
|---------|---------------------------|-------------------------------|
| Micro | 0,01 UF a 2.400 UF | 105.890 |
| Pequeña | 2.400,01 UF a 25.000 UF | 1.103.018 |
| Mediana | 25.000,01 UF a 100.000 UF | 4.412.071 |
| Grande | Más de 100.000,01 UF | Más de 4.412.071 |

Nota: por secreto estadístico el SII no publica los datos de ventas anuales de empresas grandes en Aysén.

Fuente: elaboración propia en base a datos del Servicio de Impuestos Internos (SII).

La tabla 10 presenta una mirada al número de empresas y a las ventas de estas por región, señalando los totales y la participación de empresas grandes en ambas cifras. Primero, vemos que existe gran diferencia en el número de empresas por región, notándose nuevamente que la Región Metropolitana tiene un porcentaje muy elevado de las 1.122.463 empresas, alcanzando el 43,1% del total. Le siguen la Región de Valparaíso con 9,7% y la Región del Biobío con 7,3%. Notoriamente, estas son las regiones con mayor población y, sus participaciones en el total de habitantes casi idénticas a las del número de empresas.

De hecho, el coeficiente de correlación de Pearson entre la población regional y el número de empresas es de 99,9%, es decir, la correlación es prácticamente perfecta. Al realizar el mismo ejercicio sobre las ventas totales de las regiones vemos que el coeficiente de correlación es de 97,8%, es decir, las regiones con más población tienen más ventas y más empresas.

La tabla 10 también muestra dos hechos estilizados muy relevantes; primero, la existencia de grandes empresas es un fenómeno poco frecuente, apenas el 1,6% de las empresas son grandes lo que asciende a menos 18.000 empresas de mayor tamaño en el territorio nacional. Segundo, el rol que juegan en la economía es muy sustantivo, ya que, representan cerca del 88% de las ventas anuales y, en general superan el 50% de las ventas anuales en cada región. Esto esclarece por qué se asigna un valor tan sustantivo al rol de la gran empresa entorno a la sostenibilidad económica del clúster en el marco teórico, ya que, estas son la columna vertebral de la producción chilena.

Tabla 10. Caracterización de la producción total y de empresas grandes por Región

| Región | Número de empresas | | Ventas anuales (millones de UF) | |
|--------------------|--------------------|---|---------------------------------|---|
| | Total Regional | Solo Grandes Empresas (% total regional) | Total Regional | Solo Grandes Empresas (% total regional) |
| Arica y Parinacota | 13.669 | 0,4% | 86 | 63% |
| Tarapacá | 19.047 | 2,4% | 307 | 74% |
| Antofagasta | 31.844 | 1,1% | 498 | 77% |
| Atacama | 16.100 | 0,7% | 161 | 71% |
| Coquimbo | 43.946 | 0,6% | 299 | 61% |
| Valparaíso | 108.541 | 1,1% | 1.366 | 74% |
| Metropolitana | 483.367 | 2,5% | 24.950 | 92% |
| O'Higgins | 59.638 | 1,0% | 810 | 77% |
| Maule | 74.146 | 0,7% | 474 | 56% |
| Biobío | 82.450 | 0,9% | 882 | 71% |
| Ñuble | 29.478 | 0,6% | 134 | 42% |
| La Araucanía | 54.494 | 0,7% | 317 | 52% |
| Los Lagos | 59.641 | 1,1% | 1.008 | 81% |
| Los Ríos | 23.938 | 0,6% | 132 | 52% |
| Aysén | 9.201 | 0,2% | 14 | N/D |
| Magallanes | 12.963 | 1,0% | 122 | 66% |
| Total | 1.122.463 | 1,6% | 31.560 | 88% |

Nota: por secreto estadístico el SII no publica los datos de ventas anuales de empresas grandes en Aysén.

Fuente: elaboración propia en base a datos del Servicio de Impuestos Internos (SII).

Otro punto sustantivo a repasar es la especialización productiva actual de las regiones, la que se relaciona directamente con el clima y los recursos naturales que se encuentran dispersos por el territorio. Esto hace cuenta de cuáles son las industrias productivas más relevantes dentro de las regiones y que tienen mayor incidencia en la producción y las ventas.

La tabla 11 cuenta con el Índice de Herfindhal-Hirschman (HHI) de las ventas regionales al nivel de rubros económicos. Este indicador se calcula de la siguiente forma:

$$HHI_r = 10.000 * \sum_1^n s_{r,i}^2$$

En donde HHI_r corresponde al indicador HHI de la región r y $s_{r,i}^2$ corresponde a la participación del rubro i en las ventas de la región r. Este indicador se utiliza comúnmente para ver la concentración de mercado y/o economías. Va entre 0 y 10.000, en donde 0 es una economía regional perfectamente atomizada y 10.000 corresponde a un monopolio industrial regional. Es decir, a mayor HHI esperamos encontrar que hay pocas industrias o sectores que concentran gran parte de las ventas de la región.

Según la Guía de Fusiones de la Fiscalía Nacional Económica un mercado se encuentra medianamente concentrado cuando su HHI es superior a 1.500 pero menor a 2.500 y es altamente concentrado cuando sobrepasa este último umbral.

En la tabla 11 se observa que los niveles de concentración de las ventas económicas a nivel regional por subrubro en general son bajos. Solamente hay dos regiones altamente concentradas; Arica y Parinacota y Los Lagos. En la primera hay gran participación del comercio y en la segunda el gran participante es la acuicultura, que si bien, no se muestra en la tabla 11, su participación en las ventas de la región de Los

Lagos es del 44%. Así, observamos que existe la especialización productiva y que en distintas regiones se venden y producen bienes diferentes y que muy pocas regiones poseen una o dos actividades con una enorme preponderancia.

Tabla 11. Concentración de ventas a nivel de subrubro y tres principales subrubros por región

| Región | Índice HH | Rubros con mayores ventas | | |
|---------------------------|-----------|---|---|---|
| | | 1° | 2° | 3° |
| Arica y Parinacota | 2.609 | Venta al por mayor de alimentos, bebidas y tabaco | Venta al por menor de alimentos, bebidas y tabaco en comercios especializados | Otras actividades de transporte por vía terrestre |
| Tarapacá | 1.286 | Explotación de minas y canteras n.c.p. | Venta al por mayor de enseres domésticos | Venta al por mayor no especializada |
| Antofagasta | 988 | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica | Extracción de minerales metalíferos no ferrosos, excepto cobre | Extracción y procesamiento de cobre |
| Atacama | 526 | Extracción y procesamiento de cobre | Extracción de minerales metalíferos no ferrosos, excepto cobre | Demolición y preparación del terreno |
| Coquimbo | 721 | Extracción de minerales de hierro | Extracción de minerales metalíferos no ferrosos, excepto cobre | Elaboración de bebidas alcohólicas y no alcohólicas |
| Valparaíso | 475 | Fondos y sociedades de inversión y entidades financieras similares | Actividades inmobiliarias realizadas con bienes propios o arrendados | Otras actividades de transporte por vía terrestre |
| Metropolitana | 392 | Intermediación monetaria | Fondos y sociedades de inversión y entidades financieras similares | Extracción y procesamiento de cobre |
| O'Higgins | 548 | Fondos y sociedades de inversión y entidades financieras similares | Venta al por mayor de alimentos, bebidas y tabaco | Cultivo de plantas perennes |
| Maule | 484 | Cultivo de plantas perennes | Venta al por mayor de alimentos, bebidas y tabaco | Fondos y sociedades de inversión y entidades financieras similares |
| Biobío | 418 | Industrias básicas de hierro y acero | Servicios de apoyo a la silvicultura | Venta de vehículos automotores |
| Ñuble | 289 | Venta al por menor de alimentos, bebidas y tabaco en comercios especializados | Otras actividades de transporte por vía terrestre | Cultivo de plantas no perennes |
| La Araucanía | 279 | Venta al por menor en comercios no especializados | Venta al por menor de otros enseres domésticos en comercios especializados | Venta al por menor de alimentos, bebidas y tabaco en comercios especializados |
| Los Lagos | 2.452 | Acuicultura | Elaboración de piensos preparados para animales | Venta al por mayor de alimentos, bebidas y tabaco |
| Los Ríos | 499 | Elaboración de productos lácteos | Ganadería | Venta al por menor de alimentos, bebidas y tabaco en comercios especializados |
| Aysén | 449 | Venta al por menor en comercios no especializados | Construcción de edificios | Venta al por mayor de alimentos, bebidas y tabaco |
| Magallanes | 889 | Acuicultura | Venta al por mayor de alimentos, bebidas y tabaco | Construcción de edificios |

Nota: por secreto estadístico el SII no publica los datos de ventas anuales de empresas grandes en Aysén.

Fuente: elaboración propia en base a datos del Servicio de Impuestos Internos (SII).

2. Políticas regionales de Biotecnología

Como ya se mencionó, en Chile existe una Política Nacional de Biotecnología de la que se deriva Estrategia de Biotecnología 2030 (EBIO 2030). Esto ha sido un avance sustantivo para el sector Biotech, al dotar las acciones tomadas por el Gobierno Central de una orientación y alineación definidas.

Ahora bien, considerando que este estudio analiza la madurez de los ecosistemas regionales de biotecnología para ver la factibilidad de la instalación de un clúster de biotech desde la cuádruple hélice, se vuelve relevante analizar cómo los gobiernos locales ven el rol de la biotecnología en el desarrollo futuro de la región.

Para esto se analizaron las Estrategias de Innovación (EIR) de 15 regiones de Chile (excluye RM) y cuál es la relevancia que asignan a la biotecnología en términos de ser un motor de desarrollo económico futuro. La hipótesis subyacente es que en las regiones en las que la biotecnología tenga un rol o foco más prominente en sus EIR, existirá una mayor probabilidad de éxito del clúster al pertenecer a un foco de desarrollo relevante.

En términos metodológicos, se distinguen diferencias entre solamente mencionar tecnologías versus asignar roles protagónicos dentro de las EIR. Por ejemplo, no es lo mismo señalar que tecnologías de “Big Data, Internet de las Cosas, Inteligencia Artificial y Biotecnología contribuyen al desarrollo regional y son elementos que a futuro contribuirán a la formación profesional” que diferenciar como la biotecnología es un aporte a los rubros y mercados esenciales que hay en la región (concepto de “Motor económico regional”), ya que visualiza acciones de gestión y por ende de potencial inversión priorizadas en la zona (región), lo que habla de mayor factibilidad de éxito de un clúster biotech en la región

En la tabla 12 se puede apreciar en qué EIR existe el concepto de biotecnología y en cuáles está tiene un rol suficientemente relevante, en términos cualitativos, para considerar que al IER se enfoca en este sector como un motor económico regional. Primero, se observa que en el 73% (11 de 15) de las EIR analizadas se encuentra el término biotecnología, pero que en solamente el 40% (6 de 15) esta es considerada como un posible motor económico regional. De norte a sur, las EIR en que la biotech tiene mayor prevalencia son Arica y Parinacota, Antofagasta, O’Higgins, Biobío, Los Lagos y Magallanes.

Tabla 12. Mención y relevancia de la Biotecnología en las Estrategias de Innovación Regionales

| Región | Biotecnología | Motor económico regional |
|--------------------------------|---------------|--------------------------|
| Arica y Parinacota | ✓ | ✓ |
| Tarapacá | ✗ | ✗ |
| Antofagasta | ✓ | ✓ |
| Atacama | ✓ | ✗ |
| Coquimbo | ✓ | ✗ |
| Valparaíso | ✓ | ✗ |
| O'Higgins | ✓ | ✓ |
| Maule | ✗ | ✗ |
| Ñuble | ✗ | ✗ |
| Bio-Bio | ✓ | ✓ |
| Araucanía | ✓ | ✗ |
| Los Ríos | ✓ | ✗ |
| Los Lagos | ✓ | ✓ |
| Aysén | ✗ | ✗ |
| Magallanes y Antártica chilena | ✓ | ✓ |

Nota 1: se excluye del análisis a la Región Metropolitana.

Nota 2: La determinación de si el rol de la biotecnología es o no un motor económico regional es cualitativa y depende de los contextos de cada EIR.

Fuente: Elaboración propia en base a Estrategias de Innovación Regionales.

Además, la tabla 12 nos muestra que en las Macrozonas Centro-Sur y Sur se observan los ejes territoriales más avanzados en términos de desarrollar una estrategia de innovación que incluya a la biotecnología como un elemento transversal para el desarrollo productivo local. En cambio, tanto en la Macrozona Norte como Centro se observa menor preponderancia de la Biotech como motor económico regional. Por último, si expandimos el análisis cualitativo, se debe recalcar que las regiones del Biobío y de Los Lagos son las que se encuentran más a la vanguardia en cuanto a la incorporación de la Biotech en su EIR.

ETAPA DE ANÁLISIS 1: PRESELECCIÓN DE REGIONES CANDIDATAS

Como se mencionó en el apartado metodológico, la primera etapa de medición del estudio consiste en realizar un análisis cuantitativo de información de fuentes secundarias para determinar la madurez de los ecosistemas de Biotech para determinar cuáles son las regiones que tienen mejores condiciones habilitantes para la inserción y sostenibilidad de un clúster de Biotech.

En esta sección se analizan los indicadores económicos e industriales, los indicadores de inversión y ejecución de I+D y de las capacidades de generación de conocimientos y de capital humano. Por último, se presenta un resumen del análisis y la selección de regiones a analizar en mayor detalle a través de la recopilación de información de fuentes primarias en la etapa siguiente.

1. Madurez del ecosistema Biotech en términos industriales

Como se ha mencionado, las capacidades industriales de las regiones para albergar ecosistemas de biotecnología dependen no sólo que tan desarrollado se encuentra el sector biotecnológico actualmente, sino que, también dependen de la demanda por productos y servicios de Biotech de las empresas usuarias de biotecnología. Dado esto, se realizan por separado estos indicadores y al final se consolidan los resultados.

1.1. Madurez del sector Biotech en las regiones

Un primer punto relevante para analizar la madurez de las empresas de Biotech en el ecosistema es analizar cuántas participan y luego, caracterizarlas. La tabla 13 muestra la distribución regional de empresas que ofrecen y/o generan Biotech (de ahora en adelante se usa indistintamente empresas oferentes y/o generados de Biotech con empresas Biotech por simplicidad), en donde se observa que la región Metropolitana concentra entre el 54% y el 57% de las empresas de este sector.

También observamos en la tabla 13 que existen otras 3 regiones que concentran más del 5% de las empresas nacionales que proveen Biotech: Los Lagos, Valparaíso y Biobío. Notablemente, vemos que la unión de las regiones de Ñuble y Biobío alcanzaría el 9,7% de las empresas de Biotech. En definitiva, existe una alta correlación entre la población regional y el número de empresas de Biotech, siendo esta de 84% y de 86% cuando se contrasta el número de empresas Biotech con el número de empresas, ambas cifras excluyen a la Región Metropolitana del análisis por *outlier*.

De esta forma, vemos que las regiones que contienen mayor oferta biotech a día de hoy se encuentran en orden descendente en la Región Metropolitana, en la Región de Los Lagos, en la Región de Valparaíso y en la Región del Biobío. Esto es fundamental para la instalación y el funcionamiento de un clúster en el corto plazo.

Tabla 13. Distribución regional del número de empresas oferentes y/o generadoras Biotech en el directorio expandido

| Región | Número de empresas | Porcentaje |
|---------------------------|--------------------|--------------|
| Arica y Parinacota | 6 | 0,9% |
| Tarapacá | 8 | 1,2% |
| Antofagasta | 10 | 1,4% |
| Atacama | 4 | 0,6% |
| Coquimbo | 24 | 3,5% |
| Valparaíso | 59 | 8,5% |
| Metropolitana | 377 | 54,2% |
| O'Higgins | 24 | 3,5% |
| Maule | 23 | 3,3% |
| Biobío | 49 | 7,1% |
| Ñuble | 18 | 2,6% |
| La Araucanía | 17 | 2,4% |
| Los Lagos | 60 | 8,6% |
| Los Ríos | 11 | 1,6% |
| Aysén | 3 | 0,4% |
| Magallanes | 2 | 0,3% |
| Total | 695 | 100% |

Nota: Directorio EBCT incluye 98 de las 122 empresas del directorio oficial (80,3%), que corresponden a las que se les pudo encontrar en la nómina de empresas del SII para los años 2020 y 2021. En negrita las 4 regiones con más empresas Biotech.

Fuente: elaboración propia en base Directorio de EBCT del Ministerio de Ciencias y Tecnología, Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2020-2021, Consolidado de instrumentos CTCl adjudicados para el período 2017 – 2022 y Clasificación de Biología 1,2 y 3 de Fondecyt.

También es relevante analizar el crecimiento de la oferta en los últimos años, dado que se espera que los ecosistemas alcancen tamaños estables cuando alcanzan un alto nivel de madurez, por ende, podría querer priorizarse la entrada en un mercado un poco menos establecido, pero de alto crecimiento por el lado de la oferta.

La tabla 14 considera el crecimiento para el periodo 2015-2021, el cual se utiliza para eliminar los posibles efectos de la pandemia al analizar el potencial de cada ecosistema. En primer lugar, se observa un amplio crecimiento a nivel nacional, siendo este de 67% para el periodo.

Primero, se observa que la correlación entre el crecimiento del periodo y el número inicial de empresas Biotech es negativa pero cuantitativamente insignificante con un -4%. Ahora bien, parte de esto ocurre porque se espera que las tasas de crecimiento sean decrecientes en el número de empresas a medida que madura un ecosistema, y como los stocks de empresas Biotech iniciales de varias regiones son muy bajos, la aparición de unas pocas empresas resulta en tasas muy altas de crecimiento. Por ejemplo, el tercer mayor crecimiento del periodo es el de Magallanes, de un 100%, que sucede porque pasa de tener 1 empresa a tener 2 empresas. Al eliminar las regiones que comienzan con menos de 10 empresas el coeficiente de correlación entre el stock inicial y el crecimiento se acerca a -27%, mostrando una tendencia negativa más marcada pero tampoco muy sustantiva.

Tabla 14. Evolución regional de empresas oferentes y/o generadoras de Biotech

| Región | 2015 | 2021 | Crecimiento 2015 -2021 |
|--------------------|------|------|---------------------------|
| Arica y Parinacota | 4 | 6 | 50% |
| Tarapacá | 7 | 8 | 14% |
| Antofagasta | 7 | 10 | 43% |
| Atacama | 3 | 4 | 33% |
| Coquimbo | 13 | 24 | 85% |
| Valparaíso | 34 | 59 | 74% |
| Metropolitana | 230 | 377 | 64% |
| O'Higgins | 15 | 24 | 60% |
| Maule | 14 | 23 | 64% |
| Biobío | 28 | 49 | 75% |
| Ñuble | 6 | 18 | 200% |
| La Araucanía | 9 | 17 | 89% |
| Los Lagos | 37 | 60 | 62% |
| Los Ríos | 7 | 11 | 57% |
| Aysén | 2 | 3 | 50% |
| Magallanes | 1 | 2 | 100% |
| Total | 417 | 695 | 67% |

Nota: Directorio EBCT incluye 98 de las 122 empresas del directorio oficial (80,3%), que corresponden a las que se les pudo encontrar en la nómina de empresas del SII para los años 2020 y 2021.

Fuente: elaboración propia en base Directorio de EBCT del Ministerio de Ciencias y Tecnología, Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2015-2019, Consolidado de instrumentos SCTCI adjudicados para el período 2015 – 2022 y Clasificación de Biología 1,2 y 3 de Fondecyt.

Ahora bien, estos cambios en stock no muestran toda la historia. En efecto, cuando analizamos los crecimientos anuales del número de empresas Biotech por región, vemos que existe gran inestabilidad y varianza en estas cifras. La tabla 15 muestra que para muchas regiones el crecimiento del stock de empresas ocurrió en su o casi en su totalidad entre el año 2016 y 2018, sin observarse aumentos en los últimos 3 años (Arica, Tarapacá, Atacama, Magallanes y Aysén). Estas suelen ser las regiones que tienen menor número de empresas Biotech.

Lo anterior, sumado a que ecosistemas con oferta y/o generación de soluciones biotech más desarrolladas presentan tasas de crecimiento mayores, indicaría que existe cierta resistencia o inercia de los ecosistemas que debe superarse para madurar. Dada la ocurrencia de la pandemia es difícil extraer más conclusiones y, por el mismo motivo, no se incluye el año 2020 en el análisis.

Tabla 15. Crecimiento año a año del número de empresas oferentes y/o generadoras de Biotech

| Región | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2021 | Periodo 2016 - 2021 |
|--------------------|------|------|------|------|------|---------------------|
| Arica y Parinacota | 50% | 0% | 0% | 0% | 0% | 50% |
| Tarapacá | 0% | 0% | 14% | 0% | 0% | 14% |
| Antofagasta | 29% | 0% | 22% | -18% | 11% | 43% |
| Atacama | 0% | 33% | 0% | 0% | 0% | 33% |
| Coquimbo | 23% | 6% | 18% | 15% | 4% | 85% |
| Valparaíso | 9% | 19% | 11% | 6% | 13% | 74% |
| Metropolitana | 13% | 9% | 11% | 7% | 12% | 64% |
| O'Higgins | 0% | 40% | 5% | 5% | 4% | 60% |
| Maule | 14% | 6% | 18% | 5% | 10% | 64% |
| Biobío | 14% | 6% | 9% | 19% | 11% | 75% |
| Ñuble | 67% | 0% | 10% | 27% | 29% | 200% |
| La Araucanía | 11% | 10% | 18% | 23% | 6% | 89% |
| Los Lagos | 11% | 12% | 11% | 6% | 11% | 62% |
| Los Ríos | 14% | 13% | 0% | 22% | 0% | 57% |
| Aysén | 0% | 0% | 50% | 0% | 0% | 50% |
| Magallanes | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% |

Nota: Directorio EBCT incluye 98 de las 122 empresas del directorio oficial (80,3%), que corresponden a las que se les pudo encontrar en la nómina de empresas del SII para los años 2020 y 2021.

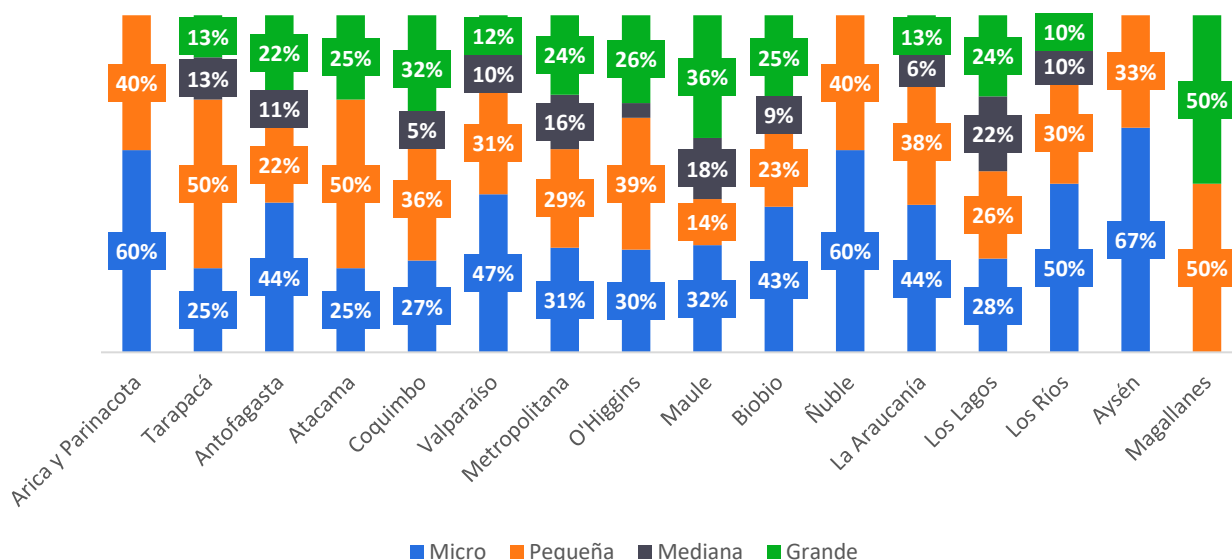
Fuente: elaboración propia en base Directorio de EBCT del Ministerio de Ciencias y Tecnología, Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2015-2019, Consolidado de instrumentos SCTCI adjudicados para el período 2015 – 2022 y Clasificación de Biología 1,2 y 3 de Fondecyt.

La figura 2 presenta la composición por tamaño de las empresas Biotech por región en el año 2021. Al correlacionar el número de empresas grandes en Biotech con el número de empresas grandes en la región observamos una correlación del 69% (excluyendo RM), reforzando buena parte de que el tamaño de las

empresas Biotech se relaciona fuerte pero no completamente con las características sociodemográficas y económicas generales de la región.

La figura 2 también nos permite ver que existe gran disparidad entre el número de empresas Biotech grandes por región. De las 154 empresas Biotech grandes, 89 (equivalente a 58%) se encuentran en la Región Metropolitana y, de hecho, las únicas otras regiones que tienen más de 10 empresas Biotech grandes son Los Lagos con 14 y Biobío con 12. Luego se agrupan en torno a 8 y 7 los valores y luego caen a estar entre 2 y 0. Así, podemos teorizar que estas 3 regiones cumplen tienen ciertas características y/o capacidades habilitantes que permiten el desarrollo de empresas Biotech.

Figura 2. Distribución regional de tamaño de empresas oferentes y/o generadoras de Biotech

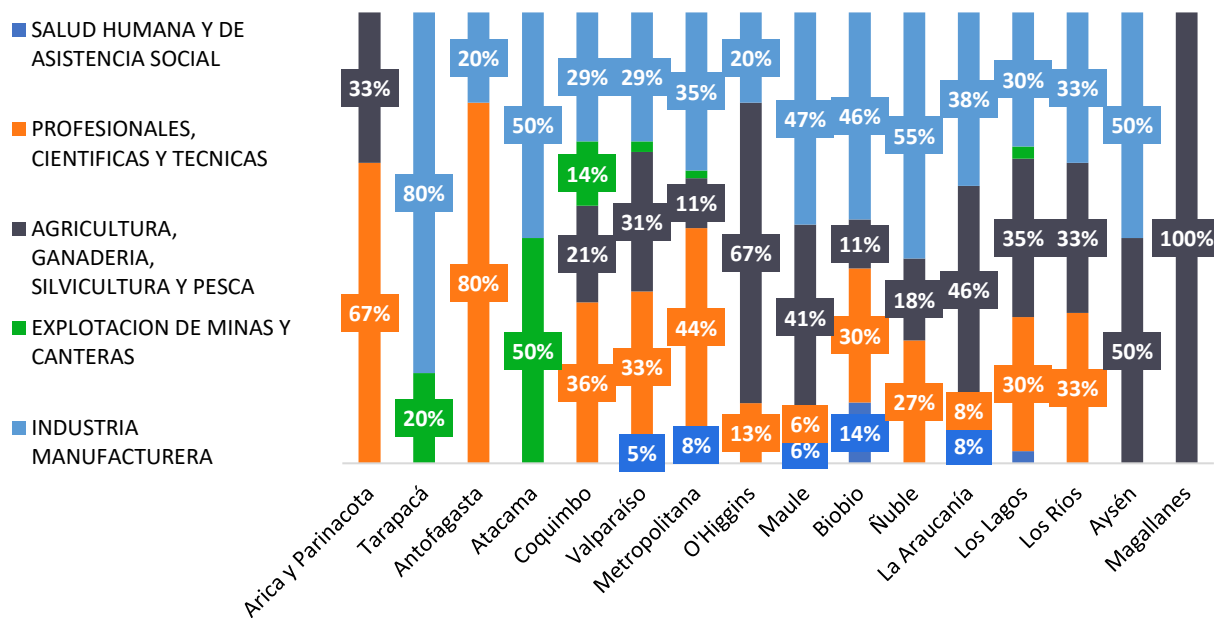


Nota: Directorio EBCT incluye 98 de las 122 empresas del directorio oficial (80,3%), que corresponden a las que se les pudo encontrar en la nómina de empresas del SII para los años 2020 y 2021.

Fuente: elaboración propia en base Directorio de EBCT del Ministerio de Ciencias y Tecnología, Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2020-2021, Consolidado de instrumentos SCTCI adjudicados para el período 2017 – 2022 y Clasificación de Biología 1,2 y 3 de Fondecyt.

Un último punto a analizar en esta sección consiste en los mercados en que participan las empresas oferentes y/o generadoras de Biotech, lo que se encuentra en la figura 3. Vemos que en general existe alta concentración en la participación de estas a nivel de rubro. De hecho, se observa que en la mayoría de las regiones se concentra sobre el 80% en solo una o dos industrias. Eso implicaría que existe cierto grado de especialización productiva por el lado de la oferta, lo que se observa en cómo evolucionan la participación de las diversas industrias a medida que nos movemos de norte a sur.

Figura 3. Distribución regional de rubros económicos del SII de empresas oferentes y/o generadoras de Biotech



Nota: Directorio EBCT incluye 98 de las 122 empresas del directorio oficial (80,3%), que corresponden a las que se les pudo encontrar en la nómina de empresas del SII para los años 2020 y 2021.

Fuente: elaboración propia en base Directorio de EBCT del Ministerio de Ciencias y Tecnología, Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2020-2021, Consolidado de instrumentos SCTCI adjudicados para el período 2017 – 2022 y Clasificación de Biología 1,2 y 3 de Fondecyt.

Considerando que los indicadores económicos relacionados a las empresas que ofrecen o generan soluciones y productos Biotech estudiados más relacionados a la madurez del ecosistema regional de Biotecnología son; stock de empresas Biotech, su evolución en el tiempo y la capacidad de albergar empresas de mayor tamaño.

Se asignó una categoría entre muy bajo y alto a cada región dentro de los indicadores de forma cualitativa, considerando los pormenores metodológicos de la creación de cada uno. Posteriormente, se asignó a estas categorías puntajes entre 0 y 3 y se ponderó con 40% las categorías de stock actual y capacidad de albergar empresas grandes y 20% a la categoría ruidosa de crecimiento en el periodo. No obstante, los principales resultados son robustos a ponderaciones igualitarias de los indicadores.

Adicionalmente, se penalizó levemente a las regiones cuyo principal rubro de empresas de Biotech corresponde a Actividades Profesionales, Científicas y Técnicas debido a que es un rubro más ruidoso que el resto en su composición por subrubros y actividades económicas. En base a lo anterior, los resultados de la madurez de los ecosistemas de Biotech de las regiones, considerando solamente las empresas de Biotech se encuentran en la tabla 16.

Tabla 16. Resumen resultados indicadores de madurez de empresas oferentes y/o generadoras de Biotech por región

| Región | Stock actual de empresas Biotech | Evolución del stock de empresas Biotech periodo 2015-2021 | Capacidad de albergar empresas Biotech grandes | Ranking |
|--------------------|----------------------------------|---|--|----------|
| Arica y Parinacota | Muy Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 13 |
| Tarapacá | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 12 |
| Antofagasta | Bajo | Bajo | Muy bajo | 10 |
| Atacama | Muy Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 13 |
| Coquimbo | Medio | Medio | Medio | 6 |
| Valparaíso | Alto | Medio | Medio | 4 |
| Metropolitana | Alto | Medio | Alto | 1 |
| O'Higgins | Medio | Medio | Medio | 5 |
| Maule | Medio | Medio | Medio | 6 |
| Biobío | Alto | Medio | Alto | 1 |
| Ñuble | Medio | Alto | Muy bajo | 8 |
| La Araucanía | Medio | Alto | Muy bajo | 8 |
| Los Lagos | Alto | Medio | Alto | 1 |
| Los Ríos | Bajo | Bajo | Muy bajo | 10 |
| Aysén | Muy Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 13 |
| Magallanes | Muy Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 13 |

Fuente: elaboración propia en base a indicadores señalados en esta sección.

1.2. Madurez de las industrias demandantes de Biotecnología

El factor más determinante en la capacidad de las regiones de albergar un clúster sostenible de biotecnología en el tiempo consiste en la capacidad que tenga la región de mantener una demanda activa por servicios y soluciones de biotech. Analizar entonces la capacidad que tiene la región para absorber y demandar estas soluciones es fundamental.

Para asegurar la sostenibilidad del clúster en un corto y mediano plazo los actores privados más relevantes son aquellas empresas de mayor tamaño que pueden demandar ver biotecnología. Esto supone entonces generar dos distinciones dentro del universo productivo industrial formal de cada región: definir empresas de mayor tamaño y cuáles son los rubros y/o subrubros que tienen mayor probabilidad de demandar biotech.

La primera distinción la realizamos mediante la selección de grandes empresas y megaempresas. Las primeras son aquellas empresas que tienen ventas anuales sobre UF 100.000 y las segundas sobre UF 1.000.000. Esta diferencia se realiza debido a que un número sustantivo de grandes empresas no tiene la capacidad de generar suficiente demanda para sostener el clúster; una empresa que vende al año USD 4,4 millones no es capaz de mantener diversas firmas proveedoras de biotech operando. Entonces, el número de empresas grandes es relevante, pero lo es más el número de megaempresas en cada región.

La segunda distinción que debemos realizar es identificar de forma sistemática cuáles son las empresas que demandan biotech. Para esto definimos 5 rubros estratégicos según la nomenclatura del SII en que habría demanda por Biotech: atención de la salud humana y de asistencia social, actividades profesionales,

científicas y tecnológicas, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Explotación de Minas y Canteras e Industria Manufacturera.

Los rubros relacionados a materia viva son claros demandantes de Biotech, mientras que la minería utiliza biotech en procesos secundarios. Asimismo, la relación con el rubro de la salud humana grafica a un claro demandante por biotecnología. Es importante también considerar que las actividades científicas son intensivas en I+D, por ende, perfectamente pueden demandar productos y servicios biotecnológicos. Por último, es clave mencionar que la industria manufacturera se encuentra compuesta por una gran cantidad de actividades productivas diferentes, dentro de las cuáles existen uso de biotech en eliminación de residuos o la fabricación de productos químicos, por dar unos ejemplos.

Ahora bien, no todos los participantes de los rubros tienen la misma probabilidad de demandar biotecnología, por ejemplo, dentro del rubro de actividades profesionales, científicas y tecnológicas se encuentran las agencias de publicidad. Para tener una caracterización más precisa se analizó el listado de más de 100 subrubros que componen estos 5 rubros y se seleccionaron 62 rubros con alta probabilidad de demandar biotecnología. Denominamos a estos subrubros según el SII como subrubros relacionados Biotech (para listado completo de sub-rubros relacionados a Biotech dirigirse a anexos).

La tabla 17 muestra la distribución regional de empresas grandes y mega empresas en subrubros relacionados a biotech. Primero, vemos que en Chile cerca de 1 de cada 5 empresas grandes es una mega empresa. No obstante, el ratio de conversión de empresas grandes en megaempresas por región varía sustantivamente, por ejemplo, en Aysén no hay ninguna megaempresa relacionada a Biotech, mientras que en Tarapacá, Antofagasta, Región Metropolitana y Los Lagos se está en línea o por sobre el 19% a nivel nacional.

Esta última variable (conversión de empresas grandes a megaempresas) es interesante y hay indicios de que se relaciona especialmente con la especificidad productiva de las regiones, ya que, tiene correlaciones positivas con el número de empresas grandes totales y la población regional, pero oscilan entorno al 37%, es decir, no es una asociación particularmente potente. En cambio, las regiones con alta prevalencia minera tienen un mayor porcentaje de megaempresas, debido a la escala necesaria de operación.

En términos de las magnitudes observadas en la tabla 17, notamos que las regiones que tienen más empresas grandes relacionadas a Biotech suelen tener más mega empresas relacionadas a Biotech, teniendo una correlación de 92% excluyendo la RM y 99% con esta. Vemos que en términos de stock y de demanda potencial en el corto plazo las regiones mejor posicionadas, en orden, son; Metropolitana, Los Lagos, Biobío, O'Higgins y Valparaíso.

Tabla 17. Distribución de empresas grandes y mega empresas en subrubros relacionadas a Biotech

| Región | Empresas Grandes | Megaempresas | Megaempresas (% empresas grandes) |
|--------------------|------------------|--------------|-----------------------------------|
| Arica y Parinacota | 7 | 1 | 14% |
| Tarapacá | 23 | 5 | 22% |
| Antofagasta | 53 | 11 | 21% |
| Atacama | 33 | 6 | 18% |
| Coquimbo | 67 | 8 | 12% |
| Valparaíso | 173 | 21 | 12% |
| Metropolitana | 1.545 | 351 | 23% |
| O'Higgins | 167 | 22 | 13% |
| Maule | 169 | 15 | 9% |
| Biobío | 179 | 29 | 16% |
| Ñuble | 55 | 5 | 9% |
| La Araucanía | 85 | 10 | 12% |
| Los Lagos | 195 | 37 | 19% |
| Los Ríos | 49 | 4 | 8% |
| Aysén | 2 | 0 | 0% |
| Magallanes | 39 | 6 | 15% |
| Total | 2.841 | 531 | 19% |

Nota: en base a especificaciones del mandante se consideran los siguientes rubros del Servicio de Impuestos internos: Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social, actividades profesionales, científicas y tecnológicas, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Explotación de Minas y Canteras e Industria Manufacturera. Los subrubros específicos seleccionados se encuentran en anexos.

Fuente: elaboración propia en base Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2017-2021.

Otro elemento relevante tiene que ver con la escala de las industrias relacionadas a Biotech, es decir, cuánto venden anualmente. En la tabla 18 vemos que la Región Metropolitana es con gran diferencia donde se producen más ventas de industrias relacionadas a Biotech con un 69% del total. Las únicas otras dos regiones en que siquiera se alcanza el 5% son Los Lagos con un 8% y Biobío con un 5%, siendo estas dos las regiones fuera de la capital que más venden.

Tabla 18. Distribución de empresas grandes y mega empresas en subrubros relacionadas a Biotech

| Región | Ventas UF | Porcentaje |
|--------------------|----------------------|-------------|
| Arica y Parinacota | 8.579.862 | 0% |
| Tarapacá | 87.285.577 | 1% |
| Antofagasta | 200.905.621 | 3% |
| Atacama | 43.810.733 | 1% |
| Coquimbo | 147.781.673 | 2% |
| Valparaíso | 146.339.627 | 2% |
| Metropolitana | 5.291.203.462 | 69% |
| O'Higgins | 284.439.822 | 4% |
| Maule | 192.159.906 | 3% |
| Biobío | 395.675.488 | 5% |
| Ñuble | 46.508.553 | 1% |
| La Araucanía | 86.599.878 | 1% |
| Los Lagos | 648.441.354 | 8% |
| Los Ríos | 54.590.810 | 1% |
| Aysén | 3.565.469 | 0% |
| Magallanes | 45.670.911 | 1% |
| Total | 7.683.558.746 | 100% |

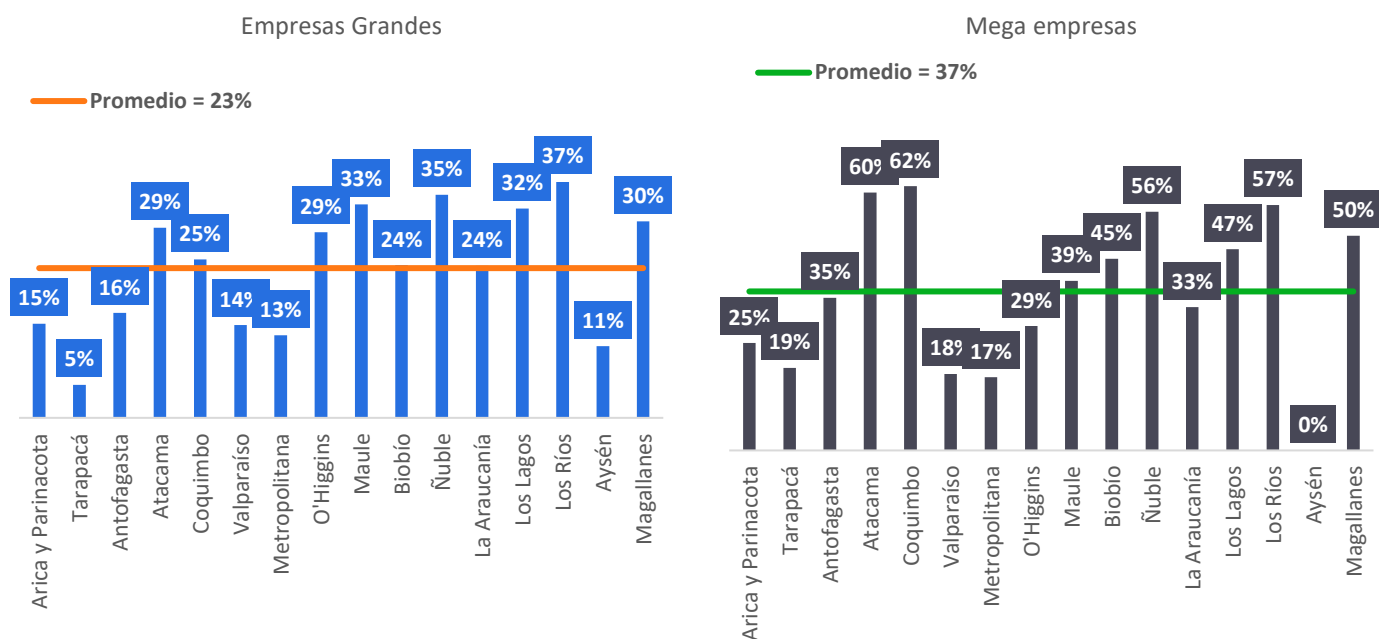
Nota: en base a especificaciones del mandante se consideran los siguientes rubros del Servicio de Impuestos internos: Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social, actividades profesionales, científicas y tecnológicas, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Explotación de Minas y Canteras e Industria Manufacturera. Los subrubros específicos seleccionados se encuentran en anexos.

Fuente: elaboración propia en base Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2017-2021.

Para analizar la sostenibilidad del clúster no sólo es relevante el número de empresas grandes y de megaempresas de la región y las ventas que estas tienen, es necesario que exista el interés para que participen del clúster. Usaremos algunas proxys para dilucidar la relevancia que puede tener el clúster en una región y así volver más atractiva la participación en este. Una de estas proxys es la relevancia que tengan las empresas relacionadas a Biotech en la propia región.

Los primeros indicadores en esa línea se observan en la figura 4, en donde se presenta el porcentaje de las empresas grandes y megaempresas de cada región son potenciales demandantes de Biotech. Vemos que en 8 regiones (Atacama, Coquimbo, Maule, Biobío, Los Lagos, Los Ríos y Magallanes) existe una relevancia superior al promedio de las empresas grandes y mega empresas relacionadas a Biotech en términos de número, lo que podría ser un buen indicio de relevancia. De estas solamente Biobío, Maule y Los Lagos tienen más de 10 mega empresas.

Figura 4. Porcentaje de empresas grandes y mega empresas en subrubros Biotech



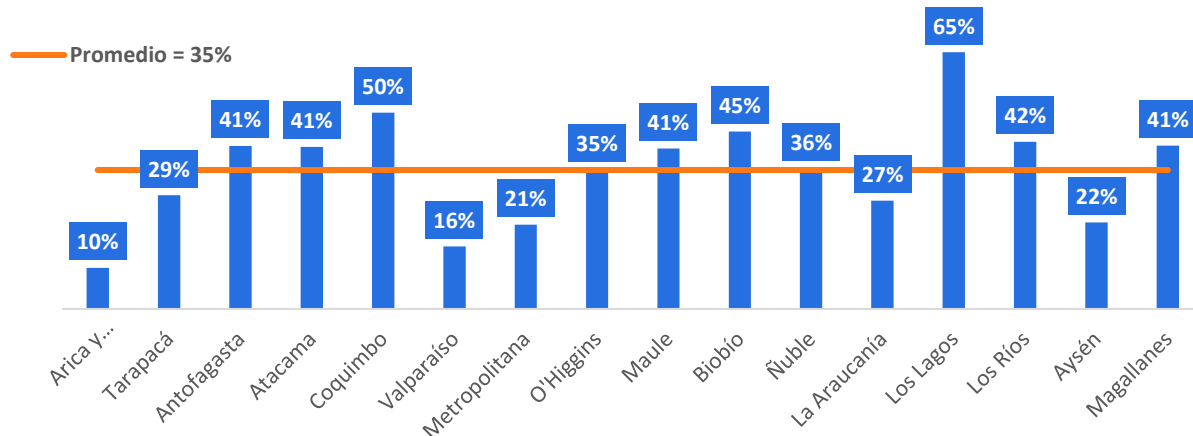
Nota: en base a especificaciones del mandante se consideran los siguientes rubros del Servicio de Impuestos internos: Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social, actividades profesionales, científicas y tecnológicas, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Explotación de Minas y Canteras e Industria Manufacturera.

Fuente: elaboración propia en base Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2017-2021.

La otra proxy sobre relevancia a nivel regional consiste en el porcentaje de las ventas asociadas a empresas en subrubros Biotech. Nótese que por disponibilidad de datos (secreto tributario) no existe información sobre la venta de empresas por subrubro y tamaño, pero como se señaló en los antecedentes, las empresas de mayor tamaño tienden a explicar porcentajes importantes de las ventas de las regiones.

La figura 5 muestra la relevancia regional en términos de ventas de las empresas en subrubros relacionados a Biotech, es decir, que tan gran motor de su región son. Vemos que en promedio los rubros representan el 35% de las ventas anuales, pero se observa alta heterogeneidad. Vemos tendencias muy similares a las anteriores con las regiones de Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Maule, Biobío, Los Lagos, Los Ríos y Magallanes. Notoriamente, solamente en Los Lagos y Coquimbo las actividades superan el 50% de las ventas anuales. Este indicador tiene una alta correlación con los indicadores anteriores, la que alcanza el 76%.

Figura 5. Porcentaje de las ventas anuales en la región que pertenecen a subrubros Biotech en 2021

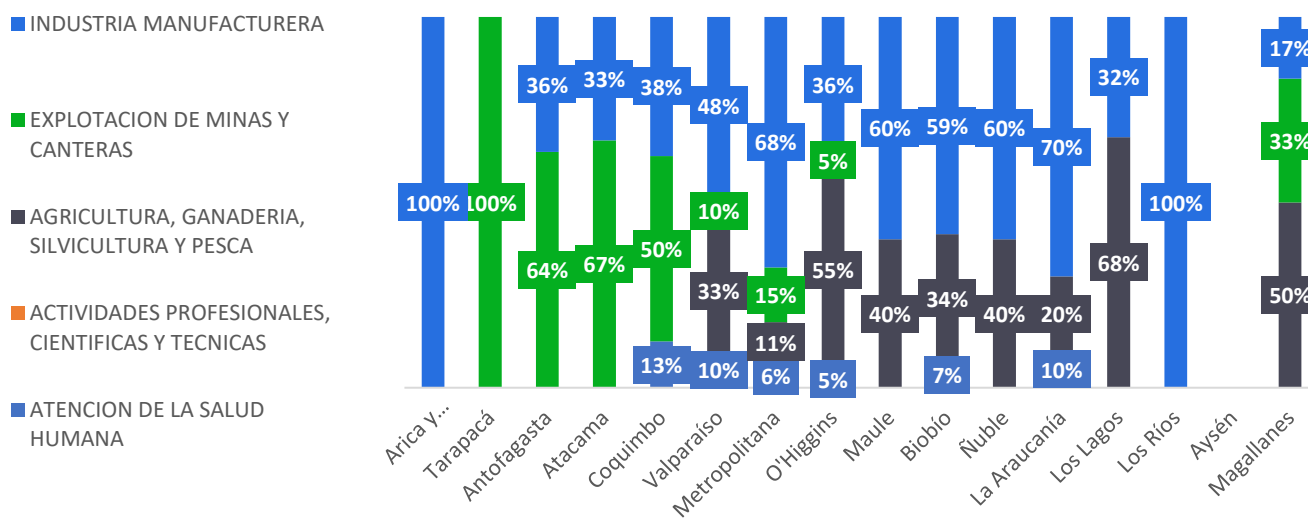


Nota: en base a especificaciones del mandante se consideran los siguientes rubros del Servicio de Impuestos internos: Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social, actividades profesionales, científicas y tecnológicas, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Explotación de Minas y Canteras e Industria Manufacturera.

Fuente: elaboración propia en base Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2017-2021.

Luego de revisar los indicadores industriales relevantes para el análisis, es interesante y útil analizar las composiciones de los sectores de las regiones en torno a las industrias que demanden Biotech, lo que se encuentra en la figura 6. Centrando el análisis en las megaempresas vemos que en su mayoría pertenecen a 3 rubros: Manufacturas, Minería y Agricultura, Ganadería y Silvicultura y Pesca. El resto de los rubros tienen muy baja participación.

Figura 6. Composición sectorial de empresas grandes en industrias relacionadas



Nota: en base a especificaciones del mandante se consideran los siguientes rubros del Servicio de Impuestos internos: Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social, actividades profesionales, científicas y tecnológicas, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Explotación de Minas y Canteras e Industria Manufacturera.

Fuente: elaboración propia en base Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2017-2021.

La tabla 19 muestra los 3 subrubros económicos en que hay más megaempresas para cada región, considerando todos los rubros que tienen más de una megaempresa con la excepción de que si en una región solo hay subrubros con una empresa si se muestran. Vemos que en el norte priman diversas actividades relacionadas a la minería y se va dando paso a la agricultura y la ganadería hasta llegar a la acuicultura en Los Lagos.

Tabla 19. Subrubros relacionados a Biotech con mayor número de mega empresas por región

| Región | Subrubro | Megaempresas |
|--------------------|--|--------------|
| Arica y Parinacota | FABRICACION DE PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS N.C.P. | 1 |
| Tarapacá | EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS N.C.P. | 5 |
| Antofagasta | EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS N.C.P. | 1 |
| | EXTRACCION DE MINERALES METALIFEROS NO FERROSOS, EXCEPTO COBRE | 2 |
| | EXTRACCION Y PROCESAMIENTO DE COBRE | 4 |
| | FABRICACION DE PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS N.C.P. | 1 |
| | FABRICACION DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y OTROS METALES NO FERROSOS | 1 |
| | FABRICACION SUSTANCIAS QUIMICAS BASICAS, ABONOS Y COMPUESTOS DE NITROGENO, PLASTICOS Y CAUCHO SINT. | 1 |
| Atacama | INDUSTRIAS BASICAS DE HIERRO Y ACERO | 1 |
| | ELABORACION Y CONSERVACION DE PESCADO, CRUSTACEOS Y MOLUSCOS | 1 |
| | EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS N.C.P. | 1 |
| | EXTRACCION DE MINERALES METALIFEROS NO FERROSOS, EXCEPTO COBRE | 2 |
| | EXTRACCION Y PROCESAMIENTO DE COBRE | 1 |
| Coquimbo | FABRICACION DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y OTROS METALES NO FERROSOS | 1 |
| | ACTIVIDADES DE HOSPITALES PUBLICOS Y PRIVADOS | 1 |
| | ELABORACION DE BEBIDAS ALCOHOLICAS Y NO ALCOHOLICAS | 2 |
| | EXTRACCION DE MINERALES DE HIERRO | 1 |
| | EXTRACCION DE MINERALES METALIFEROS NO FERROSOS, EXCEPTO COBRE | 2 |
| | EXTRACCION Y PROCESAMIENTO DE COBRE | 1 |
| Valparaíso | FABRICACION DE MUEBLES | 1 |
| | ACTIVIDADES DE HOSPITALES PUBLICOS Y PRIVADOS | 2 |
| | CULTIVO DE PLANTAS PERENNES | 2 |
| | ELABORACION DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS | 2 |
| | EXTRACCION Y PROCESAMIENTO DE COBRE | 2 |
| | FABRICACION DE PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS N.C.P. | 2 |
| | GANADERIA | 2 |
| Metropolitana | PESCA | 2 |
| | ELABORACION DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS | 34 |
| | FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS QUIMICOS | 25 |
| | FABRICACION DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS, SUSTANCIAS QUIMICAS MEDICINALES Y PRODUCTOS BOTANICOS | 24 |
| O'Higgins | CULTIVO DE PLANTAS PERENNES | 4 |
| | ELABORACION DE BEBIDAS ALCOHOLICAS Y NO ALCOHOLICAS | 2 |
| | ELABORACION Y CONSERVACION DE CARNE | 2 |
| | EXTRACCION DE MADERA | 4 |
| | FABRICACION DE PAPEL Y DE PRODUCTOS DE PAPEL | 2 |
| | GANADERIA | 2 |
| Maule | ACTIVIDADES DE APOYO A LA AGRICULTURA Y LA GANADERIA Y ACTIVIDADES POSCOSECHA | 2 |
| | ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERA | 4 |
| | ELABORACION Y CONSERVACION DE CARNE | 2 |
| Biobío | ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERA | 5 |
| | FABRICACION SUSTANCIAS QUIMICAS BASICAS, ABONOS Y COMPUESTOS DE NITROGENO, PLASTICOS Y CAUCHO SINT. | 3 |
| | PESCA | 4 |
| Ñuble | ACTIVIDADES DE APOYO A LA AGRICULTURA Y LA GANADERIA Y ACTIVIDADES POSCOSECHA | 1 |
| | ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERA | 1 |
| | CULTIVO DE PLANTAS PERENNES | 1 |
| | ELABORACION DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS | 1 |
| | ELABORACION Y CONSERVACION DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS | 1 |
| La Araucanía | ACTIVIDADES DE APOYO A LA AGRICULTURA Y LA GANADERIA Y ACTIVIDADES POSCOSECHA | 1 |
| | ACTIVIDADES DE HOSPITALES PUBLICOS Y PRIVADOS | 1 |

| | | |
|------------|--|----|
| | ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERA | 1 |
| | ELABORACION DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL | 2 |
| | ELABORACION DE PRODUCTOS DE MOLINERIA, ALMIDONES Y PRODUCTOS DERIVADOS DEL ALMIDON | 1 |
| | ELABORACION Y CONSERVACION DE CARNE | 1 |
| | EXTRACCION DE MADERA | 1 |
| | FABRICACION DE MUEBLES | 1 |
| | FABRICACION DE PRODUCTOS DE MADERA, CORCHO, PAJA Y MATERIALES TRENZABLES | 1 |
| Los Lagos | ACUICULTURA | 20 |
| | ELABORACION DE PIENSOS PREPARADOS PARA ANIMALES | 4 |
| | ELABORACION Y CONSERVACION DE CARNE | 3 |
| | ELABORACION Y CONSERVACION DE PESCADO, CRUSTACEOS Y MOLUSCOS | 3 |
| | GANADERIA | 3 |
| Los Ríos | ELABORACION DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS | 1 |
| | ELABORACION DE PRODUCTOS DE MOLINERIA, ALMIDONES Y PRODUCTOS DERIVADOS DEL ALMIDON | 1 |
| | ELABORACION DE PRODUCTOS LACTEOS | 1 |
| | ELABORACION Y CONSERVACION DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS | 1 |
| Magallanes | ACUICULTURA | 3 |
| | ELABORACION Y CONSERVACION DE PESCADO, CRUSTACEOS Y MOLUSCOS | 1 |
| | EXTRACCION DE PETROLEO CRUDO | 2 |

Nota: en base a especificaciones del mandante se consideran los siguientes rubros del Servicio de Impuestos internos: Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social, actividades profesionales, científicas y tecnológicas, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Explotación de Minas y Canteras e Industria Manufacturera.

Fuente: elaboración propia en base Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2017-2021.

Considerando que los indicadores económicos relacionados a la capacidad de absorber/demandar soluciones Biotech por parte de empresas de mayor tamaño más relacionados a la madurez del ecosistema regional de Biotecnología son; stock de grandes empresas y megaempresas que demandan Biotech y la relevancia de estas empresas en sus respectivas regiones.

Se asignó una categoría entre muy bajo y alto a cada región dentro de los indicadores de forma cualitativa, considerando los pormenores metodológicos de la creación de cada uno. Posteriormente, se asignó a estas categorías puntajes entre 0 y 3 y se ponderó los indicadores absolutos en 67% y los relativos o de importancia en 33%. Se decidió dar mayor relevancia a los valores absolutos debido a que las megaempresas y los montos manejados son más relevantes para el funcionamiento del clúster en el corto plazo, debido a que hablan de disponibilidad de fondos y número potencial de socios relevantes. En base a lo anterior, los resultados de la madurez de los ecosistemas de Biotech de las regiones, considerando solamente las empresas de Biotech son (tal como se presenta en la tabla 20):

Tabla 20. Resumen resultados indicadores de madurez de empresas que potencialmente demandan servicios Biotech por región

| Región | Demanda potencial por Biotech | | | Relevancia regional de la demanda por Biotech | | | Ranking |
|--------------------|-------------------------------|-------------|-------------|---|--------------|-------------|----------|
| | Grandes (N) | Mega (N) | Ventas (UF) | Grandes (%) | Mega (%) | Ventas (%) | |
| Arica y Parinacota | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | Bajo | Muy bajo | 15 |
| Tarapacá | Bajo | Bajo | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | 14 |
| Antofagasta | Medio | Medio | Alto | Bajo | Bajo | Medio | 6 |
| Atacama | Bajo | Bajo | Muy bajo | Medio | Alto | Medio | 12 |
| Coquimbo | Medio | Bajo | Medio | Medio | Alto | Alto | 6 |
| Valparaíso | Alto | Alto | Medio | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 8 |
| Metropolitana | Alto | Alto | Alto | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 5 |
| O'Higgins | Alto | Alto | Alto | Medio | Bajo | Bajo | 3 |
| Maule | Alto | Medio | Medio | Alto | Medio | Medio | 4 |
| Biobío | Alto | Alto | Alto | Medio | Medio | Alto | 2 |
| Ñuble | Medio | Bajo | Muy bajo | Alto | Alto | Medio | 9 |
| La Araucanía | Medio | Medio | Bajo | Medio | Bajo | Bajo | 10 |
| Los Lagos | Alto | Alto | Alto | Alto | Medio | Alto | 1 |
| Los Ríos | Bajo | Muy bajo | Bajo | Alto | Alto | Medio | 11 |
| Aysén | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | Muy bajo | Bajo | 15 |
| Magallanes | Bajo | Bajo | Muy bajo | Alto | Medio | Medio | 13 |

Fuente: elaboración propia en base a indicadores señalados en esta sección.

1.3. Conclusiones del análisis industrial

El análisis cuantitativo evidencia diferencias sustanciales en la madurez industrial de los ecosistemas de Biotech regionales. Primero, vemos que existen regiones en que el sector de biotecnología se encuentra poco desarrollado y con crecimientos lentos en el periodo de estudio, como es el caso de la Región de Arica y Parinacota, en donde solamente hay 6 empresas de biotecnología y el número no ha aumentado desde el 2016.

En ese sentido, al analizar la madurez industrial del sector biotech en las regiones consideramos las siguientes dimensiones como relevantes; número de empresas proveedoras de biotecnología y su evolución y la capacidad que estas empresas escalen en sus ventas a través de la proxy del número de empresas grandes que proveen o generan biotech.

Entendiendo que el concepto de clúster no sólo implica la instalación de empresas biotecnológicas, sino que, otras industrias que hagan uso o provean a esta industria y que puedan generar ciclos virtuosos de desarrollo industrial es que se analizó la madurez de empresas en rubros seleccionados por su cercanía al uso de biotecnología.

Al analizar la importancia de estas industrias en las matrices productivas locales observamos que las regiones tradicionalmente más desarrolladas y que albergan grandes polos urbanos suelen tener menos presencia que aquellas más ligadas a actividades tradicionales. Por ende, regiones como la Metropolitana

y Valparaíso pierden cierto atractivo para la instalación en relación al análisis puramente basado en el desarrollo. No obstante, continúan teniendo buenos indicadores en general.

El foco del análisis en torno a las industrias productivas que pueden demandar biotech se centró en el número de empresas grandes y de megaempresas y las ventas anuales de estas que participan en subrubros productivos cercanos a Biotech. Entendiendo que la tracción que puede generar el clúster también pasa por la relevancia que tienen las industrias dentro de la región, se consideraron en menor medida las mismas variables en términos relativos.

Entendiendo que ambas dimensiones son relevantes, se genera un ranking global como el promedio del ranking promedio en ambos sets de indicadores, esto se encuentran en la tabla 21. Es importante notar que todas las variables presentan grados no menores de correlación (lo que se ha ido mencionando a lo largo del estudio), por ende, utilizar ponderaciones diferenciadas para los indicadores industriales o los de empresas biotech no tiene mayor impacto sobre las conclusiones más relevantes.

Tabla 21. Resumen resultados indicadores económicos de madurez ecosistema Biotech

| Región | Ranking Oferta Biotech | Ranking Demanda Biotech | Ranking Indicadores Económicos |
|--------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Arica y Parinacota | 15 | 13 | 15 |
| Tarapacá | 14 | 12 | 13 |
| Antofagasta | 6 | 10 | 8 |
| Atacama | 12 | 13 | 12 |
| Coquimbo | 6 | 6 | 6 |
| Valparaíso | 8 | 4 | 6 |
| Metropolitana | 5 | 1 | 3 |
| O'Higgins | 3 | 5 | 4 |
| Maule | 4 | 6 | 5 |
| Biobío | 2 | 1 | 2 |
| Ñuble | 9 | 8 | 9 |
| La Araucanía | 10 | 8 | 10 |
| Los Lagos | 1 | 1 | 1 |
| Los Ríos | 11 | 10 | 11 |
| Aysén | 15 | 13 | 15 |
| Magallanes | 13 | 13 | 13 |

Fuente: elaboración propia en base a indicadores señalados en esta sección.

A lo largo de esta sección se ha presentado un análisis de la madurez de las empresas que participan en el ecosistema Biotech, tanto por el lado de la oferta como demanda, en diferentes regiones de Chile. Así, se ha observado que la región Metropolitana concentra entre el 54% y el 57% de las empresas que producen Biotech, seguida de las regiones de Los Lagos, Valparaíso y Biobío. En cuanto al crecimiento de la oferta en los últimos años, se identifica un amplio crecimiento a nivel nacional, pero hay gran inestabilidad y varianza en las cifras de crecimiento anual del número de empresas Biotech por región. Además, se encontró que existe cierta resistencia o inercia de los ecosistemas que debe superarse para madurar.

En cuanto a la relación entre el tamaño de las empresas Biotech y las características sociodemográficas y económicas generales de la región, se encontró una correlación importante. Cuando se integran los hallazgos con la información de experiencia presentadas en la literatura indexada se encuentra coherencia con los ciclos de desarrollo enfrentado en otras realidades, dando cuenta que nuestro país enfrenta un ciclo de desarrollo natural desde la generación de la ENBIO 2030, donde el desarrollo de la biotecnología

(como sector) se ve influenciado significativamente con la presencia de ciertos factores socioeconómicos en la región que son determinantes para evaluar las condiciones habilitantes (Etzkowitz et al., 2000). Además, la literatura ha encontrado que otros factores que afectan el crecimiento de las empresas biotecnológicas incluyen la presencia de capital de riesgo, la colaboración entre empresas y la academia, la disponibilidad de recursos humanos capacitados y una infraestructura de investigación sólida (Djokovic & Souitaris, 2008).

2. Madurez del ecosistema Biotech en relación a la Investigación y Desarrollo (I+D)

De acuerdo a las hipótesis planteadas, la capacidad de investigar y desarrollar nuevas tecnologías es fundamental para que un clúster sobreviva en el tiempo y sea un aporte al desarrollo industrial de un país, exacerbándose esta necesidad cuando el clúster se basa en un sector de base científico tecnológica como los la biotech. Asimismo, una buena medida para saber el interés y la disposición a participar de estas actividades y eventualmente en el clúster por parte de los participantes de la cuádruple hélice son los esfuerzos realizados en I+D y proyectos CTCL de estos actores.

Los análisis realizados en esta sección se realizan en dos niveles: primero, se centran en datos a nivel regional que sobre gasto general en I+D, que no permite distinguir por biotecnología y también incluye la ejecución de proyectos de I+D por parte de todos los actores de la cuádruple hélice. Así, se espera caracterizar de forma completa la madurez del ecosistema de biotecnología en lo relacionado a la I+D.

A continuación, se analizan por separado la participación en el ecosistema de I+D+i+e de cada uno de los 4 participantes de la cuádruple hélice. Sin perjuicio de lo anterior, el foco principal del análisis son las empresas privadas, por lo motivos expuestos en el marco conceptual; para que el clúster sea sostenible en el tiempo y que su implementación tenga éxito en el menor plazo posible, es necesaria una participación activa de los privados y, sobre todo, de la gran industria demandante de Biotech.

2.1. Privados

Es fundamental recalcar el importante rol que tienen los privados en el ecosistema de I+D+i+e de las regiones, en todos los ámbitos tecnológicos, lo que incluye la biotecnología. En específico, el rol central de los privados pasa por el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, es decir, el concepto de Investigación aplicada. Si bien, diversos actores suelen participar en empujar la frontera del conocimiento en biotech, el principal foco de las empresas es la aplicación de estos conocimientos, lo que se relaciona directamente con la sostenibilidad del clúster, ya que, las empresas que generan estas soluciones, en muchos casos, deben venderlas a otras empresas.

Así, la disposición de las empresas de cada región de participar en actividades de I+D relacionadas a Biotech tiene un doble rol, primero, es una proxy adicional de la demanda por soluciones biotech de las empresas, lo que permite dilucidar ex – ante la disposición a participar en el clúster. Por otro lado, permite ver en que regiones se encuentran más desarrollados los ecosistemas de I+D+i+e de biotech, ya que, para realizar este tipo de actividades innovadoras se suele necesitar de diversas cultura organizacional, estructuras e infraestructuras y capacidades habilitantes, por lo tanto, permite analizar directamente la madurez del ecosistema de Biotech.

La tabla 22 contiene el gasto en I+D intramuro por región de las empresas que participan en rubros relacionados a Biotech. Es importante mencionar que estas cifras son cotas superiores de inversión en I+D

en Biotech, ya que, por representatividad estadística no se puede desagregar más los datos y, como se explica en secciones precedentes el análisis a nivel de rubro tiene categorías no relacionadas a Biotech. Vemos que destacan las regiones de Arica y Parinacota, Antofagasta, Atacama, Maule, Biobío y La Araucanía. También se ve que los rubros relacionados a Biotech concentran más de la mitad del gasto intramuro en I+D en 6 de las 16 regiones, notablemente en la macrozona Norte estando 3 de estas regiones.

Tabla 22. Porcentaje del total del Gasto en I+D intramuro privado por región y sector económico relacionado a Biotech

| Rubro | Atención a la salud humana y asistencia social | Actividades profesionales, científicas y técnicas | Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | Explotación de minas y canteras | Industria manufacturera | Total |
|--------------------|--|---|--|---------------------------------|-------------------------|-------|
| Arica y Parinacota | 0% | 0% | 32% | 28% | 2% | 63% |
| Tarapacá | 0% | 21% | 0% | 1% | 25% | 47% |
| Antofagasta | 0% | 5% | 0% | 39% | 39% | 82% |
| Atacama | 0% | 73% | 0% | 7% | 15% | 95% |
| Coquimbo | 6% | 35% | 2% | 0% | 1% | 44% |
| Valparaíso | 1% | 18% | 2% | 12% | 10% | 42% |
| Metropolitana | 2% | 9% | 3% | 7% | 19% | 40% |
| O'Higgins | 0% | 3% | 6% | 4% | 26% | 39% |
| Maule | 0% | 6% | 8% | 5% | 43% | 62% |
| Biobío | 1% | 27% | 16% | 0% | 10% | 56% |
| Ñuble | 0% | 1% | 9% | 4% | 30% | 45% |
| Araucanía | 0% | 49% | 10% | 0% | 3% | 62% |
| Los Ríos | 0% | 3% | 4% | 3% | 29% | 39% |
| Los Lagos | 1% | 7% | 24% | 0% | 17% | 48% |
| Aysén | 0% | 47% | 7% | 0% | 0% | 53% |
| Magallanes | 0% | 0% | 8% | 0% | 38% | 46% |

Fuente: elaboración propia en base a Encuestas de Gasto en I+D para los años 2019 y 2020.

Ahora bien, para generar I+D no solo es relevante disponer de recursos monetarios, también lo es tener personal capaz de realizar I+D. La tabla 23 muestra el número de trabajadores dedicados a I+D por región para los años 2019 y 2020, optándose mostrar un año debido al devastador efecto que tuvo la pandemia sobre el empleo. De estos datos se desprenden diversos insights, primero, el empleo de personal dedicado a Biotech aumentó en 10 de las 16 regiones a pesar de la pandemia.

Segundo, vemos que las regiones con mayor empleo dedicado a I+D son la Región Metropolitana, Biobío, Los Lagos y Valparaíso, que son las únicas que cuentan con más de 250 trabajadores mensuales empleados en I+D. Solamente en la región de Biobío se observa una caída de estos empleos en 2020. Así podemos ver el stock de trabajadores relacionados a labores de I+D.

Tabla 23. Promedio mensual por empresa de trabajadores dedicados a I+D por región 2019-2020

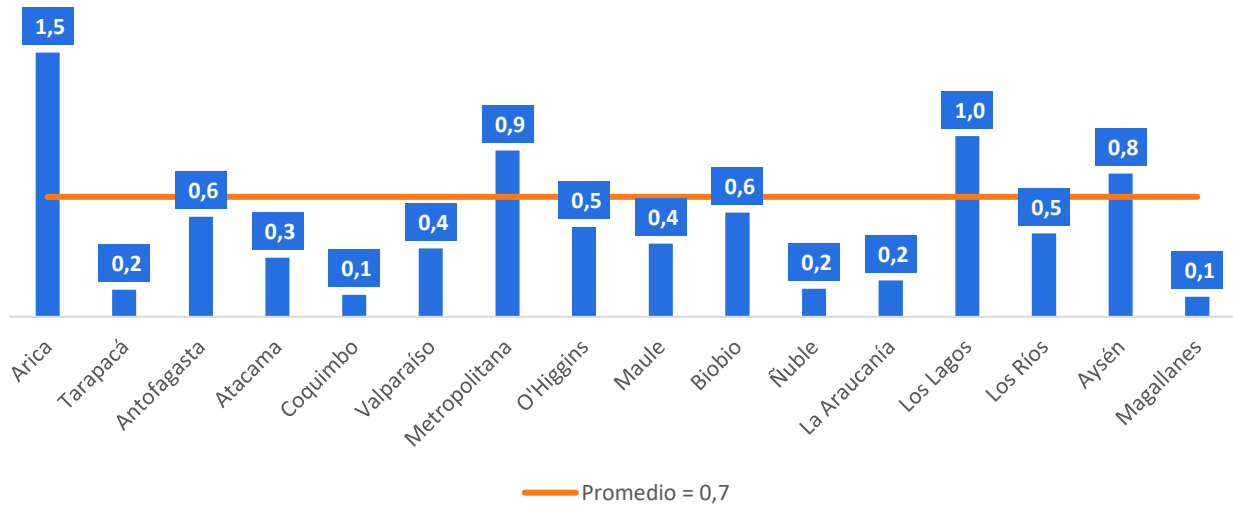
| Personal mensual dedicado a I+D | 2019 | 2020 |
|---------------------------------|--------------|--------------|
| Arica | 125 | 143 |
| Tarapacá | 30 | 23 |
| Antofagasta | 109 | 161 |
| Atacama | 14 | 42 |
| Coquimbo | 53 | 39 |
| Valparaíso | 229 | 290 |
| Metropolitana | 2.916 | 3.244 |
| O'Higgins | 169 | 199 |
| Maule | 150 | 186 |
| Biobío | 411 | 359 |
| Ñuble | 34 | 31 |
| La Araucanía | 60 | 72 |
| Los Lagos | 216 | 335 |
| Los Ríos | 56 | 74 |
| Aysén | 49 | 43 |
| Magallanes | 6 | 9 |

Fuente: elaboración propia en base a Encuestas de Gasto en I+D para los años 2019 y 2020.

Ahora bien, como se ha ido notando en el estudio, existe una gran correlación entre variables de stock y la demografía de las regiones, por ende, para realizar una mejor comparación y que muestre la relevancia de los trabajos en I+D acorde a la demografía regional, re-escalamos el número de trabajadores en I+D por el empleo total de la región.

El cálculo anterior se encuentra en la figura 7 y en este destacan las Regiones de Arica, Metropolitana, Los Lagos y Aysén. Este indicador entonces da cuenta de cuántos de los recursos humanos disponibles en la región se encuentran asignados a labores de I+D, lo que es una buena proxy de la relevancia de la I+D en el ecosistema de cada región.

Figura 7. Trabajadores en I+D intramuro por cada 1.000 trabajadores en la región 2019-2020



Fuente: elaboración propia en base a Encuestas de Gasto en I+D para los años 2019 y 2020.

Otra forma de analizar la madurez del ecosistema de I+D consiste en la ejecución de proyectos asociados a Biotecnología financiados por fondos públicos de ANID, Corfo y/o la Subsecretaría de CTCl. Adicionalmente, se ha mencionado el importante rol que juegan en el ecosistema las megaempresas, por ende, es relevante analizar sus indicadores de manera diferenciada.

La tabla 24 presenta el número de proyectos asociados a biotecnología con financiamiento público por región y separando cuáles fueron adjudicados a mega empresas y a empresas de otros tamaños. Primero, vemos que las mega empresas juegan un rol sustancial en ejecutar estos proyectos, ya que, se encuentran muy sobre representadas al ser menos del 1% de las empresas de Chile pero ejecutando el 13% de los proyectos asociados a Biotech.

Segundo, vemos que en términos de ejecución global de proyectos destacan las regiones Metropolitana, Valparaíso, Los Lagos y Biobío, siendo las únicas regiones con más de 50 proyectos adjudicados en todo el periodo, siendo también las regiones que tienen más proyectos ejecutados por megaempresas. Tercero, vemos que algunas regiones con mayor participación de megaempresas en términos relativos difieren de las anteriores, ya que, en las regiones de Atacama y O'Higgins tienen una mayor participación de megaempresas en su total de proyectos realizados.

Tabla 24. Proyectos de Biotecnología adjudicados por ANID, CORFO y Subsecretaría CTCl a privados segmentando por pertenencia al grupo de megaempresas, 2017 – 2022

| Región | Número | | | Porcentaje | |
|--------------------|--------------|----------------|------------|--------------|----------------|
| | Megaempresas | Otras empresas | Total | Megaempresas | Otras empresas |
| Arica y Parinacota | 0 | 7 | 7 | 0% | 100% |
| Tarapacá | 1 | 8 | 9 | 11% | 89% |
| Antofagasta | 3 | 18 | 21 | 14% | 86% |
| Atacama | 3 | 6 | 9 | 33% | 67% |
| Coquimbo | 2 | 28 | 30 | 7% | 93% |
| Valparaíso | 4 | 88 | 92 | 4% | 96% |
| Metropolitana | 55 | 315 | 370 | 15% | 85% |
| O'Higgins | 5 | 24 | 29 | 17% | 83% |
| Maule | 4 | 29 | 33 | 12% | 88% |
| Biobío | 12 | 52 | 64 | 19% | 81% |
| La Araucanía | 2 | 23 | 25 | 8% | 92% |
| Los Ríos | 1 | 12 | 13 | 8% | 92% |
| Los Lagos | 14 | 69 | 83 | 17% | 83% |
| Aysén | 1 | 10 | 11 | 9% | 91% |
| Magallanes | 0 | 3 | 3 | 0% | 100% |
| Ñuble | 0 | 12 | 12 | 0% | 100% |
| Total | 107 | 704 | 811 | 13% | 87% |

Nota: en base a especificaciones del mandante se consideran los siguientes rubros del Servicio de Impuestos internos: Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social, actividades profesionales, científicas y tecnológicas, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Explotación de Minas y Canteras e Industria Manufacturera.

Fuente: elaboración propia en base Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2017-2021.

Ahora bien, lo anterior da cuenta de todo tipo de actividades relacionadas a la biotecnología, así para acotar a proyectos de mayor envergadura es que si consideramos solamente los proyectos que pasan por Ley I+D. La tabla 25 muestra los resultados anteriores, en donde se sostienen mayormente las conclusiones anteriores; en términos absolutos las regiones con participación de privados en proyectos de I+D son la región Metropolitana, Valparaíso, Biobío y Los Lagos.

Tabla 25. Proyectos de Biotecnología que utilizan Ley I+D segmentando por pertenencia al grupo de megaempresas, 2017 – 2022

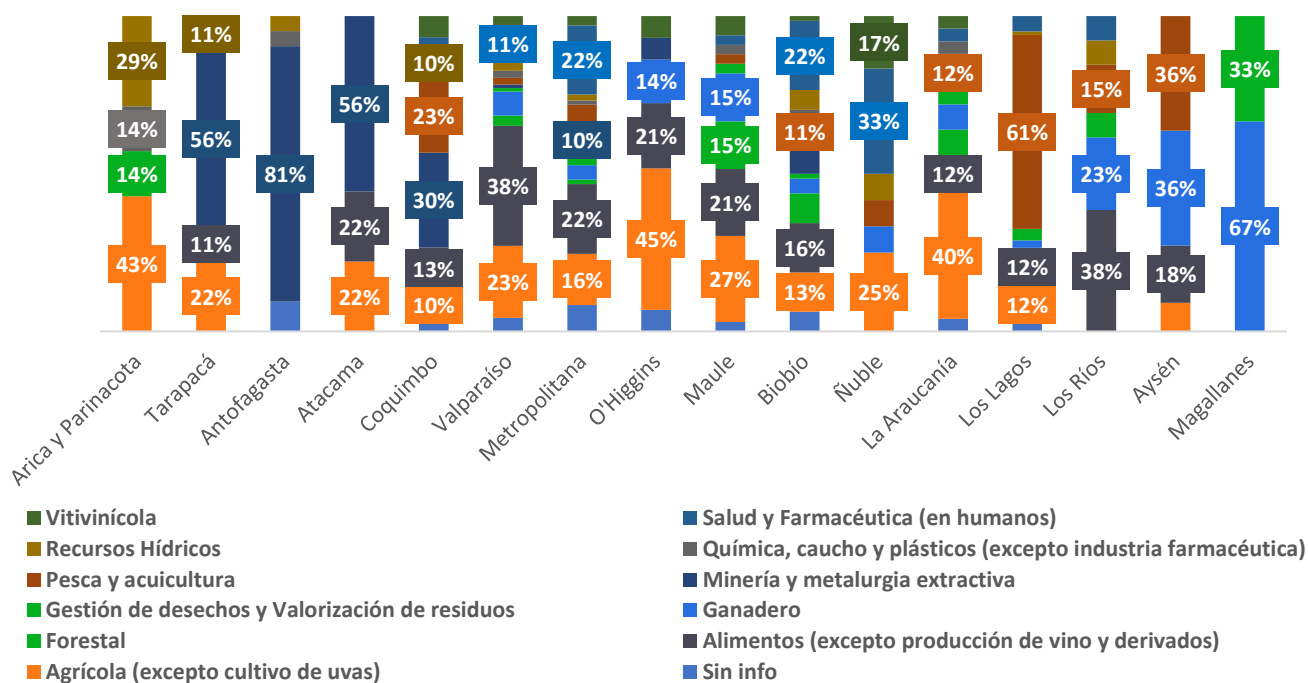
| Región | Otras empresas | Megaempresas | Total | Megaempresas (% nacional) |
|--------------------|----------------|--------------|-------|---------------------------|
| Arica y Parinacota | 0 | 0 | 0 | 0% |
| Tarapacá | 1 | 1 | 2 | 1% |
| Antofagasta | 0 | 3 | 3 | 4% |
| Atacama | 0 | 0 | 0 | 0% |
| Coquimbo | 0 | 0 | 0 | 0% |
| Valparaíso | 12 | 2 | 14 | 3% |
| Metropolitana | 40 | 41 | 81 | 59% |
| O'Higgins | 4 | 2 | 6 | 3% |
| Maule | 6 | 3 | 9 | 4% |
| Biobío | 2 | 8 | 10 | 12% |
| Ñuble | 0 | 0 | 0 | 0% |
| La Araucanía | 0 | 1 | 1 | 1% |
| Los Lagos | 8 | 8 | 16 | 12% |
| Los Ríos | 2 | 0 | 2 | 0% |
| Aysén | 0 | 0 | 0 | 0% |
| Magallanes | 0 | 0 | 0 | 0% |
| Total | 75 | 69 | 144 | - |

Nota: en base a especificaciones del mandante se consideran los siguientes rubros del Servicio de Impuestos internos: Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social, actividades profesionales, científicas y tecnológicas, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Explotación de Minas y Canteras e Industria Manufacturera.

Fuente: elaboración propia en base Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2017-2021.

El uso de los instrumentos tiene categorías de sectores económicos muy específicos, ya que, se relacionan de forma muy directa con la tecnología empleada. Esto permite precisar acerca de cuáles son los sectores económicos que ejecutan proyectos de I+D. De esta manera, en la figura 8 se muestra la gran dispersión que existe dentro del país de actividades económicas y su preponderancia en términos de I+D y la especialización productiva. Se observa como en el norte la minería concentra gran parte de los esfuerzos de I+D y luego comienzan a aparecer rubros más relacionados a industrias manufactureras para luego acercarse a rubros agropecuarios, silvícolas y acuicultores.

Figura 8. Proyectos de Biotecnología adjudicados por ANID, CORFO y Subsecretaría CTCl a privados segmentando por sector económico relacionado a tecnología, 2017 – 2022



Nota: en base a especificaciones del mandante se consideran los siguientes rubros del Servicio de Impuestos internos: Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social, actividades profesionales, científicas y tecnológicas, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Explotación de Minas y Canteras e Industria Manufacturera.

Fuente: elaboración propia en base Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2017-2021.

2.2. Instituciones de Educación Superior (IES)

Cuando las empresas no poseen las capacidades internas para ejecutar I+D pueden asociarse con las IES, las cuáles generan además importantes avances científicos tanto en investigación básica como aplicada, siendo que esta última muchas veces requieren de articulación con otras organizaciones que vayan a ser los aplicadores de estos conocimientos/tecnologías. De esta forma, las empresas pueden apalancarse en innovaciones y tecnologías desarrolladas con un principio académico.

Como el rol central de las IES corresponde a la generación de conocimientos, estas tienen parte importante de sus planteles laborales dedicados a la I+D. La tabla 26, muestra la distribución de personal dedicado a I+D de las IES por región. Lo primero que observamos es que las regiones que concentran las ciudades más populosas tienen la mayor cantidad de personal dedicado a la I+D, de hecho, la correlación entre población regional y personal en I+D es alta 72% para 2020 y 68% para 2019 (excluyendo RM).

Analizando las cifras de la tabla 26 vemos que la gran mayoría de los trabajadores de IES a nivel nacional se encuentra en la Región Metropolitana, la que concentra poco más de un 60% del total. No obstante, existen dos otras dos regiones que acumulan más del 5% de los trabajadores en I+D y son Valparaíso y Biobío. El resto de las regiones tiene niveles muy bajos, habiendo un pequeño grupo de regiones que tiene del orden de 3% a 4% y luego se pasa a magnitudes del 1% o menos.

Tabla 26. Trabajadores en I+D intramuro en la región 2019-2020

| Región | 2019 | Porcentaje | 2020 | Porcentaje |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Arica y Parinacota | 76 | 1% | 98 | 1% |
| Tarapacá | 27 | 0% | 20 | 0% |
| Antofagasta | 412 | 3% | 393 | 3% |
| Atacama | 84 | 1% | 77 | 1% |
| Coquimbo | 180 | 1% | 158 | 1% |
| Valparaíso | 1.079 | 8% | 1.290 | 9% |
| Metropolitana | 8.794 | 61% | 9.204 | 62% |
| O'Higgins | 107 | 1% | 107 | 1% |
| Maule | 287 | 2% | 290 | 2% |
| Biobío | 1.706 | 12% | 1.592 | 11% |
| Ñuble | 393 | 3% | 331 | 2% |
| La Araucanía | 429 | 3% | 537 | 4% |
| Los Lagos | 126 | 1% | 100 | 1% |
| Los Ríos | 480 | 3% | 432 | 3% |
| Aysén | 50 | 0% | 106 | 1% |
| Magallanes | 79 | 1% | 95 | 1% |
| Total | 14.309 | 100% | 14.830 | 100% |

Fuente: elaboración propia en base a Encuestas de Gasto en I+D para los años 2019 y 2020.

Ahora bien, debido a la historia de Chile y su conocido centralismo es razonable que haya IES de gran tamaño entre las macrozonas Centro y Centro-Sur, lo que implica que no se realicen proyectos de investigación y otras vertientes relevantes dentro del ecosistema de I+D+i+e en regiones que tienen menor capacidad económica. Por ejemplo, una universidad como la Pontificia Universidad Católica o la Universidad de Chile, podría ejecutar un proyecto de investigación en la región de Los Lagos.

Es importante notar que no observamos el proceso de transferencia tecnológica, sino que, los esfuerzos realizados en I+D, esto implica que no podemos si existiera un ratio de conversión de proyectos de Investigación Básica en Investigación Aplicada o cuantos de estos proyectos son exitosos. Esto matiza las conclusiones que podemos extraer.

Entonces, un indicador con mayor valor consiste en el número de proyectos relacionados a Biotech adjudicados con fondos públicos según su región de ejecución, es decir, independiente de quien se adjudique el proyecto en que región del país se realiza este. Estas cifras se encuentran en la tabla 2, en donde destacan Antofagasta, Valparaíso, la Región Metropolitana, Maule, Biobío, La Araucanía y los Ríos que han ejecutado montos superiores a \$15.000 millones desde 2017. Asimismo, existe alta correlación entre el número de proyectos y el monto ejecutado.

Aún así, llama de forma importante la atención la baja correlación existente entre las cifras de la tabla 26 y de la tabla 27. En efecto, existe una relación positiva pero débil entre tanto el monto como el número de proyectos adjudicados por IES con el número de trabajadores en I+D de las IES a nivel regional (correlación del orden 30% cuando se excluye la Región Metropolitana). Esto da cuenta de que efectivamente existe

movimiento del capital humano para realizar investigación y que académicos pueden trabajar en una región, pero ejecutar proyectos de investigación a lo largo de Chile. Esto implica una menor relevancia entonces del indicador de trabajadores para I+D en IES de lo que se anticipaba.

Tabla 27. Proyectos de Biotecnología adjudicados por ANID, CORFO y Subsecretaría CTCl, 2017 – 2022

| Región | Monto (millones de pesos) | Nº de proyectos |
|--------------------|---------------------------|-----------------|
| Arica y Parinacota | 4.374 | 41 |
| Tarapacá | 4.644 | 41 |
| Antofagasta | 18.301 | 185 |
| Atacama | 2.871 | 40 |
| Coquimbo | 8.855 | 95 |
| Valparaíso | 84.808 | 875 |
| Metropolitana | 464.296 | 3.363 |
| O'Higgins | 6.873 | 67 |
| Maule | 31.901 | 247 |
| Ñuble | 342 | 8 |
| Biobío | 109.786 | 886 |
| La Araucanía | 33.467 | 353 |
| Los Lagos | 6.597 | 69 |
| Los Ríos | 36.434 | 264 |
| Aysén | 2.320 | 18 |
| Magallanes | 12.739 | 46 |

Fuente: elaboración propia en base a Encuestas de Gasto en I+D para los años 2019 y 2020.

Tal como se ha presentado en esta subsección, las IES son una importante fuente de conocimientos y tecnologías para las empresas, especialmente en el ámbito de la investigación y desarrollo (I+D). Según la Tabla 26, se observa que la mayoría de los trabajadores de I+D inserto dentro de las IES se encuentran en la Región Metropolitana, seguida de Valparaíso y Biobío, lo que indica que las regiones más pobladas concentran la mayor cantidad de personal dedicado a la I+D. Sin embargo, se destaca que la distribución de trabajadores en I+D en las IES no se correlaciona fuertemente con el número de proyectos adjudicados por estas instituciones en cada región, lo que sugiere que el capital humano existente (en términos de calidad) es suficiente para realizar investigación y que los académicos pueden trabajar en una región, pero ejecutar proyectos de investigación a lo largo de Chile. Lo que refleja la interconectividad del I+D nacional, y facilita la articulación entre zonas.

Respecto a la importancia de las IES en la generación de conocimientos, diversos estudios han señalado que las IES son una fuente relevante de investigación científica y tecnológica (Baldini et al., 2015; Salter et al., 2015). Además, se ha destacado la importancia de la colaboración entre las IES y las empresas para impulsar la innovación y el crecimiento económico (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Aman et al., 2018) y en particular en el desarrollo de la biotecnología. Lo que ha sido reflejado en el amplio número de proyectos aprobados en el área de biotecnología en iniciativas como Startup Ciencia, iDEA, entre otros.

2.3. Sector público

A lo largo de este documento y, especialmente en estas últimas subsecciones, se ha mencionado el rol del Estado ampliamente desde la perspectiva de entrega de fondos públicos a privados e IES, siendo estos los fondos/proyectos adjudicados de Corfo, ANID y Subsecretaría CTCl. No obstante, existen otros tipos de financiamiento que no se encuentran considerados en estas cifras, además de que el Estado también realiza I+D.

Bajo esta lógica es que utilizamos los Créditos Presupuestarios Públicos para I+D o GBARD por su sigla en inglés, los cuales son indicadores que permiten identificar el presupuesto público destinado a I+D, para determinar el potencial financiero destinado a I+D por el Estado.

La tabla 28 muestra la asignación por ejecutante para el año 2019 a nivel nacional, en donde puede verse que los principales ejecutores finales del presupuesto público son las IES, luego el propio Estado y se termina por las empresas. Notoriamente, el segundo actor más relevante y que se adjudica el 16% del presupuesto son otros actores, quienes corresponden a personas naturales que no se encuentran afiliadas a ningún otro sector.

Tabla 28. Créditos Presupuestarios Públicos para I+D por región, 2018 - 2019

| Ejecutor | Monto (millones de pesos) | Porcentaje |
|---|---------------------------|------------|
| Enseñanza Superior | 259.153 | 62% |
| Otros | 65.790 | 16% |
| Administración pública o Estado | 55.596 | 13% |
| Empresas | 28.185 | 7% |
| Instituciones Privadas sin Fines de Lucro | 7.280 | 2% |
| Total | 416.004 | 100% |

Fuente: elaboración propia en base a estudio Levantamiento y análisis de Créditos Presupuestarios Públicos para Investigación y Desarrollo (Government Budget Allocation for R&D, GBARD)

Bajo este mismo marco, podemos analizar la asignación de presupuesto público por región repartido entre los actores mencionados en el párrafo anterior. La tabla 29 contiene los datos de GBARD totales a nivel regional, dado que no existe data para poder diferenciar estos indicadores a nivel regional y por tecnología, en donde vemos que las regiones que se llevan mayores porcentajes corresponden a las que tienen mayor población y una mayor infraestructura de IES. De hecho, la correlación entre los proyectos Biotech en I+D ejecutados por IES en el periodo 2017-2022 tiene una correlación de 96% (excluyendo RM) con el GABRD total a nivel regional.

Tabla 29. Créditos Presupuestarios Públicos para I+D por región, 2018 - 2019

| Región | 2018 | | 2019 | |
|--------------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | Monto (miles de pesos) | Porcentaje | Monto (miles de pesos) | Porcentaje |
| Arica y Parinacota | 2.077.122 | 0,55% | 1.853.093 | 0,49% |
| Tarapacá | 2.331.859 | 0,61% | 2.315.118 | 0,62% |
| Antofagasta | 8.734.539 | 2,30% | 7.246.240 | 1,93% |
| Atacama | 2.288.200 | 0,60% | 3.150.687 | 0,84% |
| Coquimbo | 8.158.035 | 2,14% | 8.002.970 | 2,13% |
| Valparaíso | 41.455.816 | 10,90% | 41.426.331 | 11,04% |
| Metropolitana | 202.113.716 | 53,14% | 195.201.130 | 52,03% |
| O'Higgins | 4.723.179 | 1,24% | 5.528.313 | 1,47% |
| Maule | 8.441.400 | 2,22% | 8.657.043 | 2,31% |
| Ñuble | - | 0,00% | 1.416.512 | 0,38% |
| Biobio | 43.051.770 | 11,32% | 43.007.154 | 11,46% |
| La Araucanía | 14.989.954 | 3,94% | 14.137.991 | 3,77% |
| Los Ríos | 13.202.201 | 3,47% | 14.693.406 | 3,92% |
| Los Lagos | 17.446.416 | 4,59% | 16.576.796 | 4,42% |
| Aysén | 4.410.917 | 1,16% | 4.238.898 | 1,13% |
| Magallanes | 6.916.640 | 1,82% | 7.748.841 | 2,07% |
| Total | 380.341.764 | 100,00% | 375.200.523 | 100,00% |

Fuente: elaboración propia en base a estudio Levantamiento y análisis de Créditos Presupuestarios Públicos para Investigación y Desarrollo (Government Budget Allocation for R&D, GBARD)

2.4. Sociedad civil, asociaciones gremiales y centros de estudios

El último actor de la cuádruple hélice en ser evaluado corresponde a la participación de la sociedad civil, asociaciones gremiales y centros de estudios. Es importante notar que el principal foco de la sociedad civil y de las asociaciones gremiales no es desarrollar proyectos de I+D, sino que, en muchos casos consiste en proveer articulación y apoyo a otros actores del ecosistema. Por lo tanto, estos indicadores son una proxy de su participación, pero entendemos e interpretamos que deben de leerse e incorporarse en los análisis de forma mesurada. Por esto último, es que, al enfocarnos en las cifras relacionadas a la sociedad civil, gremios y centros de estudios, que se observan en la tabla 230, vemos que en general se realizan pocos proyectos de I+D, sin embargo, destacan Coquimbo, Valparaíso, la RM y la Araucanía, todas realizando más de 15 proyectos en el periodo.

Tabla 30. Proyectos de Biotecnología adjudicados por ANID, CORFO y Subsecretaría CTCI, 2017 – 2022

| Región | Monto (millones de pesos) | N° de proyectos |
|--------------------|---------------------------|-----------------|
| Arica y Parinacota | \$ 0 | 0 |
| Tarapacá | \$ 42 | 2 |
| Antofagasta | \$ 1.343 | 5 |
| Atacama | \$ 55 | 2 |
| Coquimbo | \$ 941 | 15 |
| Valparaíso | \$ 2.377 | 21 |
| Metropolitana | \$ 18.851 | 93 |
| O'Higgins | \$ 618 | 9 |
| Maule | \$ 4.236 | 10 |
| Ñuble | \$ 30 | 1 |
| Biobío | \$ 747 | 9 |
| La Araucanía | \$ 1.750 | 17 |
| Los Lagos | \$ 1.012 | 8 |
| Los Ríos | \$ 799 | 8 |
| Aysén | \$ 707 | 6 |
| Magallanes | \$ 3.832 | 6 |

Fuente: elaboración propia en base Directorio de EBCT del Ministerio de Ciencias y Tecnología, Nómina de empresas del Servicio de Impuestos Internos 2020-2021, Consolidado de instrumentos SCTCI adjudicados para el período 2017 – 2022 y Clasificación de Biología 1,2 y 3 de Fondecyt.

Al analizar tanto el sector público como la sociedad civil (sección 2.3 y 2.4 de este documento) es posible afirmar que, a nivel regional, las regiones con mayor población y una mayor infraestructura de IES reciben mayores porcentajes del presupuesto público destinado a I+D. Además, se observa una correlación del 96% entre los proyectos Biotech en I+D ejecutados por IES en el periodo 2017-2022 y el GABRD total a nivel regional.

En cuanto a la participación de la sociedad civil, asociaciones gremiales y centros de estudios en proyectos de I+D, se destaca que estos actores no se enfocan principalmente en desarrollar proyectos de I+D, sino en proveer apoyo y articulación a otros actores del ecosistema. Sin embargo, se observa que algunas regiones como Coquimbo, Valparaíso, la RM y la Araucanía realizan más de 15 proyectos en el periodo.

La literatura científica ha demostrado la importancia del financiamiento público para el impulso de la investigación y el desarrollo tecnológico. En este sentido, diversos estudios señalan que la inversión en I+D por parte del sector público es fundamental para fomentar la innovación y el crecimiento económico (Mowery & Rosenberg, 1998; Cohen & Levinthal, 1990). Asimismo, se ha encontrado que la inversión pública en I+D tiene efectos positivos sobre la inversión privada en I+D (Hall, Link, & Scott, 2001) por lo que es crucial no solo su existencia, sino que su integración en acciones de difusión para el desarrollo de políticas públicas.

Por otro lado, la literatura también destaca la importancia de la participación de la sociedad civil, asociaciones gremiales y centros de estudios en la promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico. Por ejemplo, en un estudio sobre el ecosistema de innovación en Uruguay, se encontró que la colaboración entre universidades, empresas y organizaciones de la sociedad civil, sólo pudo ejecutarse por medio de acciones de articulación surgidas por la sociedad civil, lo que la hace esencial para fomentar la innovación y el desarrollo de un clúster biotech (Cabello, Fernández, & Arboleya, 2018).

2.5. Conclusiones del análisis de madurez regional en I+D

El análisis cuantitativo sobre la adjudicación de proyectos, gasto y personal en I+D muestra que existe espacio para apretar el acelerador de forma importante en el campo de I+D a lo largo de Chile. Independientemente de las diferencias entre las regiones, en general los indicadores evidencian una baja inversión y dotación de personal para investigar y desarrollar proyectos. Esto al ser transversal implica que la puesta en marcha de un clúster con un esquema de financiamiento robusto y que permita levantar los desafíos y barreras que aquejan al sector privado tiene un amplio potencial para aumentar la competitividad de diversas economías locales y regionales.

Ahora bien, para analizar las capacidades habilitantes en términos de I+D en las regiones con relación al clúster de biotecnología nos enfocamos separadamente en los 4 actores de la llamada cuádruple hélice: empresa, estado, IES y sociedad civil. Como todos los actores tienen distintos roles en el ecosistema, es necesario interpretar los datos de forma diferenciada y condicionar los diversos insights que estos ofrecen en el marco de su participación en el clúster.

El foco de análisis de estos indicadores toma especial importancia para los actores privados, dado que, las cifras no sólo muestran las capacidades instaladas en relación a las I+D, sino que, el uso de instrumentos como la Ley I+D y la adjudicación de proyectos en Biotech permite tener una aproximación de la relevancia y voluntad a participar en un clúster que tenga el sector privado. Asimismo, esto nos da luces del interés por producir Investigación Aplicada en las regiones, lo que resulta clave para el funcionamiento y sostenibilidad del clúster, pero también para su potencial crecimiento.

Para el caso de las IES encontramos que existe gran heterogeneidad y que regiones que tienen una amplia participación privada en la I+D del ecosistema Biotech, tienen indicadores pobres en términos de I+D ejecutada por la academia. Esto se relaciona directamente con la cantidad de población, la es un determinante de la instalación de universidades. Es importante mencionar que estos indicadores no distinguen entre investigación básica y aplicada por parte de las IES, así observamos esfuerzos en I+D pero no transferencia tecnológica, lo que limita la importancia y conclusiones que se pueden extraer.

También vimos que el número de proyectos ejecutado por IES no correlaciona tan fuertemente con la población, por ende, vemos que existe movilidad de capital humano en I+D. Es decir, IES y sus recursos tienen la capacidad de migrar y ejecutar proyectos en otras regiones.

El rol principal del sector público en los ecosistemas de I+D a nivel nacional tiende a limitarse a ser un financista de la ejecución de proyectos por parte del IES (62%) y privados (25%). Al analizar la distribución regional de los presupuestos asignados del Estado, vemos que existe gran disparidad y se concentran fuertemente en la Región Metropolitana, a pesar de que efectivamente hay otras regiones que reciben significativamente más que otras.

El análisis sobre el rol de la sociedad civil es similar en términos cuantitativos al de los créditos públicos para I+D, no obstante, esto es de esperarse dado que el principal rol de la sociedad civil es articulador y orquestador, más que ejecutor de proyectos. Así, los indicadores analizados permiten ver de forma parcial el rol de la sociedad civil.

Entendiendo que todas las dimensiones son relevantes, se genera un ranking en base a una clasificación cualitativa de los indicadores utilizados, evaluándolos en las categorías muy bajo, bajo, medio y alto con valores de 0 a 3. Además, y en línea con el marco conceptual utilizado ponderamos en un 60% los indicadores de las empresas, 20% los de IES y 10% para los indicadores del sector público y la sociedad civil. A continuación, señalamos los resultados en la tabla 31:

Tabla 31. Resumen resultados indicadores I+D de madurez ecosistema Biotech

| Rubro | Privados | | IES | | Público | Soc. civil | Ranking | |
|---------------------------|----------------|--------------|----------|-----------|-------------|------------|----------|-----------|
| | Otras empresas | Megaempresas | Personal | Proyectos | GBARD total | Proyectos | | |
| Arica y Parinacota | Muy bajo | Muy bajo | Alto | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy Bajo | 10 |
| Tarapacá | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy Bajo | 16 |
| Antofagasta | Bajo | Muy bajo | Bajo | Bajo | Medio | Bajo | Medio | 7 |
| Atacama | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | 15 |
| Coquimbo | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | Bajo | Bajo | 13 |
| Valparaíso | Bajo | Bajo | Bajo | Alto | Alto | Alto | Alto | 4 |
| Metropolitana | Alto | Alto | Medio | Alto | Alto | Alto | Alto | 1 |
| O'Higgins | Bajo | Bajo | Bajo | Muy bajo | Bajo | Bajo | Bajo | 9 |
| Maule | Bajo | Bajo | Bajo | Medio | Medio | Bajo | Alto | 5 |
| Biobío | Medio | Medio | Bajo | Alto | Alto | Alto | Bajo | 2 |
| Ñuble | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Medio | Muy bajo | Muy bajo | 14 |
| Araucanía | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | Medio | Medio | Medio | Medio | 7 |
| Los Ríos | Bajo | Muy bajo | Bajo | Medio | Medio | Medio | Bajo | 6 |
| Los Lagos | Medio | Medio | Alto | Muy bajo | Bajo | Medio | Medio | 3 |
| Aysén | Muy bajo | Muy bajo | Medio | Muy bajo | Bajo | Bajo | Bajo | 12 |
| Magallanes | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | Alto | 10 |

Fuente: elaboración propia en base a indicadores señalados en esta sección.

3. Madurez del ecosistema Biotech en relación a la generación de conocimientos y capital humano específico

De acuerdo a las hipótesis planteadas, la capacidad de proveer al ecosistema local de nuevos conocimientos y de capital humano específico a biotecnología es relevante para la sostenibilidad de largo plazo en el

clúster. Todo esto está basado en el concepto de que la generación local de conocimientos y capital humano reduce costos de transacción, negociación y contratación entre las partes del ecosistema.

Un punto importante es que esta dimensión es relevante, pero lo es menos que los indicadores mencionados anteriormente debido a que los recursos analizados son móviles; son personas que forman y que investigan, por ende, es factible accionar sobre estos indicadores en un menor plazo. Adicionalmente, la contratación de capital humano no producido localmente es una práctica común en Chile y el mundo.

Los análisis realizados en esta sección se realizan en dos niveles: primero, se analiza la producción de conocimientos específicos a biotecnología por parte de la IES de las distintas regiones. En segundo lugar, se analiza la disponibilidad de programas de formación relacionados a biotecnología por parte de las IES de las regiones y su evolución en el tiempo.

3.1. Generación de conocimientos relacionados a Biotecnología

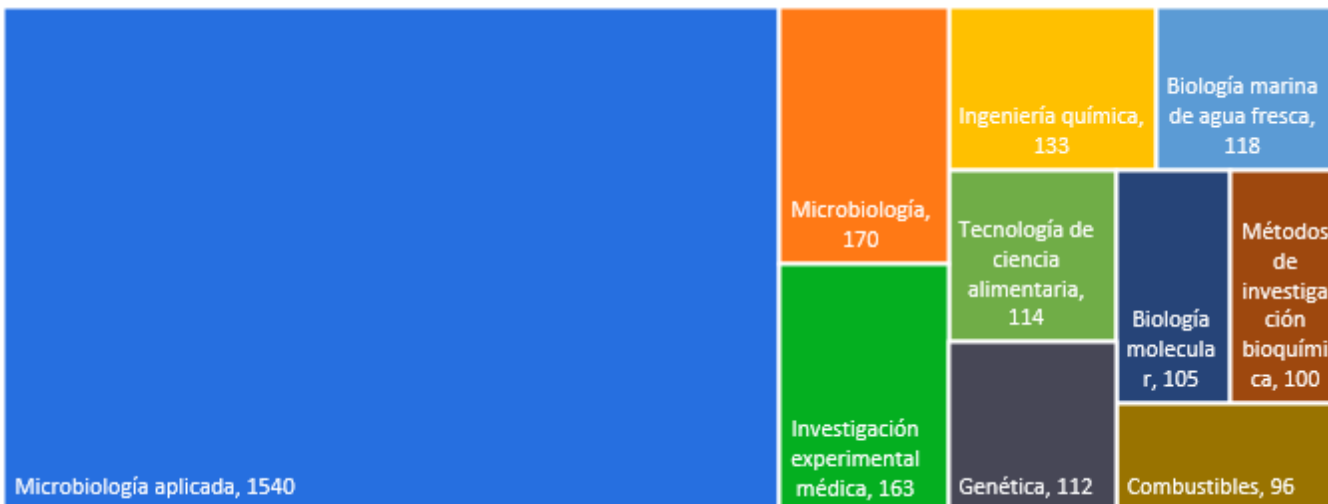
La capacidad de generar nuevas tecnologías y avanzar en la ciencia aplicada depende inherentemente de los avances en investigación básica, así, la generación de nuevas biotecnologías se encuentra íntimamente relacionadas con los avances en la ciencia de la biología, bioquímica y otras disciplinas. En ese sentido, la producción de conocimientos a nivel local, que en varios casos puede incluir investigación aplicada también, es sumamente relevante para la sostenibilidad y el funcionamiento del sector biotecnológico y, por consiguiente, del clúster.

Asimismo, la producción científica local permite incluir y adaptar esas investigaciones a las realidades de la industria local de manera más sencilla e incluso incorporar ciertas restricciones productivas no consideradas en la generación de conocimientos por universidades en otros territorios. Esta conexión local es invaluable a la hora de pasar de investigación básica a investigación aplicada.

Analizando los últimos 10 años de generación de conocimientos científicos vemos que se han realizado más de 2.000 publicaciones relacionadas directa o indirectamente a categorías biotecnología cuya afiliación principal es Chile. De ellas destaca como principales disciplinas de trabajo al área de microbiología (con foco en microbiología aplicada), seguida de medicina experimental e ingeniería química. En este sentido, tal como se muestra en la figura 9, gran parte de la producción científica asociada a biotecnología tiene un fuerte marco aplicado en determinación de hallazgos, con foco en salud, agricultura, y farmacología.

Es interesante ver cómo estas líneas de investigación se relacionan directamente con los 5 verticales centrales sobre los cuáles se ha edificado el sector biotecnológico en Chile: salud humana, salud animal, agricultura y minería y energía. En ese sentido, vemos que las categorías con más publicaciones tienen una fuerte asociación a las verticales anteriores.

Figura 9. Publicaciones asociadas a biotecnología, según categorías WoS con afiliación nacional para los últimos 10 años



Fuente: elaboración propia en base a datos de Web of Science (WoS).

Antes de realizar un análisis de la distribución regional de generación de conocimientos es importante contextualizar la producción científica en términos de la madurez de los ecosistemas universitarios y el tamaño de estos. Por dar un ejemplo, podríamos tener que una Universidad en la Región de los Ríos genera conocimientos de punta en bioquímica pero que al tener una planta muy corta en términos de investigadores su número de publicaciones es menor al de Universidades en la Región Metropolitana. Entonces, es buena analizar la brevemente la madurez de los ecosistemas de universitarios de las regiones, lo que se encuentra contenido en la Tabla 32.

Lo primero que observamos es que existe una potente dominación por parte de las regiones más pobladas, de hecho, la correlación entre la población regional y el número de universidades es muy alta, de 92% a 98% dependiendo de la inclusión de la Región Metropolitana. Asimismo, vemos en la tabla 32 que 5 de las 16 regiones tienen una sola IES, siendo estas las regiones con ubicación geográfica más extrema. Vemos también que existen ecosistemas universitarios más maduros, como el de la Región Metropolitana y el de Valparaíso, que presentan un alto número de Universidades y de antigüedad.

Tabla 32. Distribución de universidades chilenas por región

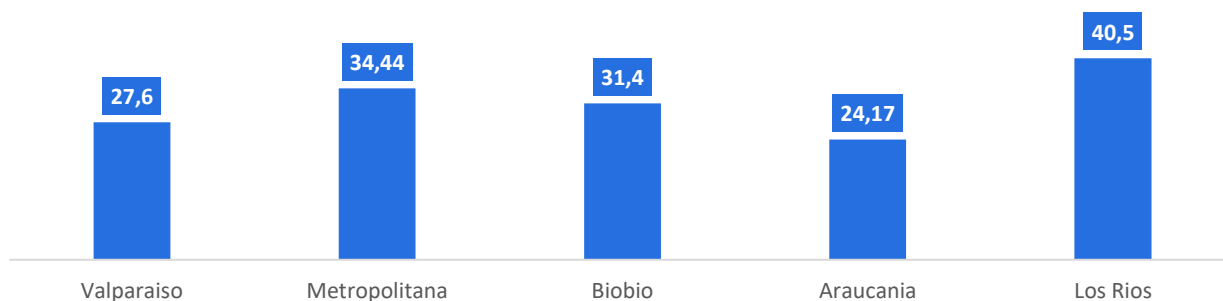
| Región | Total de universidades | Media de años de existencia | Mínimo de años de existencia | Máximo de años de existencia |
|--------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Arica y Parinacota | 1 | 22.00 | 22 | 22 |
| Tarapacá | 1 | 30.00 | 30 | 30 |
| Antofagasta | 2 | 33.00 | 30 | 36 |
| Atacama | 1 | 68.00 | 68 | 68 |
| Coquimbo | 3 | 68.67 | 32 | 171 |
| Valparaíso | 10 | 101.60 | 49 | 160 |
| Metropolitana | 25 | 78.32 | 19 | 178 |
| O'Higgins | 3 | 61.67 | 33 | 75 |
| Maule | 5 | 58.60 | 22 | 100 |
| Ñuble | 2 | 5.00 | 2 | 8 |
| Biobío | 5 | 35.80 | 14 | 70 |
| La Araucanía | 6 | 29.50 | 8 | 63 |
| Los Ríos | 2 | 32.00 | 28 | 36 |
| Los Lagos | 3 | 29.33 | 19 | 42 |
| Aysén | 1 | 27.00 | 27 | 27 |
| Magallanes | 1 | 47.00 | 47 | 47 |

Fuente: elaboración propia en base a datos de Web of Science (WoS) y al Sistema de Información de Educación Superior.

Tal como se observó en la tabla 32, la producción científica total por región no necesariamente es un indicador objetivo del grado de madurez de los ecosistemas científicos regionales. Así, al comparar a las regiones que tienen más de 80 publicaciones indexadas en biotecnología (mayor calidad en los últimos 10 años) proporcional según el número de instituciones con mayor participación científica en el rubro biotecnológico el escenario cambia significativamente, lo que se encuentra en la figura 10.

Al respecto es posible observar un mayor liderazgo de la región de los Ríos, seguida por la región Metropolitana y la región de Biobío. De esta manera, se observa un mayor potencial proporcional en las macrozonas centro-sur y sur en materias de producción de conocimiento biotecnológico, de lo que realmente se observa al analizar sólo la producción total.

Figura 10. Publicaciones indexadas de biotecnología por institución según región



Fuente: elaboración propia en base a datos de Web of Science (WoS) y al Sistema de Información de Educación Superior.

Considerando que las medidas de producción científica total, puede variar de acuerdo a factores como el número de instituciones y los años de existencia de las mismas es necesario considerar medidas complementarias de análisis. A continuación, se complementan con otros elementos clave para el análisis socio-tecnológico. A diferencia del primer análisis realizado, en la Tabla 33, se presenta el total de publicaciones en que participan investigadores chilenos (no solo como autor principal o de correspondencia) registrados en WoS, para los últimos 10 años, normalizando su distribución por región y número de autores. Vemos que cuando se controla el efecto de la producción científica per cápita, no se observan diferencias significativas por región, dando a entender que la generación de conocimiento por región es relativamente similar.

Tabla 33. Distribución total de publicaciones para categorías biotech identificadas por DataCiencia (ANID), considerando participación total

| Región | Publicaciones | Autores | Producción Per Cápita |
|--------------------|---------------|---------|-----------------------|
| Arica y Parinacota | 4.904 | 3.838 | 1.3 |
| Tarapacá | 1.988 | 2.007 | 1.0 |
| Antofagasta | 9.668 | 7.979 | 1.2 |
| Atacama | 1.599 | 1.455 | 1.1 |
| Coquimbo | 7.680 | 5.634 | 1.4 |
| Valparaíso | 29.184 | 28.429 | 1.0 |
| Metropolitana | 140.921 | 172.114 | 0.8 |
| O'Higgins | 1.130 | 1.197 | 0.9 |
| Maule | 10.448 | 11.177 | 0.9 |
| Biobío | 27.926 | 30.923 | 0.9 |
| La Araucanía | 13.070 | 15.171 | 0.9 |
| Los Ríos | 11.459 | 10.938 | 1.0 |
| Los Lagos | 4.265 | 4.634 | 0.9 |
| Aysén | 802 | 632 | 1.3 |
| Magallanes | 2.746 | 2.288 | 1.2 |
| Ñuble | 3.187 | 3.470 | 0.9 |

Fuente: elaboración propia en base a datos de Web of Science (WoS).

La relación entre la generación de conocimientos y capital humano específico en biotecnología y la madurez del ecosistema biotech en Chile es directamente proporcional y saludable. Se indica que la producción de conocimientos locales permite incluir y adaptar investigaciones a las realidades de la industria local de manera más sencilla y que esta conexión local es invaluable a la hora de pasar de investigación básica a investigación aplicada. Así, se observa que en los últimos 10 años se han realizado más de 2,000 publicaciones relacionadas directa o indirectamente a categorías biotecnología cuya afiliación principal es Chile. Las principales disciplinas de trabajo son microbiología, medicina experimental e ingeniería química, con foco en determinación de hallazgos en salud, agricultura y farmacología.

En cuanto a la distribución regional de generación de conocimientos, se indica que existe una potente dominación por parte de las regiones más pobladas y que la producción científica total por región no necesariamente es un indicador objetivo del grado de madurez de los ecosistemas científicos regionales.

Desde la literatura científica se puede afirmar que la generación de conocimientos y capital humano específico son fundamentales para el desarrollo y sostenibilidad de los clústeres biotecnológicos (Bramwell & Wolfe, 2008; Freeman, 1991). Asimismo, la generación local de conocimientos permite una mejor adaptación de las investigaciones a las necesidades de la industria local, lo que puede traducirse en una mayor competitividad y ventaja en el mercado (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

3.2. Capital humano específico a Biotecnología

La sostenibilidad del clúster depende de la producción de tecnologías altamente complejas que requieren conocimientos específicos. Esto lleva a que la capacidad de contar con capital humano de primer nivel y con expertise técnica en el área es fundamental para el desarrollo del ecosistema de I+D+i+e de Biotech de las regiones. Esto permite la formación de un clúster de biotech con un alto nivel de especialización y competitividad.

Un punto importante es que el capital humano es móvil, por ende, es factible contratar expertos y graduados de programas de alta calidad. No obstante, esto encarece el proceso de contratación sustantivamente al pagar a trabajadores para reubicarse, lo que en algunos casos podría incluso incorporar costos legales al importar capital humano extranjero. La generación de capital humano específico y avanzado de forma local es relevante para el ecosistema debido a que reduce los costos de los diversos actores.

Adicionalmente, el capital humano generado de forma local cuenta con menos barreras culturales y mayor claridad de desafíos relacionados a la realidad local, sobre todo, si en el proceso de generación de capital humano se realizaron prácticas profesionales y/o asistencia obligatoria a laboratorios, los que son realizados en los estudios de carreras científicas en Chile. Así, la instalación del capital humano enfrenta menos barreras prácticas lo que acelera el proceso de transferencia tecnológica y la aplicabilidad de la investigación.

La tabla 33 con la cantidad de programas educacionales de IES que se pueden relacionar directamente con biotecnología durante 2021 y a la región que pertenecen. Primero, vemos que la cantidad de programas se encuentra fuertemente concentrada en la Región Metropolitana con un 51% de los programas, aunque la región del Biobío el 16% de los programas existentes a nivel nacional. Además, vemos que en 8 regiones no existían programas de Biotech en 2021.

Las cifras de la tabla 34 presentan una correlación de 67% con respecto a la población regional al excluir la región Metropolitana y su correlación con el número de trabajadores en I+D de las IES es del orden del 87% (excluyendo la Región Metropolitana).

La tabla 34 también el equilibrio entre oferta y demanda por programas de posgrado. Vemos que los programas de posgrado y postítulo representan el 46% de los programas de Biotech totales, lo que da cuenta de lo avanzado del capital humano necesario en la industria, donde incluso vemos regiones como Valparaíso y Los Ríos donde hay más programas de postgrado que de pregrado en Biotech.

Tabla 34. Programas de biotecnología impartidos en IES por región y grado académico

| Rubro | Postgrado | Postítulo | Pregrado | Total |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Arica y Parinacota | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tarapacá | 1 | 0 | 1 | 2 |
| Antofagasta | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Atacama | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Coquimbo | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Valparaíso | 2 | 0 | 1 | 3 |
| Metropolitana | 9 | 1 | 9 | 19 |
| O'Higgins | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maule | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Biobio | 2 | 0 | 4 | 6 |
| Ñuble | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Araucanía | 1 | 0 | 2 | 3 |
| Los Ríos | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Los Lagos | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aysén | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Magallanes | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 16 | 1 | 20 | 37 |

Fuente: elaboración propia en base a datos del Servicio de Información de Educación Superior (SIES).

No sólo es relevante el número de programas formativos de la IES relacionados a IES, sino que, es útil ver la matrícula que estos programas y su evolución para tener una idea del volumen del capital humano generado en las regiones. Esta información se encuentra en la tabla 35, que incluye las matrículas en carreras biotech por región para los años 2017 y 2022 y su crecimiento.

Lo primero que se observa en la tabla 35 es que biotecnología es una disciplina que ha crecido sustantivamente en el tamaño de su matrícula, creciendo en un 34% en los últimos años. Regiones como Maule y Tarapacá han experimentado crecimientos importantes, mientras que regiones como Metropolitana y Biobío crecieron menos, pero mantienen masas sustantivas de estudiantes. Ahora bien, esto se relaciona directamente con el número de programas educativos en IES, con una correlación de 83% al excluir la RM.

Tabla 35. Programas de biotecnología impartidos en IES por región y grado académico

| Rubro | 2017 | 2022 | Crecimiento 2017-2022 |
|--------------------|--------------|--------------|-----------------------|
| Arica y Parinacota | 0 | 0 | 0% |
| Tarapacá | 33 | 62 | 88% |
| Antofagasta | 101 | 134 | 33% |
| Atacama | 0 | 0 | 0% |
| Coquimbo | 0 | 0 | 0% |
| Valparaíso | 145 | 230 | 59% |
| Metropolitana | 1.341 | 1.709 | 27% |
| O'Higgins | 0 | 0 | 0% |
| Maule | 210 | 336 | 60% |
| Biobío | 310 | 388 | 25% |
| Ñuble | 0 | 0 | 0% |
| La Araucanía | 197 | 287 | 46% |
| Los Ríos | 4 | 4 | 0% |
| Los Lagos | 3 | 0 | -100% |
| Aysén | 0 | 0 | 0% |
| Magallanes | 0 | 0 | 0% |
| Total | 2.344 | 3.150 | 34% |

Fuente: elaboración propia en base a datos del Servicio de Información de Educación Superior (SIES).

La adquisición de este capital humano puede ser a través de la contratación de expertos y graduados de programas de alta calidad, pero esto puede resultar en costos adicionales considerables, lo que hace que la generación de capital humano local sea preferible para reducir los costos. Además, el capital humano generado localmente tiene menos barreras culturales y mayor claridad en los desafíos relacionados con la realidad local, lo que acelera el proceso de transferencia tecnológica y aplicabilidad de la investigación.

En cuanto a la distribución regional de los programas educativos en biotecnología, se ve que hay una fuerte concentración de programas en la Región Metropolitana, aunque la Región del Biobío tiene un porcentaje significativo de los programas. 8 regiones no tenían programas de biotecnología en 2021. La correlación entre la población regional y el número de programas educativos en biotecnología es del 67%, excluyendo la Región Metropolitana. Además, hay una correlación del 87% entre el número de trabajadores en I+D de las IES y el número de programas educativos en biotecnología, excluyendo la Región Metropolitana.

La tabla 34 muestra que los programas de posgrado y postítulo representan el 46% de los programas totales en biotecnología, lo que indica la necesidad de un capital humano altamente especializado en la industria. También hay una correlación del 83% entre el número de matrículas en carreras de biotecnología y el número de programas educativos en biotecnología, excluyendo la Región Metropolitana.

3.3. Conclusiones del análisis de indicadores de generación de conocimiento

Los análisis realizados en términos de producción de conocimientos y de producción de capital humano específico a la biotecnología, desvelan que existen amplias diferencias entre las regiones de Chile. Buena parte de las regiones tienen solamente una Universidad y en muchas de las regiones no se imparten programas de educación superior relacionados a Biotech.

Entonces, al analizar la madurez en producción de conocimiento y capital humano en las regiones consideramos las siguientes dimensiones como relevantes; número de publicaciones totales en

biotecnología totales y per cápita y también utilizaremos el número de programas de impartidos de biotecnología y el crecimiento de estos en las regiones.

Entendiendo que ambas dimensiones son relevantes, se genera un ranking global como el promedio el ranking promedio en ambos sets de indicadores. Las conclusiones de este análisis se presentan en la tabla 35 a continuación:

Tabla 36. Resumen resultados madurez ecosistema Biotech en producción de conocimientos y capital humano

| Indicador | Conocimientos | | Capital humano | | Ranking |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|-----------|
| | Publicaciones totales | Publicaciones per cápita | N° de programas | Crecimiento programas | |
| Arica y Parinacota | Muy bajo | Alto | Muy bajo | Muy bajo | 9 |
| Tarapacá | Muy bajo | Bajo | Bajo | Alto | 7 |
| Antofagasta | Bajo | Medio | Bajo | Medio | 4 |
| Atacama | Muy bajo | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 13 |
| Coquimbo | Bajo | Alto | Muy bajo | Muy bajo | 8 |
| Valparaíso | Alto | Bajo | Bajo | Alto | 2 |
| Metropolitana | Alto | Bajo | Alto | Medio | 1 |
| O'Higgins | Muy bajo | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 13 |
| Maule | Medio | Bajo | Muy bajo | Alto | 4 |
| Biobío | Alto | Bajo | Medio | Medio | 2 |
| Ñuble | Muy bajo | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 13 |
| Araucanía | Medio | Bajo | Bajo | Medio | 4 |
| Los Lagos | Muy bajo | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 13 |
| Los Ríos | Medio | Bajo | Muy bajo | Muy bajo | 9 |
| Aysén | Muy bajo | Alto | Muy bajo | Muy bajo | 9 |
| Magallanes | Muy bajo | Medio | Muy bajo | Muy bajo | 12 |

Fuente: elaboración propia en base a indicadores señalados en esta sección.

RECOMENDACIÓN PRIORIZADA DE REGIONES CANDIDATAS

Según las hipótesis constituidas en el marco conceptual, validadas por el experto externo y analizadas en las subsecciones anteriores se determina un par de regiones candidatas según la madurez de su ecosistema de biotecnología con foco especial en I+D+i+e. Es importante mencionar que la decisión se toma en base a los rankings establecidos en cada una de las subsecciones previas, de forma priorizada en el siguiente orden: indicadores económicos-industriales, indicadores de I+D de los actores de la cuádruple hélice y por último la generación de conocimientos y de capital humano específico a Biotech. A continuación, se presenta en la tabla 37 el ranking consolidado:

Tabla 37. Análisis consolidado de rankings regionales en términos de madurez de los ecosistemas de Biotech

| Región | Económico - Industrial | Investigación y desarrollo | Conocimientos capital humano | Ranking |
|--------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|----------|
| Arica y Parinacota | 15 | 10 | 9 | 15 |
| Tarapacá | 13 | 16 | 7 | 14 |
| Antofagasta | 8 | 7 | 4 | 7 |
| Atacama | 12 | 15 | 13 | 13 |
| Coquimbo | 6 | 13 | 8 | 8 |
| Valparaíso | 6 | 4 | 2 | 5 |
| Metropolitana | 3 | 1 | 1 | 2 |
| O'Higgins | 4 | 9 | 13 | 6 |
| Maule | 5 | 5 | 4 | 4 |
| Biobío | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Ñuble | 9 | 14 | 13 | 11 |
| La Araucanía | 10 | 7 | 4 | 9 |
| Los Lagos | 1 | 3 | 13 | 3 |
| Los Ríos | 11 | 6 | 9 | 10 |
| Aysén | 15 | 12 | 9 | 16 |
| Magallanes | 13 | 10 | 12 | 12 |

Fuente: elaboración propia basado en análisis anteriores.

En vista de que idóneamente el clúster sea instalado fuera de la Región Metropolitana y de la factibilidad y temporalidad de la ejecución del estudio se decide tomar las dos regiones con mejor ranking excluyendo a esta región y se determinan entonces como regiones candidatas para el análisis cualitativo las **regiones del Biobío y de Los Lagos**.

Tal como se ha mencionado previamente, a través de este estudio se ha determinado que las regiones candidatas para el análisis cualitativo en cuanto a la madurez de su ecosistema de biotecnología con foco en I+D+i+e son Biobío y Los Lagos. La decisión se ha tomado en base a los rankings establecidos en las subsecciones anteriores, priorizando indicadores económicos-industriales, indicadores de I+D de los actores de la cuádruple hélice y generación de conocimientos y capital humano específico a Biotech.

La importancia de la elección de las regiones adecuadas para la instalación del clúster de biotecnología se ha destacado en la literatura científica. Según un estudio de Leitão et al. (2020), la ubicación geográfica y la densidad de la red de empresas y universidades en un área son factores críticos para el éxito del clúster de biotecnología. Además, la capacidad de la región para atraer y retener talentos altamente capacitados es esencial para el éxito del clúster, como se ha mencionado anteriormente en este estudio.

Otro estudio de Niosi y Bas (2020) destaca la importancia de la colaboración entre actores del clúster de biotecnología, incluyendo universidades, empresas, instituciones gubernamentales y organizaciones no gubernamentales. Esto ayuda a fomentar el desarrollo de una cultura de innovación y a mejorar la transferencia de conocimientos y tecnologías dentro del clúster.

Así, la elección de las regiones candidatas para el análisis cualitativo en este estudio se ha basado en criterios clave para el éxito del clúster de biotecnología, incluyendo indicadores económicos-industriales, indicadores de I+D de los actores de la cuádruple hélice y generación de conocimientos y capital humano específico a Biotech, considerando la importancia de la ubicación geográfica, la densidad de la red de

empresas y universidades y la colaboración entre actores del clúster para el éxito del clúster de biotecnología.

ETAPA 2: ANÁLISIS EN PROFUNDIDAD DEL SECTOR PRIVADO EN REGIONES PRESELECCIONADAS

Habiendo identificado a las regiones de Los Lagos y Biobío como las que presentan un mayor grado de idoneidad para la instalación de un clúster de biotecnología de acuerdo a madurez global de sus ecosistemas de biotech, el siguiente paso es recopilar información detallada del funcionamiento del ecosistema y como interactúan dentro de estos diversos participantes, para encontrar brechas existentes en este y oportunidades para la instalación de un clúster.

Se ha mencionado extensamente cuáles son los requerimientos que se necesitan para que el clúster tenga éxito, pero no las problemáticas específicas que el clúster debería tener en cuenta en su funcionamiento. Es decir, cuál sería el rol en el ecosistema que debería tener el clúster. Para determinar los espacios de oportunidad que surgen de brechas existentes en los ecosistemas es que se realizan entrevistas semiestructuradas con los actores del ecosistema. En concreto, se entrevista a los siguientes participantes de la cuádruple hélice en cada región:

1. **Empresas:** entendiendo que los desafíos que enfrentan las empresas pueden variar por el rol que tiene el sector biotech en su industria, separamos estas en ofertantes de Biotech (emprendimientos de Biotecnología en su mayoría) y empresas demandantes de Biotech (empresas grandes en sectores relacionados a recursos naturales y manufacturas).
2. **Sector público:** entendiendo que los actores del sector público coordinan entre ellos, pero tienen diversos roles es que se intentó contactar a distintos niveles administrativos y de campos de acción, con el foco en Seremis CTCl macrozonales y Corfo. Es importante mencionar que entrevistas al sector público no estaban dentro de la metodología propuesta, pero se presentó la oportunidad de conversar con actores claves, por lo tanto, se realizaron entrevistas no estructuradas a estos actores.
3. **Sociedad civil y asociaciones gremiales:** contar con una visión más global y que considere la interacción entre competidores y como estos pueden colaborar en pos del desarrollo regional es muy relevante, de esta forma la participación de asociaciones gremiales es fundamental-

Es importante recalcar que, por motivos de disponibilidad para recabar la información, sobre todo por el periodo de ejecución del estudio, no se entrevistaron a miembros de IES. Esto implica que el presente análisis omite la visión de la academia y de uno de los actores de la cuádruple hélice, aun así, diversos participantes y actores mencionaron a las IES en sus respuestas en diversas aristas de los ecosistemas de biotech de la Región del Biobío y de la Región de Los Lagos. Esto implica que a pesar de no haber recabado información de primera fuente de este grupo de actores, de igual forma se tiene una visión de su rol y contribuciones a las capacidades habilitantes para albergar un clúster de biotech.

En esta sección se presenta un resumen del funcionamiento de los ecosistemas en ambas regiones basado en los resultados de las entrevistas semi estructuradas, y luego, se resumen las brechas existentes en cada uno de los ecosistemas y los espacios de oportunidad que estos abren a la instalación de un clúster.

1. Región del Biobío

En la Región del Biobío se logró contactar y entrevistar a 6 participantes del ecosistema de biotecnología local pertenecientes a 5 actores diferentes del ecosistema, distribuidos de la forma en que señala la tabla 38 (listado completo se encuentra en anexos). Se intentó diversificar de forma importante los rubros a los que se relacionaban los distintos entrevistados, para poder tener información sobre todo tipo de mercados e interacciones relacionadas a la biotecnología, con el foco de tener una amplia visión de las problemáticas que enfrentan los actores, su visión de cómo solucionarlas y también su disposición a participar en actividades relacionadas al clúster.

Es importante mencionar que la etapa de levantamiento de información de primera fuente coincidió con el fin de los incendios que arrasaron la región del Biobío, lo que en buena parte explica la baja cantidad de respuestas obtenidas. También explica porque no se pudo contactar a ningún emprendedor biotech y solo a empresas grandes, ya que, las segundas son aquellas que tienen más capacidad de respuesta y resiliencia frente a catástrofes ambientales, mientras que para una empresa de menor tamaño la reagrupación es más dificultoso.

Es importante notar que algunas de las empresas demandantes de Biotech entrevistadas son de gran tamaño, por lo que realizan diversas actividades y tienen distintas verticales del negocio. Por ejemplo, se entrevistó a una empresa productora de semillas perteneciente a un holding más grande de empresas que producen diversos productos agrícolas. Esto implica que la descripción de la actividad en la tabla 38 es tentativa y omite buena parte de lo que las empresas realizan.

No obstante, es positivo que las empresas entrevistadas participen en diversos mercados y tengan cadenas de valor largas, así es posible que los entrevistados que tienen una visión estratégica del funcionamiento de la empresa pueden entender el uso de biotecnología en diversos procesos y a lo largo de la cadena de valor. Esto permite tener respuestas con miradas más integrales del ecosistema.

Tabla 38. Distribución de los entrevistados no pertenecientes al Estado en la región del Biobío

| Tipo | Número de entrevistas | Actividades |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Empresa grande que demanda Biotech | 4 | Siderúrgica de acero |
| | | Producción de alimento animal |
| | | Producción de semillas |
| | | Alimento humano y agricultura |
| Fundaciones, gremios y sociedad civil | 1 | Ecosystem builder |

Fuente: elaboración propia en base a entrevistas realizadas.

1.1. Funcionamiento general del ecosistema según los actores

En base a la información recopilada en las entrevistas semi estructuradas se encontró un ecosistema de biotech en una etapa intermedia de maduración, con un funcionamiento y orquestación bastante particular en torno a la producción de soluciones Biotech, lo que se explica en esta subsección. Esto genera que existan brechas generalizables similares a las de otros ecosistemas, pero cuya priorización será sustantivamente diferente. Esto en consecuencia afecta las oportunidades de articulación que pueden establecerse y que se espere tenga resultados en corto y mediano plazo:

1. **Grandes empresas que demandan biotecnología:** las grandes empresas que demandan biotecnología tienen una visión de un ecosistema funcional que actualmente es competitivo a nivel global pero que corre fuertes riesgos de quedarse retrasado en torno a su competencia en rubros agrícolas, principalmente, por la baja transferencia tecnológica y problemas de capital humano que hay en la región.

Esto es llamativo debido a que en la región dan gran importancia a la investigación desarrollada por las IES, sobre todo la Universidad de Concepción, y por los centros de estudios y de investigación, que muchas veces se encuentran afiliados a las IES. En ese sentido, se muestra que para las empresas privadas de la región, especialmente en agricultura, el sector académico juega un rol fundamental. Así, podríamos establecer que los participantes de esta región tienen una visión academicista del ecosistema.

En ese sentido, la transferencia tecnológica es clave en la región debido a que es justamente el medio por el cual la investigación básica desarrollada en el mundo académico da pie a la investigación aplicada que utilizan las empresas. En ese sentido, se señala que efectivamente hay un déficit de centros de pilotaje y de disponibilidad de equipo para testear nuevos desarrollos, pero los actores comentan que las brechas se encuentran en el I+D a nivel más general.

También mencionan que el capital humano muchas veces dificulta la absorción de tecnologías y nuevas técnicas y más trabajadores calificados, sobre todo, por que en rubros como la agricultura se debe de realizar capacitaciones a nivel muy granular. Podemos entender entonces que no se ve una falta de capital humano avanzado para generar desarrollos, sino que, existen importantes brechas de capital intra empresa y que estas deben de ser resueltas para implementar tecnologías cada vez más sofisticadas.

En términos de la colaboración dentro del ecosistema se menciona que esta existe pero que puede potenciarse entre diversos actores, pero siempre velando por que esta sea integral, es decir, el foco está en colaborar de manera completa con el Estado, las IES y los emprendimientos.

No obstante, se mencionó que a veces falta articulación entre los privados y el sector público, sobre todo en términos de normativa y su rigidez y falta de conocimiento. En efecto, ocurre que los proyectos de I+D en biotech o la aplicación de soluciones ya desarrolladas en algunas industrias mutan de forma dinámica, por ende, puede que estas no cumplan con la regulación actual y que no sea posible tener estos conocimientos ex – ante.

Una regulación que por lo demás podría estar atrasada con respecto al estado del arte en términos de sostenibilidad y protección de la salud humana y animal. Esta falta de certeza jurídica y posible falta de dinamismo regulatorio actúa como un potencial disuasor del desarrollo tecnológico en el sector biotecnológico.

Los entrevistados mencionaron repetidas veces la importancia de la biotecnología dentro del ecosistema para aumentar la competitividad y que tiene amplios usos en los sectores agrícolas, pecuarios y en términos medioambientales para los sectores industriales.

Por estos motivos, los entrevistados se mostraron muy entusiasmados con una potencial instalación y participación dentro de un clúster de biotech, señalando que sería importante

participar, pero de forma integral por parte de todos los sectores, tal como se menciona en términos colaborativos más arriba.

2. **Emprendedores biotech e IES:** si bien, no se pudo conseguir información de primera fuente de estos participantes, si hubo menciones a ellos directamente por parte de otros actores, incluido el ecosystem builder, quien trabaja constantemente con los emprendimientos y, en el caso de Biobío, indirectamente con las IES.

Se mencionó que buena parte de los emprendimientos más sofisticados de la región, lo que, por supuesto incluye la biotecnología, surgen de forma vinculada a las IES, de hecho, en específico a la Universidad de Concepción, tanto como tesis y proyectos de investigación.

Esto conlleva a altos grados de sofisticación tecnológica pero también a ciertas dificultades; primero, estas investigaciones muchas veces avanzan más lento de lo que el sector privado desearía para implementar soluciones a sus problemáticas.

También se mencionó que un factor muy importante es que existe una dificultad sustantiva en alinear estos emprendimientos que surgen al alero de la IES con las necesidades del mercado, en ese sentido, muchos de los emprendimientos o *spinoffs* que surgen no tienen un modelo de negocios establecido o, en casos mencionados, un producto concreto. Esto complejiza de forma importante el proceso de transferencia tecnológica, que en este caso es un motor importante del emprendimiento.

Una complicación adicional que enfrentan las empresas y se relaciona con el desarrollo de I+D en conjunto con las IES tiene que ver con la propiedad intelectual y el licenciamiento de los desarrollos en conjunto. Muchas veces no se conoce ex – ante la repartición de derechos y esto genera complicaciones a la hora de entender los costos y beneficios reales que puede traer un proyecto. Esto se magnifica cuando se habla de un emprendedor cuyo negocio surge de una investigación desde las IES y que se desarrolla en sus dependencias.

Un actor que se menciona que puede un rol muy relevante y se encuentra subutilizado son las Oficinas de Transferencia y Licenciamiento, las cuales se mencionan tiene capacidades para reducir las trabas mencionadas en los párrafos precedentes.

Como no fue posible levantar información de primera fuente no podemos aventurarnos a conjeturar sobre la visión de estos actores sobre la importancia del clúster ni sobre su participación.

3. **Sociedad civil y gremios:** se observa un ecosistema con amplio potencial para desarrollar soluciones de biotecnología, en parte por la capacidad de los participantes de generar I+D al nivel del estado del arte. Sus comentarios sobre el funcionamiento del ecosistema en relación a las IES y los emprendedores pueden verse en el punto anterior.

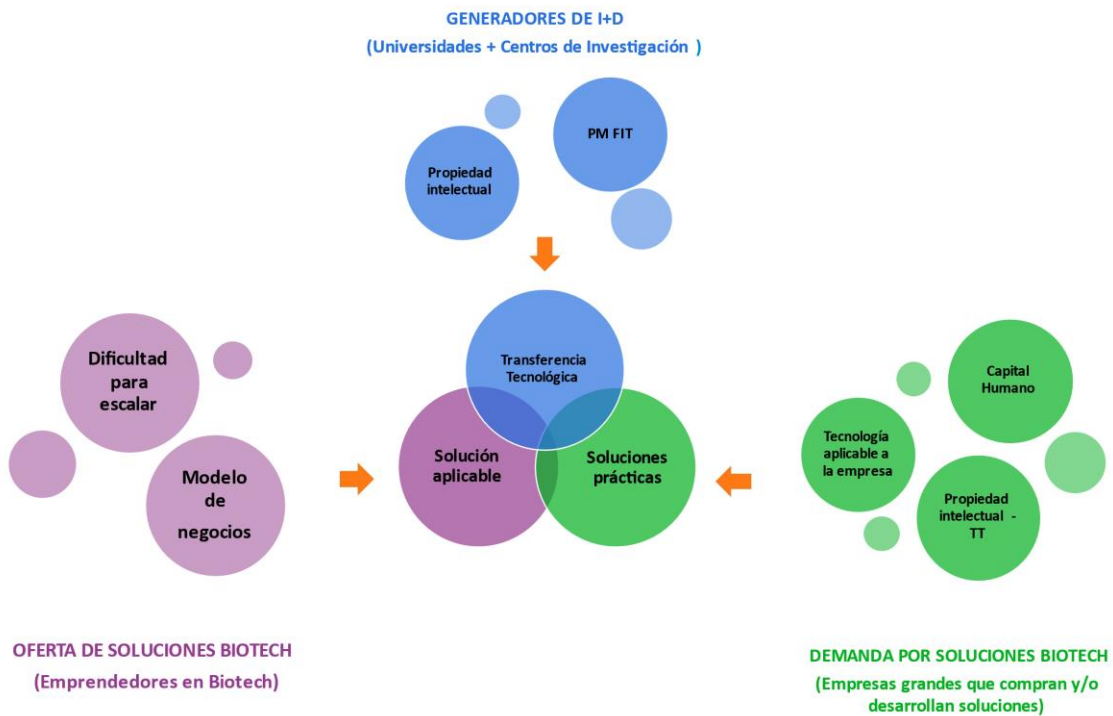
Mencionan que las empresas grandes de la región se encuentran en procesos de consolidación de sus alas y departamentos de innovación, entonces los procesos de incorporación de tecnologías más sofisticadas están en un nivel incipiente. Esto no quiere decir que no se realice, solamente hace alusión a que falta estructura dentro de los procesos.

En ese sentido, ven que un clúster podría tener un impacto sustantivo al realizar bajadas a las empresas sobre como diversos emprendimientos locales pueden asistirlos en sus problemáticas, dado que la insipencia anterior genera un ecosistema con un grado de articulación menor al que se debiese alcanzar en el futuro próximo. También mencionan que esta falta de articulación se nota a medida que los emprendedores aseguran fondos, ya que, se desconectan en parte para intentar escalar.

1.2. Brechas identificadas por los actores

La figura 11 presenta un esquema de las principales brechas identificadas según los actores más cercanos a cada una de estas. Asimismo, en el centro se interceptan las conclusiones derivadas de las brechas que generan problemas de articulación que podrían ser solucionados por un ente articulador.

Figura 11. Mapa conceptual de identificación de brechas en el ecosistema Biotech de Biobío



Fuente: elaboración propia en base a entrevistas realizadas.

1.2.1. Principales brechas en oferentes de soluciones de Biotech

- **Dificultad para escalar y probar soluciones:** un problema fundamental para los emprendimientos, especialmente aquellos no ligados a IES, que les dificulta escalar y probar soluciones es el déficit de financiamiento en etapas más avanzadas, debido a la necesidad de contar con equipos caros y espacios calificados.

- **Falta de desarrollo de modelos de negocios:** buena parte de los emprendimientos surgen desde las IES en esta región, de forma mucho más ligada a la investigación básica que a la investigación aplicada, de esa forma, buena parte de los emprendimientos no cuentan con modelos de negocios desarrollados.

Así, se tienen empresas incipientes que avanzan en desarrollar soluciones que después no son adoptadas por las empresas debido a que en su diseño no se contempla realmente la venta ni la aplicación práctica, es decir, hay una dificultad de transferencia tecnológica.

1.2.2. Principales brechas en demandantes de soluciones de Biotech

- **Demanda por tecnologías aplicables a la empresa:** existe una brecha en la aplicación de soluciones a la empresa, evidenciado por la amplia petición de que se realice más I+D dentro de la región y que ojalá existan más emprendimientos de Biotech en un estado de aplicación para la empresa.

En ese sentido, se desean no solo soluciones maduras desde un punto de vista tecnológico o sofisticación, sino que más bien, la oferta de muchas soluciones actuales se encuentra lejos de la investigación aplicada y más cerca de la investigación básica.

También ocurre que las soluciones actuales no se encuentran en un estado aplicable a la empresa, sino que más bien, son tecnologías avanzadas sin capacidad de acople, por ende, se debe trabajar fuertemente en la aplicación de estas y no es sencillo cuando no las soluciones no están diseñadas desde un inicio para ser comercializadas.

- **Propiedad intelectual y transferencia tecnológica:** existe una traba relevante a la hora de generar soluciones de I+D de forma asociativa debido a la generación de patentes y de propiedad intelectual.

Hoy en día los demandantes enfrentan complicaciones para adueñarse de la propiedad intelectual y patentamiento de las soluciones que se generan en la parte aplicada de la investigación debido a que en el sector privado casi no se genera investigación básica.

Así, soluciones que serían solo posible mediante la participación de privados, se entrampan en un juego de tira y afloja entre los demandantes de soluciones y los generadores de I+D, principalmente IES. Esta brecha debe ser abordada debido a que potenciaría sustantivamente al ecosistema.

- **Capital humano poco calificado en cadena productiva intraempresa:** muchas de las tecnologías de biotecnología terminan siendo aplicadas en etapas tempranas de la cadena de valor de una empresa, por ejemplo, directamente en las plantaciones agrícolas. Esto implica que una serie de trabajadores con poco conocimiento biológico de base termina siendo determinante en la ejecución exitosa de estas iniciativas.

En ese sentido, se vuelve importante generar espacios de capacitación a los participantes de la cadena de valor en la producción, debido a que la correcta aplicación de una solución tecnológica no necesariamente pasa por personas de alto conocimiento técnico como las que la diseñan en las etapas anteriores. Así, las soluciones deben de ser diseñadas con estas etapas en mente y considerar capacitaciones acordes.

1.2.3. Principales brechas en demandantes generadores de I+D

- **Propiedad intelectual:** existe una brecha en términos de que se dejan de realizar proyectos que serían beneficiosos para la generación de conocimientos aplicados y también monetariamente para las IES, si es que se facilitarían las negociaciones en términos de propiedad intelectual.

Si bien, la propiedad intelectual y el patentamiento son fundamentales para las IES, diversos entrevistados señalaron que negociar sobre esto es complejo, sobre todo, porque la generación de investigaciones aplicadas en conjunto con IES no ocurriría si no hubiera demandante.

Además, como se ha recalcado, las soluciones mutan en su aplicación a lo largo del proyecto, por ende, muchos de los desarrollos se negocian basándose en que al final se determinará esto, lo que frena en general al proyecto.

- **Product – Market Fit:** los actores determinaron consistentemente que existía un problema entre la investigación generada en las IES y los requerimientos de las empresas. En general, la generación de conocimientos no se relaciona directamente con su aplicación a las empresas, ni tampoco considerando la existencia de un consumidor del servicio.

Esto dificulta muchas veces la interacción entre los generadores principales de I+D (IES) y el resto del ecosistema, debido a que las soluciones posteriormente deben pasar por un proceso importante de ajuste para su aplicación o tecnologías no tienen un modelo de negocio asociado ni intención real de desarrollar uno, por ende, no se termina produciendo la transferencia tecnológica.

1.3. Oportunidades para la instalación del clúster

Como muestran los tres círculos centrales en la figura 11, en base a las brechas encontradas y basado en un clúster cuya principal capacidad de acción es la articulación, se han determinado espacios de oportunidad principales. No obstante, existen algunos espacios de oportunidades de articulación que no están en la figura debido a que no son vinculables directamente a actores y/o son problemáticas más generales al ecosistema de biotech, esos también se incluyen.

1.3.1. Articulación para aumentar la transferencia tecnológica

Como puede observarse en la información recopilada desde el análisis del ecosistema biotech del Biobío, se concluye que está bastante centrado en la generación de conocimientos e I+D desde la academia y los Centros de Investigación, sobre todo, en la provisión de soluciones Biotech. Así, la principal brecha que debe cerrarse consiste en las barreras asociadas a la transferencia tecnológica. Tomando en cuenta un rol articulador para el clúster, se piensan las siguientes 3 posibles verticales que forman este espacio de oportunidad:

- **Capacitaciones y articulación de modelos de negocios:** la mayor restricción no pareciera estar en la generación de startups o emprendimientos vinculados a las IES, sino que más bien, a la capacidad

de estos de desarrollar un modelo de negocios que eventualmente desencadene en un producto comercializable.

Así, generar capacitaciones dentro de las Universidades en relación a negocios y biotecnología, para generar más *entrepreneurial scientists* es fundamental, debido a que esto podría reducir importantemente las brechas en product-market fit que observamos. Otra posibilidad sería asistir en el diseño de soluciones con fines comerciales a través de redes de mentores articuladas por el clúster.

- **Potenciación de Oficinas de Transferencia y Licenciamiento (OTL) en el ecosistema:** la OTL de la Universidad de Concepción tiene un presupuesto alto según un estudio preparado por el Ministerio de Ciencia el año 2021, lo que es considerado como alto. No obstante, sus resultados en términos de gestión externa son relativamente bajos (Minciencia 2021). En ese sentido, existe un importante espacio de mejora dentro de una OTL respecto a cómo se relaciona con el ecosistema, lo que podría ser potenciado por actores articuladores como un clúster.

1.3.2. Articulación entre los puntos de soluciones aplicables y soluciones prácticas

Las grandes empresas mencionaron que faltaría I+D en la región orientado a resolver problemáticas empresariales. En efecto, se señalan las soluciones biotech producidas de forma local adolecen de no considerar su aplicación dentro de las empresas, siendo mucho más cercana a investigación básica.

Es imperativo entonces articular los emprendimientos existentes de mejor medida y desde sus etapas más iniciales con las necesidades de las empresas, de lo contrario no se generan ventas en el ecosistema y se tienen emprendimientos sostenidos por fondos públicos, pero no son capaces de escalar no por problemas tecnológicos per se, sino que por no incluir elementos comercializables dentro su oferta.

Dicho de otro modo, actualmente existe oferta de tecnología biotech, pero no de soluciones biotech debido a que estos desarrollos no están pensados para su aplicación dentro del mundo privado. Por lo que articular esto es fundamental y podría realizarse mediante capacitaciones y redes de mentoría.

1.3.3. Articulación para coordinación con el sector público y su velocidad de respuesta

Cualquier ente articulador de actores en sectores dinámicos y que buscan soluciones variadas, debe de estar en constante conversación con el sector público con respecto a la normativa vigente, en específico, es importante que se entienda cuáles son las nuevas tecnologías que comienzan a testearse y sus beneficios y cuáles son las posibles trabas regulatorias que pueden aparecer.

Asimismo, pueden asistir en evidenciar y articular qué normativas podrían modificarse para la puesta en marcha de soluciones sustentables y que produzcan valor a los participantes del ecosistema. Así, el clúster puede articular información desde el sector público al privado sobre cumplimiento normativo de las soluciones, para que no se detengan proyectos en etapas avanzadas debido a desconocimiento jurídico. Esto da más certeza jurídica a los proyectos y eleva su valor esperado, aumentando la toma de soluciones biotech y potenciando el ecosistema.

También puede ocurrir el efecto inverso, que el clúster articule los deseos y necesidades de la industria con respecto al sector público, sobre todo, en términos de posibles compuestos o tecnologías que no sean

dañinas pero la normativa no permite, para que el sector público sea parte de las soluciones y no de las trabas al ecosistema.

A partir del análisis cualitativo realizado podemos concluir que entre las principales brechas para los emprendimientos está el déficit de financiamiento en etapas más avanzadas, debido a la necesidad de contar con equipos caros y espacios calificados. Además, muchas de las empresas de la región no cuentan con modelos de negocios desarrollados, lo que dificulta la transferencia tecnológica. Por otro lado, los demandantes enfrentan complicaciones para adueñarse de la propiedad intelectual.

En cuanto a la falta de financiamiento para emprendimientos, esto ha sido señalado en la literatura científica como una de las principales barreras para el desarrollo de empresas biotecnológicas en países en desarrollo, especialmente para aquellas que no están vinculadas a instituciones académicas (Asante, et al., 2016). La falta de modelos de negocios es una barrera importante para la transferencia tecnológica y ha sido identificada en otros estudios (Gandía, et al., 2018; Wang et al., 2020). Respecto a la falta de aplicación de soluciones a la empresa, esto puede deberse a la falta de comunicación entre las empresas biotecnológicas y las empresas demandantes, así como a la falta de capacitación de los equipos encargados de implementar soluciones en las empresas (Nambisan & Sawhney, 2011). Por último, la brecha en la capacitación del capital humano ha sido identificada como un problema en varios estudios, especialmente en países en desarrollo (Hassanien, et al., 2019).

2. Región de Los Lagos

Para la Región de Los Lagos se logró contactar y entrevistar a 22 participantes del ecosistema de biotecnología local pertenecientes a 20 actores diferentes del ecosistema, distribuidos de la forma en que señala la tabla 39 (listado completo se encuentra en anexos). Se intentó diversificar de forma importante los rubros a los que se relacionaban los distintos entrevistados, para poder tener información sobre todo tipo de mercados e interacciones relacionadas a la biotecnología, con el foco de tener una amplia visión de las problemáticas que enfrentan los actores, su visión de cómo solucionarlas y también su disposición a participar en actividades relacionadas al clúster.

Es importante notar que algunas de las empresas demandantes de Biotech entrevistadas son de gran tamaño, por lo que realizan diversas actividades y tienen distintas verticales. Por ejemplo, las empresas entrevistadas de producción de alimento humano tienen propiedad y operan diversas partes de la cadena de valor, lo que incluye proveedores de ciertos insumos críticos. Esto implica que la descripción de la actividad en la tabla 38 es tentativa y omite buena parte de lo que las empresas realizan.

No obstante, es positivo que las empresas entrevistadas participen en diversos mercados y tengan cadenas de valor largas, así es posible que los entrevistados que tienen una visión estratégica del funcionamiento de la empresa, pueden entender el uso de biotecnología en diversos procesos y a lo largo de la cadena de valor. Esto permite tener respuestas con miradas más integrales del ecosistema.

Tabla 38. Distribución de los entrevistados no pertenecientes al Estado en la región de Los Lagos

| Tipo | Número de entrevistas | Actividades |
|---------------------------------------|-----------------------|--|
| Empresa grande que demanda Biotech | 7 | Servicios sanitarios |
| | | Acuicultura |
| | | Alimento animal |
| | | Farmacología animal |
| | | Alimento humano (2) |
| | | Acuicultura |
| Emprendedor Biotech | 7 | Tratamiento de residuos y desechos (3) |
| | | Tecnología para animales |
| | | Bioquímica |
| | | Fermentación de precisión |
| | | Producción de algas |
| | | |
| Fundaciones, gremios y sociedad civil | 6 | Ecosystem builder |
| | | Salmonicultura (2) |
| | | Agricultura (2) |
| | | Salud humana |
| | | |

Fuente: elaboración propia en base a entrevistas realizadas.

2.2. Funcionamiento general del ecosistema según los actores

En base a la información de primera fuente se estableció que el ecosistema de biotecnología de los Lagos se encuentra en una etapa intermedia de maduración, en la cual existen oportunidades de que surjan empresas que provean soluciones de biotecnología a otras empresas y también de productos finales a consumidores. No obstante, todavía no es posible determinar que se encuentra en una etapa alta de maduración debido a que existen trabas sustantivas para que la generación de soluciones biotech escalen y sean aplicadas en la práctica.

En específico, se presenta un breve resumen de cómo los diversos actores perciben el funcionamiento del ecosistema, lo que eventualmente determina las brechas en el funcionamiento que pueden cerrarse a través de la articulación de actores, lo que en definitiva serían las oportunidades que tendría la instalación de un clúster que se espere tenga resultados en corto y mediano plazo:

1. **Grandes empresas que demandan biotecnología:** ven un ecosistema que funciona, en donde es posible desarrollar soluciones a desafíos productivos a través de capacidades interna y externas, siendo estas últimas desarrolladas en conjunto con emprendedores Biotech. Inclusive, algunas de las empresas mencionaron tener habilitados centros de estudio y de prototipaje propios, en donde desarrollan estas soluciones y que proveedores de soluciones pueden que sean contratados por la empresa pueden usarla para prototipar la aplicación en la empresa.

No obstante, mencionar de forma sostenida que para llegar a estas instancias es necesario tener muy claro el valor que la solución Biotecnológica provee y que esto depende del tamaño del desafío a que se enfrentan las empresas. El tamaño del desafío depende fuertemente del marco regulatorio y del estado ambiental. Por ejemplo, las empresas señalaron que se encuentran

analizando la implementación de soluciones relativamente poco probadas en términos de recuperación de suelo y eliminación de desechos, en buena parte por la aprobación de la Ley REP.

En suma, las empresas buscan soluciones probadas que haya que instalar en las empresas y salvo condiciones especiales están dispuestas a acompañar a emprendedores de completamente en el proceso que es escalar. Es decir, las empresas buscan soluciones a sus problemáticas y no ideas que podrían solucionarlos. Explicitaron, además, que debido a que la biotecnología es muy dinámica y surgen posibles soluciones constantemente, es difícil tener mapeado que existe y que no y, por ende, se tienen a priorizar la búsqueda a problemas sustantivos.

Lo anterior también se relaciona con la velocidad que implica participar de un mundo globalizado, cuyos mercados compiten intensamente y en que aplicar diversas soluciones pueden generar ventajas competitivas. Esto se relaciona directamente con el riesgo de los proyectos, debido a que más de una empresa señaló que avanzar en soluciones podría chocar eventualmente con las regulaciones actuales, de las cuáles muchas veces se tiene desconocimiento y también durante la etapa de investigación aplicada los proyectos sufren cambios para ejecutarlos, así algo que cumple con toda la normativa en un principio puede terminar encontrando un tope. En ese sentido, las soluciones más probadas son menos riesgosas.

En esto mismo son muy críticas las empresas con las IES, debido a que señalan que investigan y avanzan a su propio ritmo, sin tomar en cuenta la urgencia que puede tener la empresa para avanzar en resolver sus propios desafíos. Además, mencionan que muchas veces las IES y en menor medida los emprendimientos biotech, suelen desarrollar investigación y tecnologías sin considerar que esto debe ser aplicado y vendido a una empresa o consumidor final, existe un problema directo de transferencia tecnológica y también de producto market fit. Este último punto se menciona a veces con respecto a emprendedores biotech, pero es menos relevante por el ritmo de trabajo.

Un punto que también es importante en esta relación consiste en la dificultad que existe en generar proyectos en conjunto con IES debido a complicaciones que surgen en torno a la propiedad intelectual, en concreto, en que las IES se quedan con gran parte de esta y, luego, se debe de pagar por licenciamiento y otro esquema. Otras veces en que se reparte, esto es incierto al inicio y se negocia después, aumentando la incertidumbre de los proyectos.

Señalaron también que efectivamente existe una brecha de generación de conocimientos y capital humano de forma local debido a que la Universidad de Los Lagos es relativamente joven y que la Universidad Austral es de alta calidad, pero de menor tamaño. Esto ha producido que se busque capital humano fuera de la región y que se incorpore a IES de la Región Metropolitana en procesos de I+D.

Sin embargo, esta falta de localía no es vista como una problemática sustantiva por parte de las empresas, de hecho, varias alaban la capacidad que tiene la región de atraer talento joven nacional e internacional. De hecho, celebraron el atractivo en términos de calidad de vida que aporta la región y la facilidad atraer talento joven y senior. La mayor brecha en este caso es en el capital humano más avanzado, es decir, doctores e investigadores de larga trayectoria, personas que pueden generar conocimiento de frontera.

Un último punto se relaciona con la cultura y las comunidades locales. Varias empresas señalaron la relevancia de incluir a la sociedad civil en los procesos que el clúster tome y también

mencionaron que la región tiene una cultura particular y que se espera que esta sea tomada en cuenta a la hora de que el clúster funcione.

Las respuestas anteriores dan diversas luces de cuáles son las condiciones habilitantes e inhabilitantes actuales del ecosistema, mostrando que claramente existen capacidades a potenciar en términos de madurez de soluciones, dificultades para tener información de soluciones y regulaciones, dificultades para realizar I+D con IES locales, entre otros que se desprenden del análisis más arriba, pero que existe una base sólida y muy dispuesta a recibir articulación.

Por último, las empresas se mostraron muy abiertas a participar en el clúster de forma activa, utilizando servicios de articulación y también levantando desafíos en conjunto con emprendedores biotech articulados mediante el clúster. En términos monetarios y de prestar equipo fueron algo más recelosos, sobre todo, por qué dependía de que tanto se alinease la labor del clúster con lo que las empresas esperaban. No obstante, en caso de proveer soluciones a sus problemáticas, la mayoría podría prestar recursos monetarios. Es importante notar que muchas de estas participaciones podrían ser indirectas a través de asociaciones gremiales a las cuales las empresas pertenecen.

2. **Emprendedores de biotecnología:** señalan que el ecosistema funciona y que ha crecido de forma muy importante en los últimos años, pero que el viaje desde la idea de una solución de biotech a su aplicación todavía enfrenta amplios desafíos.

Tomando el ciclo de vida de una startup de biotecnología, señalan que frente a buenas ideas existe la posibilidad de tener financiamiento inicial a través de diversos instrumentos del Estado, principalmente Corfo, y que es posible mantenerse operando en el tiempo con estos fondos. Sin embargo, señalan que estos fondos no siempre son suficientes para escalar la empresa, sobre todo, cuando se comienza a llegar a la etapa de prototipaje o generación de productos mínimos viables. Esto último se debe a que muchas veces son requeridos equipos y/o instalaciones que estos fondos no son capaces de cubrir.

Señalan que los equipos son caros y que se deben de importar e instalar en un espacio, por ende, no es factible que una empresa que se encuentra trabajando en proveer un servicio, antes de realizar las primeras ventas, sea capaz de comprar estas. Se requiere financiamiento externo, ya sea a través del Estado (que en estas etapas es más difícil) o de inversionistas privados. Destacan que esto último ha mejorado en el tiempo y que de hecho se instaló el primer fondo de capital de riesgo para empresas en “la cuenca del Llanquihue”.

Ahora bien, algunos emprendimientos logran pilotear directamente con empresas grandes que adquieren la solución y la desarrollan en conjunto, pero esto no es común para todas las soluciones, ya que, las empresas son resistentes al riesgo (como se comentó en el punto 1 de esta sección).

Este escenario genera que en muchos casos los emprendimientos deban enfocarse en buscar el uso del equipamiento que ponen a disposición las universidades y los centros de investigación relacionados a estas. Sin embargo, esto no está exento de complicaciones debido a que hay gran cantidad de barreras para utilizar estos equipos. En definitiva, las opciones para escalar la provisión de soluciones se encuentran restringidas.

Algunos emprendedores hicieron el punto en que generar el desarrollo directamente con la universidad es poco atractivo, ya que, estas tratan de quedarse con participaciones importantes en temas de propiedad intelectual y también tienen ciclos de producción científica lentos. Esto último es relevante; el emprendedor está bajo presión constante de sacar la empresa adelante mientras tenga financiamiento, mientras que el investigador universitario no estaría afectado por esta restricción, así es difícil generar conocimientos de forma conjunta.

Un punto importante que señalan ellos es que tienen acceso a empresas grandes a través de los ecosystem builders de la región y a distintos seminarios y conferencias específicas que se generan, no obstante, los ecosystem builders actualmente no tienen la capacidad de asistir con el escalamiento y no hay suficiente exposición para soluciones menos avanzadas en general. A pesar de que alaban la labor de los articuladores actuales del ecosistema, mencionan que no existe ninguno de gran escala y con la potencia necesaria para articular de buena manera al privado con el público y con los emprendimientos.

Además, como el mundo de la biotecnología avanza de forma dinámica y se diseñan constantemente nuevas formas de atacar problemas de las empresas y sociales, se espera que la regulación se mueva igual de rápido. Los emprendedores mencionan que este no es el caso, que en general las regulaciones dificultan sustantivamente la introducción de soluciones que a todas luces serían beneficiosas para empresas, comunidades y el medio ambiente, pero que regulaciones anticuadas no permiten esto.

En términos de adquirir capital humano específico mencionan que es una barrera sustantiva, sobre todo, aquel que puede asistir más en la parte de I+D de la solución. El diseño y la implementación de biotecnología es un trabajo eminentemente técnico, por ende, contar con personal de primer nivel es fundamental.

Las respuestas anteriores dan diversas luces de cuáles son las condiciones habilitantes e inhabilitantes actuales del ecosistema, mostrando que claramente existen capacidades a potenciar en términos de madurez de soluciones, dificultades para tener información de soluciones y regulaciones, dificultades para realizar I+D con IES locales, entre otros que se desprenden del análisis más arriba, pero que existe una base sólida y muy dispuesta a recibir articulación.

En general los emprendedores se mostraron emocionados frente al prospecto de que exista un clúster en la región, mencionando que les gustaría ver mayor articulación en torno a apalancar las capacidades establecidas en la región para escalar emprendimientos, asistir en actualizar normativa y/o en proveer asistencia con esta y también con el prospecto de que exista una mayor oferta de programas de capacitación que mejoren el nivel del capital humano local.

3. **Gremios y sociedad civil:** señalan que el ecosistema existe y prospera, no obstante, existen fuertes focos de desarrollo en la región y levantan que hay rubros en que hay mayor disposición a generar I+D en biotecnología y que hay otros más rezagados, siendo estos últimos lo más relacionado a lo agrícola.

Se encuentran muy alineados con las problemáticas que encuentran las empresas en el ecosistema, señalando primero que muchas soluciones de biotecnología en la región continúan en etapas tempranas o son poco concretas, que están lejos de llegar a mercado. También levantan la falta de actualización de normativas y las falencias que existe entre la articulación con las IES.

Como puede verse, las organizaciones que representan al sector productivo local se encuentran muy alineadas con el diagnóstico de las empresas, no obstante, dentro de las entrevistas levantaron puntos y visiones no relacionados en sí mismo a las condiciones habilitantes e inhabilitantes para la instalación del clúster y/o el nivel de madurez del ecosistema, más bien, hicieron puntos estratégicos sobre la instalación del clúster los cuales son fundamentales.

Primero, señalaron la importancia de la reputación de quién y cómo se instala el clúster. Se señaló repetidas veces el hecho de que para que cualquier proyecto colaborativo funciones se requiere confianza, por esto mismo se recalcó la importancia de que el clúster tenga un aire de neutralidad y de que se venga con una agenda definida para favorecer a ciertos actores.

En efecto, se mencionó que cualquier tipo de organización articuladora deberá de generar confianza con los potenciales participantes. Es importante que se deje claro desde el principio que colaborar con una empresa por ejemplo no cierra puertas a participaciones similares con otra, es decir, que la articulación abre puertas a todos y no solo a los primeros o más grandes en llegar.

Del mismo modo, se señaló que es importante que cuando el clúster articuló la relación entre privados, sobre todo, cuando es la articulación entre un demandante de soluciones biotech y de potenciales proveedores del servicio, sirva como un mecanismo de validación o certificación. Se espera que las relaciones articuladas por el clúster tengan garantía de seriedad y responsabilidad por el lado del emprendedor, es decir, que el clúster tenga procesos de screening.

Se mencionó que la capacidad de llegar e instalarse con alianzas estratégicas puede permitir generar estas confianzas y sensación de certeza y seguridad en el clúster. Se piensa que alianzas con otras organizaciones neutrales son relevantes, por ejemplo, universidades de primer nivel en el plano nacional e internacional, por ejemplo, se mencionó Stanford y la Universidad Católica. Esto se alinea con la visión de algunas empresas de que para incentivar la participación en el clúster se debe contar con la capacidad de trabajar con “los mejores”.

También apuntaron a que este tipo de *partnerships* podría incluir convenios sobre intercambios de prácticas y facilidades para importar trabajadores calificados e incluso enviar a capacitaciones profesionales fuera de la región, lo que podría reducir la brecha existente sobre capital humano avanzado en la región.

Por último, todos los gremios y miembros de la sociedad civil que participaron en las entrevistas señalaron un gran interés en participar en el clúster, asistiendo mayoritariamente en términos de articulación, solamente los gremios de empresas de mayor tamaño señalaron que podrían analizar la posibilidad de orquestar algún tipo de participación activa en términos monetarios o de equipo.

4. **Estado:** como se mencionó al comienzo de esta sección, inicialmente no se contemplaba la participación del sector público en las entrevistas, por lo tanto, estas se realizaron de manera no estructurada y con un foco diferente: entender el diagnóstico que las autoridades tienen sobre el ecosistema de biotech de la región y ver también qué acciones de política pública están realizando para abordar sus brechas identificadas.

Lo anterior cumple con dos fines para el estudio; primero, permite contrastar los diagnósticos realizados en base a las entrevistas previamente realizadas en la región y, segundo, se puede

analizar qué acciones se están realizando y se planea realizar en el futuro con el foco de cubrir de que un clúster genere espacios complementarios y cierre las brechas identificadas que quedan más desatendidas.

Se realizaron dos entrevistas; una con la Seremi de la macrozona sur y otra con el director regional de Corfo. Lo primero que debemos notar es que ambos organismos señalaron grandes niveles de alineación a lo largo de los diagnósticos que se han realizado y de las acciones que se debían tomar, aunque las herramientas de las que disponen para cerrar brechas sean distintas.

La principal brecha del ecosistema de biotecnología y, en realidad, de todo el ecosistema de I+D+i+e en la región es la falta de desarrollo de capital humano avanzado. Esto va en línea con lo declarado por otros actores y por los indicadores construidos en este estudio, aunque es visto como un problema más sustantivo que por parte de estos otros actores.

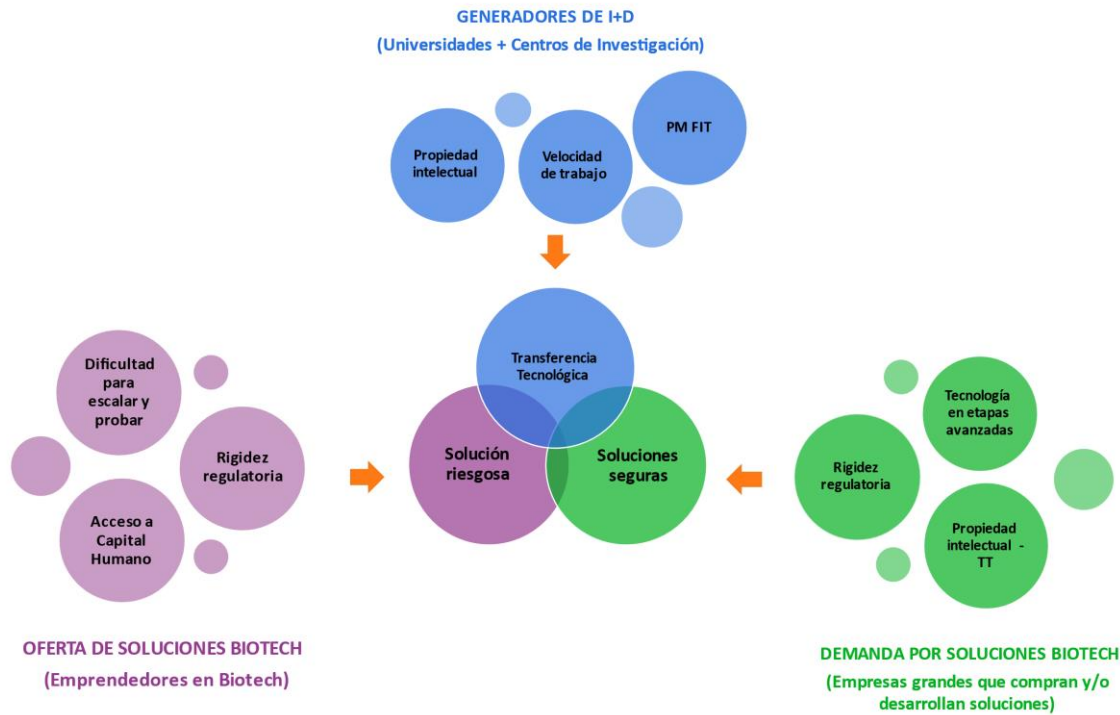
En ese sentido, la Seremi de la macrozona sur comentó de un programa que comenzaría prontamente su implementación para dar becas a estudios de posgrado en las universidades de la macrozona, con el foco de incentivar la creación de capital humano avanzado. El Director Regional de Corfo hizo hincapié en la falta de capital humano avanzado y que esta había sido una de las grandes piedras en el zapato de la región.

Adicionalmente, el Director Regional de Corfo señaló que existen importantes falencias de financiamiento por parte del Estado para emprendimientos de mayor tamaño, pero que se estaba trabajando en ello mediante futuros proyectos de Ley. En este sentido, vemos que lo señalado por el sector público complementa la información recabada por el sector privado y la sociedad civil, indicando que los diagnósticos de los actores están alienados y mostrando que existen espacios que están siendo llenados por el sector público para cerrar brechas.

2.3. Brechas identificadas por los actores

La figura 12 presenta un esquema de las principales brechas identificadas según los actores más cercanos a cada una de estas. Asimismo, en el centro se interceptan las conclusiones derivadas de las brechas que generan problemas de articulación que podrían ser solucionados por un ente articulador.

Figura 12. Mapa conceptual de identificación de brechas y espacios de articulación en el ecosistema Biotech de Los Lagos



Fuente: elaboración propia en base a entrevistas realizadas.

2.3.1. Principales brechas en oferentes de soluciones de Biotech

- **Dificultad para escalar y probar soluciones:** existen problemas de financiamiento para los emprendimientos biotecnológicos más avanzados, ya que, necesitan equipos costosos y espacios calificados para generar las pruebas necesarias para testear las soluciones en condiciones observables en la práctica.

Por ejemplo, una solución biotecnológica a aplicarse dentro de las jaulas de los salmones en una empresa acuícola, necesita testearse en un espacio controlado en que se encuentren salmones viviendo en condiciones similares a la práctica, lo que incluye temperatura del agua, salinidad y diversas variables relevantes. Poder contar con un equipo así para una empresa pequeña de biotech es prácticamente imposible, salvo que sea prestado por un centro de investigación, universidad o empresa privada.

Esta brecha aplica a todo tipo de soluciones, no sólo acuícolas, sino que también en temas de salud humana, donde hay que ser extremadamente precavidos, salud animal, agricultura, etc. Así, la dificultad de generar prototipos y productos mínimos viables para escalar las soluciones para llegar a mercado es la principal brecha que identifican los emprendimientos biotecnológicos.

- **Acceso a capital humano avanzado:** a pesar de que existe la posibilidad de importar capital humano avanzando desde otras regiones y del extranjero, se debe de pagar una prima monetaria por esto.

Además, en el caso de la importación de capital humano desde el extranjero se debe de incurrir en trámites legales que tienen costos asociados, tanto pecuniarios como no pecuniarios.

Un factor mitigante de este problema consiste en la alta calidad de vida de la región, dado que resulta atractiva la reubicación, aunque como ya se mencionó, esta es costosa. Así, los oferentes se encuentran pagando altos costos para tener capital humano avanzado para generar I+D de alto nivel en términos de soluciones biotech.

- **Rigidez regulatoria:** proveer soluciones innovadoras a problemas del sector privado y que además sean sostenibles es una actividad con un alto grado de incertidumbre en su ejecución. Así, la solución final ofrecida a un problema puede distar sustantivamente de la idea original, y todos estos descubrimientos se hacen en la marcha del proceso de I+D.

Entonces, es factible que el marco regulatorio analizado en un principio no sea el adecuado a medida que se avanza con un proyecto, también pudiendo ocurrir que por diversos motivos ciertas regulaciones no se actualicen con la misma velocidad que la industria requiere soluciones. De esta forma es que un número importante de desarrollos se topa con que no son aplicables fuera del piloto o producto mínimo viable debido a barreras regulatorias, que posiblemente no han sido actualizadas al estado del arte de la investigación.

Es imperativo que la normativa se actualice continuamente y al ritmo que se desarrolla la tecnología, no solo para que se realicen más proyectos de biotecnología, de hecho, esto es una externalidad positiva, sino que, se permita utilizar el estado del arte de la tecnología para solucionar problemáticas humanas, sociales, ambientales, etc.

2.3.2. Principales brechas en demandantes de soluciones de Biotech

- **Demanda por tecnologías en etapas avanzadas:** debido a la aversión al riesgo existente en los demandantes de soluciones, no se toman riesgos que podrían tener generar proyectos de biotech exitosos. Esto último es muy importante debido a que las empresas demandantes de Biotech de mayor tamaño cuentan con equipamiento, laboratorios y centros de investigación para realizar pruebas que podrían suplir la falta de centros de prototipado y de equipos en general.

En ese sentido, existe capacidad ociosa desde la demanda para el desarrollo de soluciones, debido a que no se está dispuesto a prestar instalaciones salvo que el problema sea mayúsculo, de índole obligatoria por regulaciones o el oferente en biotech tenga una tecnología en estado avanzado.

El ecosistema y las empresas en general, se beneficiarían de sobremanera si existiera mayor disposición a invertir en soluciones menos avanzadas e incluso aún más si existiese la costumbre de coordinar investigación y su aplicación a lo largo del ecosistema, es decir, que uno o más oferentes de biotech trabajen con varios privados en la resolución de un mismo problema relevante. Los entrevistados mencionaron que alguna vez ha habido este enfoque pero que es poco frecuente.

- **Propiedad intelectual y transferencia tecnológica:** existe una traba relevante a la hora de generar soluciones de I+D de forma asociativa debido a la generación de patentes y de propiedad intelectual.

Hoy en día los demandantes enfrentan complicaciones para adueñarse de la propiedad intelectual y patentamiento de las soluciones que se generan en la parte aplicada de la investigación debido a que en el sector privado casi no se genera investigación básica.

Así, soluciones que serían sólo posible mediante la participación de privados, se entrampan en un juego de tira y afloja entre los demandantes de soluciones y los generadores de I+D, principalmente IES. Esta brecha debe ser abordada debido a que potenciaría sustantivamente al ecosistema.

En la misma línea se señala que existe un problema de absorción de estas soluciones de I+D debido a que los proyectos de generación de I+D son sustantivamente lentos y existe un desacople importante en la velocidad con que la investigación se genera y la velocidad con la que se demandan las soluciones. Entonces, eliminar barreras relacionadas a la dificultad de un proceso que es naturalmente lento, pero relevante, tendría efectos muy positivos.

- **Rigidez regulatoria:** como se ha mencionado que las soluciones biotecnológicas mutan a lo largo de su desarrollo y eventualmente aplicación, siempre existe incertidumbre de si la solución final cumplirá o no con la normativa vigente, a pesar de que la nueva solución implique eliminar un problema sustantivo y genere externalidades positivas fuera de la empresa. Por ejemplo, el desarrollo de una tecnología que tenga efectos medioambientales positivos, pero utiliza un producto que es considerado, de forma obsoleta o desactualizada, dañino para la salud de forma que la solución no puede ponerse en marcha.

Esta problemática ha sido una tónica frecuente y es esa misma incertidumbre que genera que no se tomen proyectos debido a la falta de certeza que se tiene sobre su futura aplicación, lo que potencia el efecto de la aversión al riesgo natural de las empresas.

2.3.3. Principales brechas en demandantes generadores de I+D

- **Propiedad intelectual:** existe una brecha en términos de que se dejan de realizar proyectos que serían beneficiosos para la generación de conocimientos aplicados y también monetariamente para las IES, si es que se facilitarían las negociaciones en términos de propiedad intelectual.

Si bien, la propiedad intelectual y el patentamiento son fundamentales para las IES, diversos entrevistados señalaron que negociar sobre esto es complejo, sobre todo, porque la generación de investigaciones aplicadas en conjunto con IES no ocurriría si no hubiera demandante.

Además, como se ha recalado, las soluciones mutan en su aplicación a lo largo del proyecto, por ende, muchos de los desarrollos se negocian basándose en que al final se determinará esto, lo que frena en general al proyecto.

- **Velocidad de trabajo:** una traba para generar conocimiento en el ecosistema consiste en que los tiempos en que se generan las investigaciones básicas y aplicadas en conjunto con las IES no responden a los tiempos que los problemas requieren.

En efecto, los tiempos de desarrollo a los que están afectos los investigadores y académicos son muy largos, lo que genera reticencia para el resto del ecosistema en generar proyectos asociados a las IES. Existen bajos incentivos para desarrollar soluciones bajo esta vía por parte de emprendimientos debido a que estos plazos pueden llevar a la quiebra.

Para las empresas grandes resulta más atractivo trabajar de forma directa con emprendimientos proveedores de soluciones Biotech, ya que, incurren en etapas posiblemente soluciones más avanzadas y que avanzan de manera más veloz, además de no incurrir en problemas de propiedad intelectual.

- **Product – Market Fit:** los actores determinaron consistentemente que existía un problema entre la investigación generada en las IES y los requerimientos de las empresas. En general, la generación de conocimientos no se relaciona directamente con su aplicación a las empresas, ni tampoco considerando la existencia de un consumidor del servicio.

Esto dificulta muchas veces la interacción entre los generadores de I+D (IES) y el resto del ecosistema, debido a que las soluciones posteriormente deben pasar por un proceso importante de ajuste para su aplicación o tecnologías no tienen un modelo de negocio asociado ni intención real de desarrollar uno, por ende, no se termina produciendo la transferencia tecnológica.

2.4. Oportunidades para la instalación del clúster

Como muestran los tres círculos centrales en la figura 12, en base a las brechas encontradas y basado en un clúster cuya principal capacidad de acción es la articulación, se han determinado espacios de oportunidad principales. No obstante, existen algunos espacios de oportunidades de articulación que no están en la figura debido a que no son vinculables directamente a actores y/o son problemáticas más generales al ecosistema de biotech, esos también se incluyen.

2.4.1. Articulación entre los puntos de soluciones riesgosas y soluciones seguras

El principal espacio de oportunidad observado existe en el espacio que dejan las brechas generadas por la dificultad de escalamiento de los emprendimientos por falta de equipos y la aversión al riesgo de las empresas que las motiva a buscar soluciones más desarrolladas, cuyo valor es más aparente y tienen menos riesgo.

En efecto, existen proyectos que serían rentables para las empresas que no se llevan a cabo debido a que es difícil tener un buen *match* con soluciones biotech poco desarrolladas, sobre todo, para problemáticas que no requieren de soluciones de corto plazo. Asimismo, se pierde la posibilidad de escalar ciertos productos cuya aplicación tendría impactos positivos para el ecosistema debido a que no es posible generar prototipos ni productos mínimos viables.

Aquí existe un gran espacio de articulación para un clúster en la región, ya que, existen diversos mecanismos por los cuales es posible acercar soluciones de biotech a las empresas que las buscan o a las que podrían servirles, estando en diversas etapas las soluciones.

En específico, podrían generarse acuerdos de colaboración con laboratorios y centros de investigación privados que contengan equipo para testear soluciones, es decir, apalancar la capacidad ociosa de investigación aplicada que diversos actores señalaron conocer para permitir a diversos emprendimientos generar prototipos y productos mínimo viables.

Esto podría realizarse mediante un arriendo de los equipos o que se asignen bloques horarios de uso a miembros del clúster por parte del laboratorio, los cuales posteriormente son asignados a emprendimientos y proveedores de soluciones. No obstante, existen diversos modelos de colaboración que podrían determinarse y, de hecho, podrían ser distintos dependiendo la naturaleza de las industrias en cuestión.

Esto permitiría que solo mediante la articulación de actores y sin generar inversiones importantes por parte de ningún actor, se acelere la producción de investigación aplicada en el ecosistema de biotech de Los Lagos y ayude en su maduración. Esto caería dentro de la definición de *quick win* para el clúster y podría ser uno de los factores más sencillos de apalancar.

Por último, y como mencionaron organizaciones que representan a otros actores del ecosistema, es importante que cualquier acuerdo se haga manteniendo la neutralidad y sin dejar a nadie fuera, por ejemplo, no generando exclusividad a acceso a las soluciones generadas a los dueños de la infraestructura, podría darse algún tipo de incentivos, pero se recalca que no exclusividad. Esto también debe hacerse considerando la

2.4.2. Articulación para aumentar la transferencia tecnológica

A pesar de que se levantaron muchas brechas asociadas directa e indirectamente a las IES y otras organizaciones asociadas con la producción de investigación básica y, en menor medida, investigación aplicada, estas continúan teniendo un rol central dentro del ecosistema. Es importante recalcar que sin investigación básica no hay investigación aplicada.

Existen brechas importantes en las etapas de transferencia tecnológica, de hecho, es necesario articular de mejor medida a la producción de investigación a que considere la relevancia de ser utilizada en la práctica y, sorprendentemente, esto incluye a la ciencia aplicada. Existen investigaciones prácticas que no tienen modelos de negocios asociados o que ni siquiera consideran ser llevadas al mercado.

Urge capacitar y articular las soluciones siendo generadas por los académicos para que puedan ser utilizadas por las empresas o lleguen a consumidores finales, lo que sería beneficioso para las IES a través de *spinoffs* y también para el ecosistema al aumentar el número de soluciones biotecnológicas viables. Existen distintos esquemas que podrían utilizarse para articular este punto, desde capacitaciones o redes de mentores que permitan generar negocios de las investigaciones realizadas.

2.4.3. Articulación para fomentar la producción de capital humano avanzado

La falta de capital humano avanzado ha sido señalada de forma transversal por los actores, sobre todo, de aquel capital humano más relacionado a la investigación aplicada. Es fundamental recordar que la biotecnológica es un sector eminentemente técnico, por ende, es necesario personal de primer nivel para poder generar soluciones que aporten valor a las empresas. En ese sentido, se ven diversos espacios de articulación en distintos niveles que podrían aprovecharse para perfeccionar al de capital humano avanzado disponible en la región, a continuación, se presentan algunas alternativas:

- **Capacitaciones y cursos para profesionales:** el clúster puede generar instancias de capacitación a través de cursos y certificaciones relacionadas al capital humano específico a la biotecnología, mejorando el entendimiento de bioprocesos a los trabajadores sin conocimientos específicos.

También, se mencionó que faltan científicos con conocimientos de negocios, por ende, cursos sobre administración de negocios ligados a biotech podrían acelerar la puesta en marcha de diversos productos. Es importante entender que el clúster no puede impartir cursos equivalentes a formación académica de una IES, pero de todas formas puede formar conocimientos en el ecosistema.

- **Articulación con instituciones para atraer y formar capital humano:** se pueden establecer convenios con IES tanto nacionales como internacionales para facilitar la atracción y formación de capital humano. Esto podría incluir la capacidad de atraer profesionales formados en instituciones extranjeras de alta calidad para proyectos específicos, bajo el mismo marco, podría generarse espacios para enviar a formar en conocimientos específicos o proyectos a un número de profesionales locales.
- **Articulación de financiamiento de becas y otras instancias afines a la generación de capital humano avanzado:** si bien, el sector público se encuentra empujando un esquema de becas para capital humano avanzado (posgrado) en la macrozona, estos planes buscan formar menos de 20 profesionales al mismo tiempo y en distintas disciplinas. El clúster podría articular programas de becas específicas para generación de capital humano en biotech, potenciándolo con partners internacionales.

2.4.4. Articulación para coordinación con el sector público y su velocidad de respuesta

Cualquier ente articulador de actores en sectores dinámicos y que buscan soluciones variadas, debe de estar en constante conversación con el sector público con respecto a la normativa vigente, en específico, es importante que se entienda cuáles son las nuevas tecnologías que comienzan a testearse y sus beneficios y cuales son las posibles trabas regulatorias que pueden aparecer.

Asimismo, pueden asistir en evidenciar y articular qué normativas podrían modificarse para la puesta en marcha de soluciones sustentables y que produzcan valor a los participantes del ecosistema. Así, el clúster puede articular información desde el sector público al privado sobre cumplimiento normativo de las soluciones, para que no se detengan proyectos en etapas avanzadas debido a desconocimiento jurídico. Esto otorga mayor certeza jurídica a los proyectos y eleva su valor esperado, aumentando la toma de soluciones biotech y potenciando el ecosistema.

También puede ocurrir el efecto inverso, que el clúster articule los deseos y necesidades de la industria con respecto al sector público, sobre todo, en términos de posibles compuestos o tecnologías que no sean dañinas pero la normativa no permite, para que el sector público sea parte de las soluciones y no de las trabas al ecosistema.

Tal como se ha presentado en esta sección se identifican tres oportunidades principales para la instalación de un clúster en el ecosistema de biotecnología de Los Lagos, Chile. La primera oportunidad se encuentra en la articulación entre soluciones seguras y soluciones riesgosas, debido a que existen proyectos rentables para las empresas que no se llevan a cabo porque es difícil tener un buen match con soluciones biotecnológicas poco desarrolladas. La segunda oportunidad se encuentra en la transferencia tecnológica, ya que existen brechas en las etapas de transferencia tecnológica y es necesario articular mejor la producción de investigación a que considere la relevancia de ser utilizada en la práctica. La tercera oportunidad es la articulación para fomentar la producción de capital humano avanzado, ya que la falta de capital humano avanzado ha sido señalada de forma transversal por los actores.

En la literatura científica se ha demostrado la importancia de la articulación entre diferentes actores del ecosistema de biotecnología para impulsar la innovación y el desarrollo económico. Según Baumgartner y Piñeiro (2015), el clúster biotecnológico es una estructura que facilita la transferencia de conocimiento, la colaboración y la innovación entre empresas, instituciones académicas y de investigación, y el gobierno. Además, la transferencia de tecnología es un factor clave para el éxito de un clúster, ya que permite a las empresas utilizar los conocimientos y tecnologías desarrolladas por las instituciones de investigación y las universidades para crear nuevos productos y servicios. Según Nelson y Rosenberg (2008), la transferencia de tecnología es un proceso complejo que requiere la colaboración entre actores del ecosistema y la existencia de una cultura de innovación.

En cuanto a la producción de capital humano avanzado, la literatura científica ha destacado la importancia de la formación de recursos humanos altamente capacitados para el desarrollo de la biotecnología y la innovación. Según Laredo (2007), la formación de capital humano es un factor clave para el éxito de un clúster de biotecnología, ya que los recursos humanos altamente capacitados son necesarios para llevar a cabo la investigación y el desarrollo de nuevos productos y servicios. Además, la formación de capital humano es un factor importante para atraer inversiones y empresas extranjeras al clúster, ya que estas empresas buscan mano de obra altamente capacitada y calificada.

RECOMENDACIÓN FINAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN CLÚSTER DE BIOTECH EN BASE A LAS ETAPAS

El análisis cualitativo realizado ha permitido comprender de forma detallada los funcionamientos de ambas regiones candidatas, además de potenciar y nutrir el análisis cuantitativo realizado previamente, al permitir entender de mejor forma los procesos generadores de datos de cada una de las cifras utilizadas.

Este análisis desveló que existen ciertos elementos comunes dentro de ambos ecosistemas y muy posiblemente dentro de otros ecosistemas regionales, principalmente, la complejidad que existe en términos de escalar las empresas proveedoras de biotech. En efecto, la dificultad de tener acceso a hacer crecer las soluciones, pilotarlas y generar productos mínimos viables es una dificultad sustantiva, lo que debe ser resuelto y facilitado en ambos ecosistemas.

Ahora bien, la principal diferencia entre ambos ecosistemas consiste en la fuente del surgimiento de empresas o emprendedores que proveen soluciones biotech, siendo guiados por el sector privado en la región de Los Lagos mientras que en Biobío el proceso está mucho más ligado a las IES, en específico, a la Universidad de Concepción. Esto es fundamental, ya que, ello forma sustantivamente la manera en que interactúan los distintos actores del ecosistema de biotecnología, moldeando las relaciones aguas arriba y aguas abajo en la cadena de producción biotech. Esto tiene ramificaciones sustantivas debido a que afectan la capacidad que tiene el clúster de aprovechar los espacios de oportunidad existentes basados en las brechas identificadas. En ese sentido, la principal brecha en la región de Los Lagos consiste en el problema de escalamiento que tiene las empresas proveedoras de biotech debido a falta de equipos, lo que dificulta que sus soluciones sean vistas como atractivas para las empresas, las cuáles presentan aversión al riesgo y buscan soluciones en etapas más avanzadas.

Dado que se mencionó la existencia de capacidad ociosa en la región en términos de uso de instalaciones de investigación, entendidas como laboratorios y centros de investigación privados, es posible solucionar en parte este problema mediante la articulación del uso de estos por parte de los emprendimientos. Esto

permitiría escalar un mayor número de empresas. Esta problemática es bastante solucionable a través del tipo de herramientas que se asocian a un clúster.

Por otro lado, tenemos la región del Biobío en cuyo ecosistema juegan un rol central las IES, sobre todo la Universidad de Concepción, y los centros de investigación, como impulsores importantes de las soluciones biotecnológicas que surgen de forma local. Esto plantea desafíos en temas de articulación muy complejos, debido a que implicaría potencial el rol de las OTL, lo que no es sencillo, o generar acuerdos relacionados al manejo de propiedad intelectual.

A una escala menor pero que también podría impactar positivamente sobre el ecosistema, se podría capacitar personal en términos de generar modelos de negocios y cambiar la forma en que son formulados y desarrollados los proveedores de soluciones Biotech. Entonces, lo que se debiera de articular es el proceso de transferencia tecnológica de las IES hacia privados, lo que implicaría aliviar un problema complejo y de larga data.

En base al análisis cuantitativo se observan dos regiones con alta capacidad industrial y en que se ejecuta activamente I+D en biotecnología y, si bien, en la región del Biobío hay mayor producción de conocimientos y capital humano, el funcionamiento en específico del ecosistema de Biobío genera que esto último también sea parte de los desafíos.

En vista, de que las herramientas de un clúster van por el lado de la articulación entre actores para apalancar y potenciar las capacidades existentes dentro de la región, más que cambiar el funcionamiento tradicional del ecosistema y de diversos actores, es que se determina que el funcionamiento del ecosistema de la región de Los Lagos es más acorde a las herramientas que un clúster podría tener. Por ende, en vista de los factores industriales vistos en la etapa 1 y el funcionamiento, brechas y oportunidades mapeadas en la etapa 2, se recomienda la inclusión de un clúster en Los Lagos.

REFERENCIAS

- Abac Therapeutics. (2021). About us. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.abactherapeutics.com/about-us/>
- Abiove. (2021). Estudio de la cadena productiva de la biotecnología en Chile. Recuperado de <https://abiove.org.br/wp-content/uploads/2021/05/Estudio-de-la-cadena-productiva-de-la-biotecnologia-en-Chile-ABiogenera-2021.pdf>
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2019). Mercado de productos biotecnológicos en Chile. Recuperado de <https://www.achieen.cl/wp>
- Agencia de Calidad de la Educación. (2019). Estrategia Nacional de Biotecnología. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.agenciaeducacion.cl/wp-content/uploads/2019/11/Estudio-Estrategia-Nacional-de-Biotecnolog%C3%ADa.pdf>
- Aman, A., Esposito, M., & Pugliese, E. (2018). The Role of Universities in Promoting Economic Growth: A Literature Review. *Journal of the Knowledge Economy*, 9(1), 29-48.
- Allen, J. D., Towne, S. D., Maxwell, A. E., DiMartino, L., Leyva, B., Bowen, D. J., ... & Weiner, B. J. (2017). Measures of organizational characteristics associated with adoption and/or implementation of innovations: a systematic review. *BMC health services research*, 17, 1-10.
- Autio, E., & Thomas, L. D. W. (2014). Innovation ecosystems and entrepreneurship: Towards a network-based theory of the firm. *Academy of Management Perspectives*, 28(3), 328-346.
- Araújo, A. H. C. A CONTRIBUIÇÃO DAS TÉCNICAS BIOTECNOLÓGICAS PARA A PRESERVAÇÃO DA ÁGUA.
- Asante, E. P., Owusu-Ansah, F., & Amankwaa, C. (2016). Barriers to financing new ventures in biotechnology: Empirical evidence from Ghana. *Journal of African Business*, 17(2), 159-178.
- Asembio. (2021). Datos de la industria biotecnológica en Chile. Recuperado de <https://asembio.cl/datos-de-la-industria-biotecnologica-en-chile/>
- Asociación de Empresas de Biotecnología de Chile (ASEMBIO). (2019). Chile Biotech Map 2019. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <http://biotechmap.asembio.cl/>
- Asociación de Laboratorios Internacionales (ALIFAR). (2021). Industria Biotecnológica de la Salud en Chile: Evolución y Desafíos.
- Atacama Bio Natural Products. (s. f.). Atacama Bio Natural Products. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de <https://www.atacamabio.com/>
- Atun, R., Silva, S., & Knaul, F. M. (2017). Innovative financing instruments for global health 2002–15: a systematic analysis. *The Lancet global health*, 5(7), e720-e726.

- Baldini, N., Grimaldi, R., & Sobrero, M. (2015). Institutional and territorial proximity effects on the likelihood of collaboration: Evidence from a survey of innovation projects in the Italian Mechatronics Industry. *Regional Studies*, 49(11), 1858-1874.
- Baumgartner, R. J., & Piñeiro, E. (2015). Clústeres biotecnológicos: el caso de España. *Innovar*, 25(57), 9-20.
- Bramwell, A., & Wolfe, D. (2008). Universities and regional economic development: The entrepreneurial University of Waterloo. *Research Policy*, 37(8), 1175-1187.
- Biosigma. (2021). Sobre nosotros. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.biosigma.cl/sobre-nosotros/>
- Cabello, M., Fernández, V., & Arboleya, P. (2018). Innovation ecosystems in Latin America and the Caribbean: The role of universities, companies, and civil society. *IDB Working Paper Series*, 928.
- Cámara Chilena de la Biotecnología. (2020). ¿Qué es la biotecnología? Recuperado de <https://www.ccbiotech.cl/que-es-la-biotecnologia/>
- Cámara de Diputados de Chile. (2019). Mercado de productos biotecnológicos en Chile. Recuperado de <https://www.camara.cl/pdf.aspx?prmID=88578&prmTIPO=INFORME>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other?: a proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)*, 1(1), 41-69.
- Carayannis, E. G., & Rakhmatullin, R. (2014). The quadruple/quintuple innovation helixes and smart specialisation strategies for sustainable and inclusive growth in Europe and beyond. *Journal of the Knowledge Economy*, 5, 212-239.
- Chesbrough, H., & Crowther, A. K. (2006). Beyond high tech: early adopters of open innovation in other industries. *R&d Management*, 36(3), 229-236.
- Chesbrough, H. (2019). Open innovation in Brazil: Exploring opportunities and challenges. *International Journal of Innovation*, 7(2), 178-191.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2019). La biotecnología en Chile: una oportunidad para el desarrollo económico y social.
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). (2009). Estrategia Nacional de Biotecnología. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.conicyt.cl/fondef/files/2011/03/EstrategiaNacionalBiotecnologia.pdf>

- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). (2021). FONDEF. [Online]. Available: <https://www.conicyt.cl/fondef/>
- Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID). (2010). Estrategia Nacional de Innovación para el Desarrollo. <http://www.cnid.cl/wp-content/uploads/2010/10/Estrategia-Nacional-de-Innovaci%C3%B3n-para-el-Desarrollo.pdf>
- Corfo. (2021). Programas y convocatorias. [Online]. Available: https://www.corfo.cl/sites/cpp/programas_y_convocatorias
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). (2020). Chile Bio Mapa 2020.
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). (2021). Biotech: Innovando para un futuro mejor. Recuperado de https://www.corfo.cl/sites/cpp/files/publicacion/2021-05/Biotecnologia_2021.pdf
- Cruz-Coke, R., Montenegro, A., & Raddatz, C. (2020). Descentralización de la Educación Superior: Evidencia y Políticas para Chile. Santiago: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Diario Financiero. (2021). Las "scaleups" biotecnológicas que lideran la innovación en Chile. Recuperado de <https://www.df.cl/noticias/empresas/innovacion/las-scaleups-biotecnologicas-que-lideran-la-innovacion-en-chile/2021-03-22/104354.html>
- Dirección de Vinculación Universidad-Empresa (DVUE). (2021). Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://www.uc.cl/es/la-universidad/vinculacion-con-el-medio/vinculacion-universidad-empresa/>
- Djokovic, D., & Souitaris, V. (2008). Spinouts from academic institutions: A literature review with suggestions for further research. *Journal of Technology Transfer*, 33(3), 225-247. <https://doi.org/10.1007/s10961-007-9055-5>
- Ernst & Young. (2021). Acelerando el crecimiento de la biotecnología en América Latina. Recuperado de https://www.ey.com/es_ar/life-sciences/how-biotech-is-accelerating-growth-in-latin-america
- Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhardt, C., & Terra, B. R. C. (2000). The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research policy*, 29(2), 313-330. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00069-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00069-4)
- Feldman, P. J. (2018). Procesos de innovación socio-tecnológica en el sector del Software y los Servicios Informáticos (SSI) de la Ciudad de La Plata: redes, actores y políticas públicas.
- Forbes México. (2017, 25 de agosto). Chile, plataforma de biotecnología de clase mundial.
- Forbes México. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.forbes.com.mx/chile-plataforma-de-biotecnologia-de-clase-mundial/>

- Freeman, C. (1991). Networks of innovators: A synthesis of research issues. *Research Policy*, 20(5), 499-514.
- Fundación Ciencia y Vida. (2021). Nuestro trabajo. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.cienciavida.org/nuestro-trabajo>
- Fundación para la Innovación Agraria (FIA). (2021). ¿Quiénes somos? [Online]. Available: <https://www.fia.cl/quienes-somos/>
- Fundación para la Innovación Agraria (FIA). (2021). FIA. <http://www.fia.cl/>
- Gaitán Layza, A. V., Roncal Pretel, L. F., & Vega Veramendi, A. (2017). Plan de negocio para la producción y venta de vitrolantitas de piña en la provincia de Satipo-Junín.
- Gandía, R., Fernández-Ribas, A., & Rovira, M. (2018). Innovative business models in biotechnology: An empirical study based on Spanish firms. *Technology in Society*, 54, 98-106.
- Genus. (2021). Quiénes somos. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.genus.cl/quienes-somos/>
- Hall, B. H., Link, A. N., & Scott, J. T. (2001). Barriers inhibiting industry from partnering with universities: Evidence from the advanced technology program. *The Journal of Technology Transfer*, 26(1), 87-98.
- Hassanien, M. A., Aljohani, N. R., Elhoseny, M., Muhammad, K., & Alamri, A. (2019). A framework for the development of bioinformatics education in developing countries. *Computers & Electrical Engineering*, 78, 444-458.
- Hernández, M. J., & Arancibia, R. (2019). Mesenchymal stem cells derived from bone marrow improve glycemic control in a type 1 diabetes mellitus rodent model through modulation of immune function and induction of regulatory T cells. *Stem Cell Reports*, 12(3), 696-712. <https://doi.org/10.1016/j.stemcr.2019.01.014>
- Informe Global de Competitividad 2019. (2019). Foro Económico Mundial. Recuperado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf
- Innovación, Ciencia y Tecnología. (2021). Gobierno de Chile. <https://www.gob.cl/innovacion/>
- InvestChile. (2021). InvestChile. <https://investchile.gob.cl/>
- Kaitek Labs. (s. f.). Kaitek Labs. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de <https://kaiteklabs.com/>
- Kanavos, P., & Wouters, O. J. (2018). Chapter 1 - Pharmaceutical and Biotech Innovation: The Need for a New Decision-Making Framework. En P. Kanavos y O. J. Wouters (Eds.), *Pharmaceutical and Biotech Patent Law* (pp. 1-15). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800031-3.00001-3>

- Krán. (s. f.). Krán. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de <https://www.kranbio.com/>
- Kura Biotech. (s. f.). Kura Biotech. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de <https://kurabiotech.com/>
- Laboratorios Andrómaco. (2021). Nuestros productos. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.andromaco.cl/nuestros-productos/>
- Laredo, P. (2007). Los recursos humanos y la formación en el sector biotecnológico. *Revista de Economía Mundial*, (17), 169-189.
- Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (1998). The triple helix as a model for innovation studies. *Science and public policy*, 25(3), 195-203.
- Leitão, J., Mamede, R., & Ferreira, J. J. (2020). Mapping the Portuguese Biotechnology Industry: A Cluster Analysis. *Sustainability*, 12(6), 2316. <https://doi.org/10.3390/su12062316>
- Liu, Y., Guo, Q., Sun, L., & Zhang, X. (2018). Biotechnology industry in China: Impact of policies on research and development investment. *Health Economics, Policy and Law*, 13(3-4), 377-390. <https://doi.org/10.1017/S174413311700041X>
- López Vega, L. Y., Carreño Ríos, F. I., & Olaya López, O. (2020). La RSE como Política de Gestión Integral para Evitar la Pérdida de Recursos Económicos y de Oportunidades de Crecimiento en FECEDA.
- McKinsey & Company (2014). *Europe's Bio Revolution: Innovation examples*
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2019). *Biotecnología, una oportunidad de innovación para Chile*.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2021). *Biotecnología*. <https://www.ciencia.gob.cl/biotecnologia/>
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. (2020). *Evolución de la industria biotecnológica en Chile*. Gobierno de Chile. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Informe-Evolución-de-la-Industria-Biotecnológica-en-Chile.pdf>
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. (2021). Programa de Apoyo al Entorno para el Emprendimiento y la Innovación (PAEI). Recuperado de <https://www.economia.gob.cl/paei>
- Mowery, D. C., & Rosenberg, N. (1998). *Paths of innovation: Technological change in 20th-century America*. Cambridge University Press.
- Nambisan, S., & Sawhney, M. (2011). Orchestration processes in network-centric innovation: Evidence from the field. *Academy of Management Perspectives*, 25(3), 40-57.

- National Institute of General Medical Sciences (NIGMS). (2021). What is Biotechnology? [Online]. Available: <https://www.nigms.nih.gov/education/fact-sheets/Pages/biotechnology.aspx>
- Nelson, R. R., & Rosenberg, N. (2008). La transferencia de tecnología. En N. Rosenberg, R. R. Nelson & C. Antonelli (Eds.), Manual de economía de la innovación (pp. 243-276). Ariel.
- Niosi, J., & Bas, T. (2020). The biotech cluster in Montreal: factors shaping firms' access to collaborations, knowledge, and funding. *The Journal of Technology Transfer*, 45(1), 223-245. <https://doi.org/10.1007/s10961-019-09731-1>
- NotCo. (s. f.). NotCo. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de <https://www.thenotcompany.com/>
- Ong, S. Y., Zainab-L, I., Pyary, S., & Sudesh, K. (2018). A novel biological recovery approach for PHA employing selective digestion of bacterial biomass in animals. *Applied microbiology and biotechnology*, 102(5), 2117-2127.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Aplicaciones de la biotecnología. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/aplicaciones-de-la-biotecnologia>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2020). Panorama de la ciencia, la tecnología e la innovación en América Latina y el Caribe 2020. Recuperado de <https://www.oecd.org/sti/panorama-de-la-ciencia-tecnologia-e-innovacion-en-america-latina-y-el-caribe-2020-3f7e1bf6-es.htm>
- Revista de la Cámara Chilena Norteamericana de Comercio. (2018). El sector biotecnológico en Chile: oportunidades y desafíos, 64. Recuperado de <https://www.ccnt.com/docs/revista/REVISTA-64-05-Biotecnologia.pdf>
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2021). Informe anual 2020. Recuperado de https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/informe_anual_2020_v8.pdf
- Silva, A.C. (2020). Current applications of pharmaceutical biotechnology (Vol. 171). A. C. Silva, J. N. Moreira, J. M. S. Lobo, & H. Almeida (Eds.). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- Startup Chile. (2021). Startup Chile. <https://www.startupchile.org/>
- Startup Chile. (s. f.). Startup Chile. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de <https://www.startupchile.org/>
- Startup Genome. (2021). Global Startup Ecosystem Report 2021. <https://startupgenome.com/report/gser-2021>
- Superintendencia de Valores y Seguros (SVS). (2016). Hechos Esenciales. <https://www.svs.cl/institucional/hechos-esenciales/>
- Suominen, A. (2019). The Helsinki innovation ecosystem: Turning innovation into international success. *Journal of Finnish Studies*, 21(1-2), 52-68.

- Uribe-Gómez, L. C., Ramírez-Correa, P. E., & Gutiérrez-Córdoba, J. L. (2018). Districts of innovation and entrepreneurship: a review of the literature. *Journal of Innovation & Knowledge*, 3(2), 66-76. doi: 10.1016/j.jik.2017.12.001
- Vanhaverbeke, W., Frattini, F., Roijackers, N., & Usman, M. (Eds.). (2018). *Researching open innovation in SMEs*. World Scientific.
- Wang, X., Hu, Q., Zhu, D., Liu, X., & Duan, H. (2020). Barriers to industrial application of biotechnology in China. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121062.

ANEXOS

Glosarios de términos utilizados para buscar determinar proyectos Biotech

Tabla 40. Glosarios utilizados por término y fuentes de extracción

| Término | Link |
|----------------------|---|
| Biología marina | https://www.oceansofbiodiversity.auckland.ac.nz/2019/05/16/a-glossary-of-terminology-used-in-marine-biology-ecology-and-geology/ |
| Estudios ambientales | https://www.academia.edu/7769548/Keywords_for_Environmental_Studies_Coedited_by_Joni_Adamson_William_A_Gleason_David_N_Pellow_edds_New_York_University_Press_2016_ |
| Entomología | https://www.kerbtier.de/Pages/Content/enGlossar.html |
| Genética | https://www.genome.gov/genetics-glossary |
| Limnología | https://www.concordma.gov/DocumentCenter/View/2210/Attachment-H-PDF?bidId= |
| Biofísica | https://www.biophysics.com/glossary.php |
| Biología celular | https://ucmp.berkeley.edu/glossary/gloss4cell.html |
| Inmunología | http://www.repro-med.net/glossary-of-immunological-terms |
| Nutriología | https://www.nutritioncluster.net/sites/nutritioncluster.com/files/2020-03/2.2%20HO%20Nutrition%20Glossary%20Part1.pdf |
| Parasitología | http://deduveinstitute.be/~opperd/parasites/terms.htm |
| Biología molecular | https://ashpublications.org/hematology/article/2002/1/490/18606/Glossary-of-Molecular-Biology-Terminology |
| Bioquímica | https://ucmp.berkeley.edu/glossary/gloss3biochem.html |
| Farmacología | https://www.bumc.bu.edu/busm-pm/resources-2/glossary/ |
| Microbiología | https://microbenotes.com/microbiology-terms/ |
| Virología | https://www.bcm.edu/departments/molecular-virology-and-microbiology/emerging-infections-and-biodefense/glossary |
| Toxicología | https://www.atsdr.cdc.gov/glossary.html |

Fuente: elaboración propia.

Listado de subrubros considerados como potenciales demandantes de Biotecnología

Tabla 41. Listado de sub-rubros económicos definidos como potenciales demandantes de biotecnología según rubro económico

| Rubro | Subrubro |
|---|---|
| ACTIVIDADES DE ATENCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y DE ASISTENCIA SOCIAL | ACTIVIDADES DE HOSPITALES PÚBLICOS Y PRIVADOS |
| | OTRAS ACTIVIDADES DE ATENCIÓN DE LA SALUD HUMANA |
| | OTRAS ACTIVIDADES DE ATENCIÓN EN INSTITUCIONES |
| ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS | ACTIVIDADES VETERINARIAS |
| | INVESTIGACIONES Y DESARROLLO EXPERIMENTAL EN EL CAMPO DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LA INGENIERÍA |
| | OTRAS ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS N.C.P. |
| AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y PESCA | ACTIVIDADES DE APOYO A LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA Y ACTIVIDADES POSCOSECHA |
| | ACUICULTURA |
| | CULTIVO DE PLANTAS NO PERENNES |
| | CULTIVO DE PLANTAS PERENNES |
| | CULTIVO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN COMBINACIÓN CON LA CRÍA DE ANIMALES |
| | EXTRACCIÓN DE MADERA |
| | GANADERÍA |
| | PESCA |
| | PROPAGACIÓN DE PLANTAS |
| | RECOLECCIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES DISTINTOS DE LA MADERA |
| | SERVICIOS DE APOYO A LA SILVICULTURA |
| | SILVICULTURA Y OTRAS ACTIVIDADES FORESTALES |
| | EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS |
| ACTIVIDADES DE APOYO PARA LA EXTRACCION DE PETROLEO Y GAS NATURAL | |
| EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS N.C.P. | |
| EXTRACCION DE MINERALES DE HIERRO | |
| EXTRACCION DE MINERALES METALIFEROS NO FERROSOS, EXCEPTO COBRE | |
| EXTRACCION DE PETROLEO CRUDO | |
| EXTRACCION DE PIEDRA, ARENA Y ARCILLA | |
| EXTRACCION Y PROCESAMIENTO DE COBRE | |
| INDUSTRIA MANUFACTURERA | ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERA |
| | CURTIDO Y ADOBO DE CUEROS; FABRICACION PRODUCTOS DE CUERO; ADOBO Y TEÑIDO DE PIELES |
| | ELABORACION DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL |
| | ELABORACION DE BEBIDAS ALCOHOLICAS Y NO ALCOHOLICAS |
| | ELABORACION DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS |
| | ELABORACION DE PIENSOS PREPARADOS PARA ANIMALES |

| |
|---|
| ELABORACION DE PRODUCTOS DE MOLINERIA, ALMIDONES Y PRODUCTOS DERIVADOS DEL ALMIDON |
| ELABORACION DE PRODUCTOS DE TABACO |
| ELABORACION DE PRODUCTOS LACTEOS |
| ELABORACION Y CONSERVACION DE CARNE |
| ELABORACION Y CONSERVACION DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS |
| ELABORACION Y CONSERVACION DE PESCADO, CRUSTACEOS Y MOLUSCOS |
| FABRICACION DE FIBRAS ARTIFICIALES |
| FABRICACION DE INSTRUMENTOS Y MATERIALES MEDICOS Y ODONTOLOGICOS |
| FABRICACION DE MAQUINARIA DE USO ESPECIAL |
| FABRICACION DE MAQUINARIA DE USO GENERAL |
| FABRICACION DE MUEBLES |
| FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS QUIMICOS |
| FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS TEXTILES |
| FABRICACION DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELECTRICO |
| FABRICACION DE PAPEL Y DE PRODUCTOS DE PAPEL |
| FABRICACION DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL |
| FABRICACION DE PRODUCTOS DE CAUCHO |
| FABRICACION DE PRODUCTOS DE HORNOS DE COQUE |
| FABRICACION DE PRODUCTOS DE LA REFINACION DEL PETROLEO |
| FABRICACION DE PRODUCTOS DE MADERA, CORCHO, PAJA Y MATERIALES TRENZABLES |
| FABRICACION DE PRODUCTOS DE PLASTICO |
| FABRICACION DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS, SUSTANCIAS QUIMICAS MEDICINALES Y PRODUCTOS BOTÁNICOS |
| FABRICACIÓN DE PRODUCTOS MINERALES NO METÁLICOS N.C.P. |
| FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y OTROS METALES NO FERROSOS |
| FABRICACIÓN SUSTANCIAS QUIMICAS BASICAS, ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO, PLÁSTICOS Y CAUCHO SINT. |
| HILATURA, TEJEDURA Y ACABADO DE PRODUCTOS TEXTILES |
| INDUSTRIAS BÁSICAS DE HIERRO Y ACERO |
| INSTALACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS INDUSTRIALES |
| OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS N.C.P. |

Fuente: elaboración propia.

Listado de participantes en el proceso de entrevistas

Tabla 42. Listado de organizaciones participantes en el estudio

| Región | Organización | Representante | Sector |
|--------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|
| Los Lagos | Kran Nanobubble | Director Comercial | Emprendedor Biotech |
| Los Lagos | BioLed | Gerenta general y socia | Emprendedor Biotech |
| Los Lagos | Salmón Chile | Directora de Estudios | Sociedad civil y gremios |
| Los Lagos | Keepex/Lithium | Gerente general | Emprendedor Biotech |
| Los Lagos | Essal | Gerente general | Empresa grande que demanda Biotech |
| Los Lagos | Biofiltro | Gerente zona sur | Emprendedor Biotech |
| Los Lagos | Cermaq | Directora técnica investigación y desarrollo | Empresa grande que demanda Biotech |
| Los Lagos y Biobío | Cargill Chile | Líder de Tecnología | Empresa grande que demanda Biotech |
| Los Lagos | Patagonia Biotecnología | CEO | Emprendedor Biotech |
| Los Lagos | AgroLlanquihue | Gerente | Sociedad civil y gremios |
| Los Lagos | Asociación chilena de la papa | Presidente | Sociedad civil y gremios |
| Los Lagos | Andes Biotechnologies | Fundador | Emprendedor Biotech |
| Los Lagos | Fundación Ciencia y Vida | Subdirectora de negocios | Sociedad civil y gremios |
| Los Lagos | Kura Biotech | Fundador | Emprendedor Biotech |
| | | Gerente general | |
| Los Lagos | Veterquímica S.A. | Presidente del directorio | Empresa grande que demanda Biotech |
| Los Lagos | Cecinas Llanquihue | Jefe del Área ambiental | Empresa grande que demanda Biotech |
| Los Lagos | Endeavor Patagonia | Gerente | Sociedad civil y gremios |
| Los Lagos | Consejo del Salmón | Director regional | Sociedad civil y gremios |
| Los Lagos | Watts | Encargadas de Innovación | Empresa grande que demanda Biotech |
| Los Lagos | Badinotti (ex Biomar por 20 años) | Gerente Comercial | Empresa grande que demanda Biotech |
| Biobío | Endeavor Biobío | Encargado de selección y crecimiento | Sociedad civil y gremios |
| Biobío | Curimapu | Gerente Comercial | Empresa grande que demanda Biotech |
| Biobío | Siderúrgica Huachipato | Profesional área de innovación | Empresa grande que demanda Biotech |
| Biobío | AgriChile | Gerente de Campos | Empresa grande que demanda Biotech |

Fuente: elaboración propia.