

DESAFÍOS DE MONITOREAR LA CONTRIBUCIÓN DE LA CTCI A GRANDES RETOS:

*Aplicación al desafío país de
sostenibilidad del recurso hídrico en
Chile*

DOCUMENTO DE TRABAJO N°8

Carla Alvial

María José Menéndez



DESAFÍOS DE MONITOREAR LA CONTRIBUCIÓN DE LA CTCI A GRANDES

RETOS:

*Aplicación al desafío país de
sostenibilidad del recurso hídrico en
Chile*

DOCUMENTO DE TRABAJO | N°8

Carla Alvial

María José Menéndez

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

Este documento se desarrolla en el contexto de la función de monitoreo y seguimiento del Consejo, que se enfoca en revisar y desarrollar formas de observar y evaluar el ecosistema CTCI bajo una comprensión de este que toma en cuenta sus características complejas y dinámicas, de forma de apoyar la función de generación de orientaciones para fortalecer las políticas de CTCI y su aporte al desarrollo.

Santiago, diciembre de 2018

Autoras

Carla Alvial

María José Menéndez

Apoyo Metodológico

Camilo Allende

Edición

Katherine Villarroel

Virginia Garretón

Diagramación

Tamara San Martín R.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

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



Tabla de contenidos

1. Presentación	7
2. Ampliando el marco de comprensión sobre los sistemas de innovación	9
3. Elementos para el modelo de monitoreo del ecosistema CTCI y su aplicación práctica	15
3.1 Estructura y componentes del modelo propuesto	15
3.2 Aplicación del modelo CTCI - Retos: el caso del agua	18
4. Revisión de fuentes de información disponibles	28
5. Dimensiones clave para comprender y promover una mayor contribución de la CTCI a desafíos país	34
5.1 Usar un enfoque interdisciplinario	34
5.2 Reconocer y cuidar la diversidad de actores en el ecosistema CTCI	37
5.3 Poner especial atención a la importancia del contexto: ejemplos en el ámbito legislativo y normativo	40
5.4 Hacer un esfuerzo activo para usar una comprensión más amplia de los resultados de la CTCI y su impacto	42
5.5 Relevar las interacciones y las redes	45
5.6 Poner atención a las oportunidades de multiescalaridad y relevancia local	47
6. Conclusiones	49
Referencias	53
Glosario	58
Anexos	60
Anexo 1 Mapa conceptual de “Rainforest: The secret to building the next Sillicon Valley”.	60
Anexo 2 Fuentes de información consultadas	61
Anexo 3 Naturaleza de distintos tipos de esfuerzos de investigación	64
Anexo 4 Análisis de publicaciones científicas nacionales asociados al tema recursos hídricos	65
Anexo 5 Registro de investigadores nacionales asociados al tema recursos hídricos	67
Anexo 6 Tendencias en generación, uso y análisis de datos de CTCI	68

1. Presentación

Una de las propuestas de la Estrategia y uno de los ejes de la política de innovación del Gobierno es orientar parte de los esfuerzos de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) en contribuir a abordar grandes retos o desafíos nacionales que se hacen cargo de las preocupaciones que compartimos los chilenos y que además, pueden ser una fuente de creación de valor para el mundo.

Este documento da cuenta del diseño y aplicación de un modelo de monitoreo CTCI -realizado por el área de monitoreo y seguimiento del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID)¹-, que busca caracterizar las capacidades CTCI y desempeño y contribución a grandes retos nacionales, a partir del caso del reto de la sostenibilidad del recurso hídrico en Chile.

El documento al inicio describe el marco conceptual que se adoptó, y que corresponde a una extensión de lo que hoy se entiende por sistema de innovación, integrando elementos del enfoque de innovación transformativa (76), que considera, además de los elementos que componen el “sistema” y sus características, las interrelaciones entre éstos, los elementos de contexto y la direccionalidad de las políticas. Así, se buscó incorporar variables que permitieran reflejar la riqueza y diversidad de las redes, la multiplicidad de actores que conforman el sistema, elementos como la confianza, la cultura y diversas externalidades o resultados de la actividad CTCI, así como el propio dinamismo del sistema; todos, elementos que no están presentes en los enfoques más tradicionales y que se han utilizado en nuestro país hasta ahora.

Luego, caracteriza el modelo propuesto que hemos llamado “Monitoreo CTCI – Retos”. Este parte por distinguir dos planos interrelacionados en que se organiza la información. En el primero se busca dar cuenta del contexto del país en distintos ámbitos, asumiendo que éste actúa como el “sustrato” donde el sistema CTCI se desarrolla y evoluciona Y en el segundo, refleja las capacidades en CTCI propiamente tal y sus interrelaciones. Dichas capacidades se estructuran en torno a tres categorías: los actores de CTCI; el conocimiento e innovación que se genera; y las condiciones habilitantes que permiten el desarrollo de la CTCI. En cada una de estas categorías se busca ampliar la comprensión tradicional que hoy domina los modelos de monitoreo.

En la misma sección se describen las variables seleccionadas para cada plano y categoría en el caso del reto de la sostenibilidad del agua, poblando el modelo.

A continuación se realiza una caracterización de las principales fuentes de información sobre CTCI disponibles a nivel nacional e internacional.

¹ Órgano asesor de la Presidencia de la República que genera orientaciones estratégicas para fortalecer la contribución de la ciencia, la tecnología, el conocimiento y la innovación al desarrollo del país. Para ello, entre sus funciones está generar análisis prospectivos de las tendencias de desarrollo globales y nacionales, asesorar en la formulación de propuestas para fortalecer y desarrollar el sistema, y elaborar y revisar la estrategia nacional de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación para el desarrollo.

En la siguiente sección, se describen seis aspectos clave que deben tenerse en cuenta para comprender y promover una mayor contribución de la CTCI a desafíos país, y que se identificaron a partir de la aplicación del modelo “CTCI – Retos” en el caso de agude la sostenibilidad del recurso hídrico. Estas dimensiones son: 1). uUsar un enfoque interdisciplinario; 2). rReconocer y cuidar la diversidad de actores en el ecosistema CTCI; 3). pPoner especial atención a la importancia del contexto; 4). hHacer un esfuerzo activo para usar una visión amplia-sistémica del impacto de la CTCI; 5). rRelevar las interacciones y redes; y 6). pPoner atención a las oportunidades de multiescalaridad y relevancia local. El reporte define -en base a revisión de literatura- cada una de estas dimensiones, describe las estrategias para abordarlas que se usaron en el caso aplicado, dando cuenta también de las dificultades y limitantes de dichas estrategias, y a partir de ello, identifica pistas de cómo mejorar la captura de datos en ejercicios posteriores.

Finalmente, se presentan las principales conclusiones que derivan de este ejercicio, siendo una de ellas el que a partir de este caso se demuestra que es posible levantar información útil para caracterizar las capacidades CTCI asociadas a un desafío país y tener una apreciación del desempeño. A pesar de que la información es incompleta, el ejercicio permite mejorar la comprensión del desafío, al identificar importantes nuevos actores relevantes, vínculos y elementos de contexto, lo que a la vez, permite definir nuevas acciones que pueden potenciar la contribución de la CTCI.

En muchos casos, los vacíos de información fueron abordados a través de entrevista a actores diversos y estudios de caso. Se concluye que estas técnicas pueden ser una buena manera para recopilar y sistematizar datos no disponibles con estrategias de bajo costo, mientras se instalan mecanismos más formales.

Otra conclusión importante es que la mayor dificultad -transversal a cualquier sistema de información y monitoreo-, sigue siendo la integración de datos, el contar con estándares de calidad y la disponibilidad y facilidad de acceso. En el caso particular de la información sobre CTCI asociada a retos, esto es base para el desarrollo de herramientas para análisis de datos heterogéneos (como data mining y machine learning) aportaría a enriquecer y complementar los análisis. Para ello, que podrían aprovecharse las capacidades a través de alianzas con grupos de investigación nacionales e internacionales generando que cuenten con estas capacidades convenios.

Por último, cabe señalar que este ejercicio se entiende como un espacio de experimentación, asumiendo que la tarea de generar sistemas enfoques más comprensivos corresponde a un proceso dinámico, constante e iterativo, motivado por la urgente necesidad de aprovechar las capacidades científico tecnológicas y los distintos tipos de conocimiento para abordar los desafíos de Chile.

2. Ampliando el marco de comprensión sobre los sistemas de innovación

Las aproximaciones conceptuales y analíticas a los sistemas de innovación, que han enmarcado las políticas de CTCI consolidadas desde los años '80, declaran entender la producción de conocimiento, la innovación y su impacto² en la sociedad como un proceso sistémico [1].

Estas aproximaciones surgieron como un marco que amplía la comprensión que había dominado desde el período post II^a Guerra Mundial, donde se institucionaliza el apoyo gubernamental a la I+D, bajo dos supuestos fundacionales: el primero es que la ciencia y la tecnología son componentes fundamentales para el desarrollo de las naciones, y el segundo es que existen fallas de mercado que impiden la provisión privada de nuevo conocimiento, y por tanto, justifican la acción del Estado [76]. De allí que se entiende que el Estado tiene un rol esencial en incentivar el desarrollo de la investigación y la innovación.

En un contexto de grandes laboratorios industriales e intensa competencia entre los países, se establece el modelo secuencial de innovación, donde la investigación básica da origen a la investigación aplicada y luego a la innovación. Este modelo, que dominó la forma de hacer política científica a nivel mundial entre 1940 y 1980, instaló la forma de medir el desempeño del sistema de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación basada en inputs (recursos humanos, inversión, etc.) y outputs (publicaciones, citas, patentes)[3].

Posteriormente surge el concepto de *Sistema Nacional de Innovación (SNI)* que viene así a ampliar el anterior y emerge con la aceptación de que la “innovación es un proceso interactivo, cuyos resultados dependen de las relaciones entre diferentes empresas, organizaciones y sectores, así como de comportamientos institucionales profundamente arraigados en cada historia regional o nacional” (Johnson & Lundvall 2000, Arocena & Sutz, 2016). Estos autores enfatizan que los sistemas de innovación son conceptos inherentemente relacionales, es decir, ponen su principal énfasis en el tipo de enlaces que se construyen entre distintos actores y elementos del ecosistema, en contextos que son particulares.

El rol de la ciencia y la tecnología asociada a la innovación y al emprendimiento entrega, de acuerdo a los autores, un papel más relevante a los mercados en las políticas CTCI [21]. Por otro lado, los movimientos ambientalistas y de desarrollo alternativo cuestionan la neutralidad del desarrollo tecnológico y se buscan nuevas formas de accountability para la CTCI. Es así como se instauran modelos donde el Estado, más que un proveedor de recursos para la investigación, se transforma en un articulador de distintos actores y dimensiones de la CTCI. En América Latina, a partir de los años '90, destacan las políticas basadas en la idea de un Sistema Nacional de Innovación [22], en que el Estado busca articular a la comunidad científica, las empresas y la sociedad en la producción de conocimiento que genere valor y crecimiento para las naciones. Es durante este período que se comienza a pensar en nuevas formas de analizar y evaluar la evolución de los sistemas de CTCI, por ejemplo, considerando las interacciones internacionales y las diferencias que se dan entre las regiones, además de los indicadores clásicos como papers y patentes [23].

2 Se entiende impacto como un efecto o cambio en la economía, la sociedad, la cultura, las políticas o servicios públicos, la salud, el medioambiente o la calidad de vida.

Sin embargo, esta concepción de la CTCI se hace insuficiente frente a las dinámicas que dominan hoy los procesos de generación y uso del conocimiento. En años recientes, fenómenos como la innovación abierta [24], la ciencia abierta [25], la pertinencia regional y local de la CTCI [26], la ciencia e innovación como actividad transnacional [27], la interdisciplinariedad [28], y la direccionalidad y deseabilidad social de la ciencia y la tecnología [29], han obligado a replantearse las formas en que se piensa la CTCI desde el Estado [5].

En los últimos años, emergen entonces los conceptos de “*Innovación Transformativa*” y la noción de “Grandes Desafíos”. Lo que constituye un modelo aún más sofisticado que el de los SNI.

La innovación transformativa busca alinear la innovación con los desafíos sociales y ambientales que estamos enfrentando en la actualidad, como parte integral de la ecuación de desarrollo. Este nuevo modelo teórico asume que los sistemas de innovación pueden ser direccionados y, por tanto, la innovación no necesariamente supone progreso social. Este enfoque llama a reconocer e involucrar múltiples actores para definir el propósito y que sean parte del proceso de creación y uso del conocimiento, así como a adoptar una lógica de experimentación y aprendizaje que permita ir revisando continuamente los supuestos que se han adoptado [76].

La noción de “Grandes Desafíos”³ por su parte, considera en las formas de estructurar la política CTCI, no sólo su rol en el ámbito económico, sino también las oportunidades que ofrece para contribuir en la búsqueda de soluciones a problemas sociales y de interés público.

Por lo tanto, el modelo de innovación transformativa se distingue de nociones anteriores (como la de la ciencia orientada por misión propia del modelo SNI), en dos aspectos fundamentales. El primero es que no corresponde a una área delimitada de investigación, sino que se refiere al rol de la CTCI en el cumplimiento de objetivos amplios y transversales que son de largo aliento, y que además son determinados por un grupo heterogéneo de actores sociales [30]. A pesar de que comparte con la investigación orientada por misión, la capacidad de movilizar a distintos actores sociales en proyectos de gran envergadura, como el proyecto Apolo de los años 60 o el proyecto Genoma Humano de los años 90 [31], la diferencia radica en que la lógica de “grandes desafíos” no representa sólo una forma de priorizar temáticas para la generación y uso del conocimiento, sino que forma parte de desarrollos sociales mayores que buscan tener efectos transformadores no sólo en la CTCI, sino también en la política pública y en la sociedad [32].

En este contexto, tan importante como el desarrollo de ciencia de excelencia es definir algunos desafíos de interés país y apoyar la coordinación e involucramiento de otros actores sociales a través de todo el proceso.

Así, en el modelo de innovación transformativa (tercer modelos), los objetivos políticos de la CTCI ya no sólo se centran en el crecimiento económico y la productividad: la innovación es un instrumento que contribuye al cumplimiento de “grandes desafíos” o “retos” sociales, y ocurre en otras dimensiones fuera de lo productivo, tales como lo público, lo social y lo ambiental [5]-[7].

3 Del inglés “Grand Challenges” también se utiliza la expresión “societal challenges”

A pesar de estos avances conceptuales, las representaciones secuenciales, donde la innovación se entiende como un continuo entre ciencia básica, aplicada y empresa, y que además se miden como entradas y salidas (inputs y outputs), continúan dominando la forma en que estos procesos son medidos, caracterizados y entendidos por los tomadores de decisiones [3].

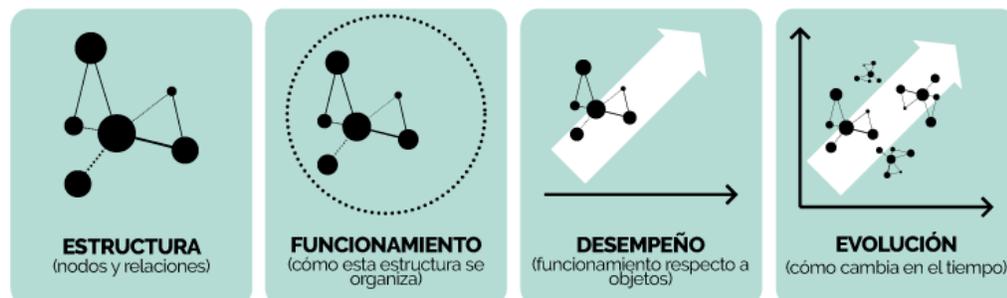
Los indicadores tradicionales, asociados a los recursos (inputs) tales como número de investigadores y financiamiento, y a los productos de la CTCI (outputs) tales como publicaciones, patentes, etc., son muy limitados al momento de mostrar interacciones en el ecosistema, y entregan una foto muy parcial de lo que realmente está ocurriendo. Más importante aún, no nos permiten ver el valor de las acciones actuales en política pública que son mucho más que los outputs mencionados, ni tampoco permite evaluar la equidad en la inversión y focos de la CTCI, y menos aún nos alertan sobre las brechas de la política pública, donde no se está actuando. En este contexto, y potenciada por los avances en análisis de datos heterogéneos, la literatura sobre análisis de procesos de innovación está buscando nuevas formas de entender, medir y analizar, no solo la cantidad de “capacidades” y “resultados” que contiene un sistema, sino que también los tipos y calidad de interacciones que se dan entre estos componentes [12], y el dinamismo o la evolución de los mismos.⁴

Superar la mirada parcial propia de los primeros dos modelos de innovación, requiere desarrollar la capacidad de observar las dinámicas de la generación y creación de valor a partir del conocimiento, reconociendo su naturaleza abierta, colaborativa, global e interactiva, e incluyendo la diversidad de actores que hoy forman parte de este ecosistema.

Una forma de abordarlo, es adoptar la noción de “ecosistema”, que integra las dimensiones asociadas a los vínculos y la evolución. De acuerdo a diversos autores ([8], [9] y [10]), esta noción de ecosistema considera al menos cuatro elementos estructura (cuáles son los nodos y vínculos, es decir, ¿Cómo se conectan los actores?), funcionamiento (¿Cómo se organiza esta estructura), desempeño (Cuán alineada está esta estructura respecto a objetivos específicos) y, evolución (Cómo cambia en el tiempo y en qué dirección). Esto se ejemplifica en la Figura 1.

4 Un ejemplo de este tipo de análisis lo encontramos en lo que plantea Cesar Hidalgo (2017) en su libro “El triunfo de la información”, ahí muestra cómo las trayectorias de desarrollo dependen de una serie de factores tales como proximidad geográfica, capital humano disponible, niveles de confianza social, entre muchos otros.

Figura 1. Formas de caracterizar el ecosistema CTI



Fuente: Desarrollado por las autoras en base a Olivari & Stubrin, 2016.

Estos distintos elementos quieren dar cuenta de la naturaleza compleja de la generación y uso del conocimiento, de las particularidades propias de su historia y contexto local (path dependency), y de su constante evolución. Asimismo, agregan la noción de direccionalidad: la ciencia, la tecnología, el conocimiento y la innovación pueden tener distintas direcciones de desarrollo, y no todas ellas son igualmente deseables para la sociedad [2], [5]. Parte del estudio y análisis de estos ecosistemas busca generar mecanismos de direccionamiento, que contribuyan a maximizar sus beneficios sociales y disminuir sus riesgos [11].

Así, el rol de las políticas pasa a ser más que el de optimizar las funciones del ecosistema de CTI, el de apoyar la capacidad del mismo de adaptarse a su entorno cambiante y avanzar en la identificación de gatillantes efectivos de los cambios deseados. Para ello, es especialmente relevante desarrollar capacidades de modelar y simular con incertidumbre, donde el resultado no es determinista, sino que recoge los modos probables de comportamiento de un sistema complejo.

Esta noción busca avanzar hacia nuevos modelos de comprensión de cómo se genera y se crea valor desde el conocimiento. Modelos que permitan responder también a la crítica a los actuales indicadores de desempeño del sistema de CTI de no tomar en consideración la diversidad de contexto y objetivos donde se enmarcan estos procesos, de forma que las métricas se convierten en objetivos en sí mismas, dejando de ser útiles para los objetivos reales de política pública y desarrollo [13].

Bajo esta noción, además de la reflexión propia del Consejo, se consideraron como referentes principales las aproximaciones de Uzi De Haan (2008)[14] y de Hwang & Horowitz (2012) [15], que se describen brevemente a continuación.

La aproximación de De Haan plantea cinco tipos de “capitales” que contribuyen a las dinámicas de innovación: conocimiento, financiero, humano, social y de emprendimiento, cuya articulación explica la performance de un sistema de innovación en particular (ver tabla 1).

Tabla 1. Sistema de Innovación de acuerdo a De Haan (2008)

Articulación/ sofisticación del ecosistema (mapa producto, mapa conocimiento, cooperación entre actores, calidad de las instituciones, ...)	Capital de conocimiento (gasto en I+D, nº de patentes, organizaciones que crean conocimiento: universidades, centros, multinacionales, startups)	Desempeño Innovador
	Capital financiero (instrumentos de financiamiento a la I+D, Inversión de VC per cápita)	
	Capital humano (nº de científicos e ingenieros, % de profesionales en empresas haciendo I+D+i)	
	Capital social (venture capital networks, nivel de confianza, nivel de colaboración)	
	Capital de emprendimiento (actitud emprendedora: orientación al logro, proactividad, tomador de riesgo), valoración de la CTCL, nº de startups)	

Fuente: Adaptación del original

Por su parte, Hwang & Horowitz (2012) analizan aquellos factores clave para conformar un ecosistema de innovación exitoso, usando como ejemplo el caso del Silicon Valley, el que comparan en su comportamiento con una selva tropical (*rainforest*). En su propuesta ponen el foco en la cultura y las relaciones que se construyen en un ecosistema de innovación (*software*), más allá de las capacidades existentes (*hardware*).

El énfasis de su aproximación está en los factores que favorecen el flujo de ideas, capital, talento y otros recursos en circulación en el ecosistema. Las posibilidades de este flujo, y su velocidad, aumentan cuando en la cultura (*software*), existen elementos claves (*keystones*): diversidad, confianza, normas y su interpretación colectiva, y la motivación extraracional. En la tabla 2 se muestran los elementos que ellos consideran clave para crear un ecosistema de innovación.

Tabla 2. Receta para crear un ecosistema de innovación como el de Silicon Valley, según Hwang & Horowitz (2012)

Rainforest Recipe	
Assets "Hardware"	Culture "Software"
Capital Talent Policy	KEYSTONES Network- Diversity Social trust Rules of the Rainforest Interpretation of Rules Extra rational motivations

Fuente: Adaptación del original

De acuerdo a los autores, la diversidad, los componentes culturales y las maneras de pensar que generan formas de ser y actuar en conjunto, a nivel micro, afectan el desempeño macro del ecosistema. En este sentido, un sistema de innovación más uniforme y orientado solamente a la eficiencia, funciona como un bosque de monocultivos pues no da cabida a que emerjan nuevas ideas y oportunidades. Al contrario, un sistema donde se potencia la diversidad y las interrelaciones funciona como una selva tropical, pudiendo emerger nuevas ideas e interacciones que generen sinergias e innovaciones (ver anexo 1).

En el modelo propuesto se adopta este enfoque para integrar variables que den cuenta de lo que el autor denomina cultura "*software*" como, por ejemplo, la diversidad de las redes, la colaboración y la confianza.

A partir de lo anterior, se definieron la estructura, los componentes y los tipos de variables a considerar en el modelo propuesto "Monitoreo CTCI - Retos", para luego aplicarlo para caracterizar el ecosistema de CTCI asociado al reto de la sostenibilidad del recurso hídrico.

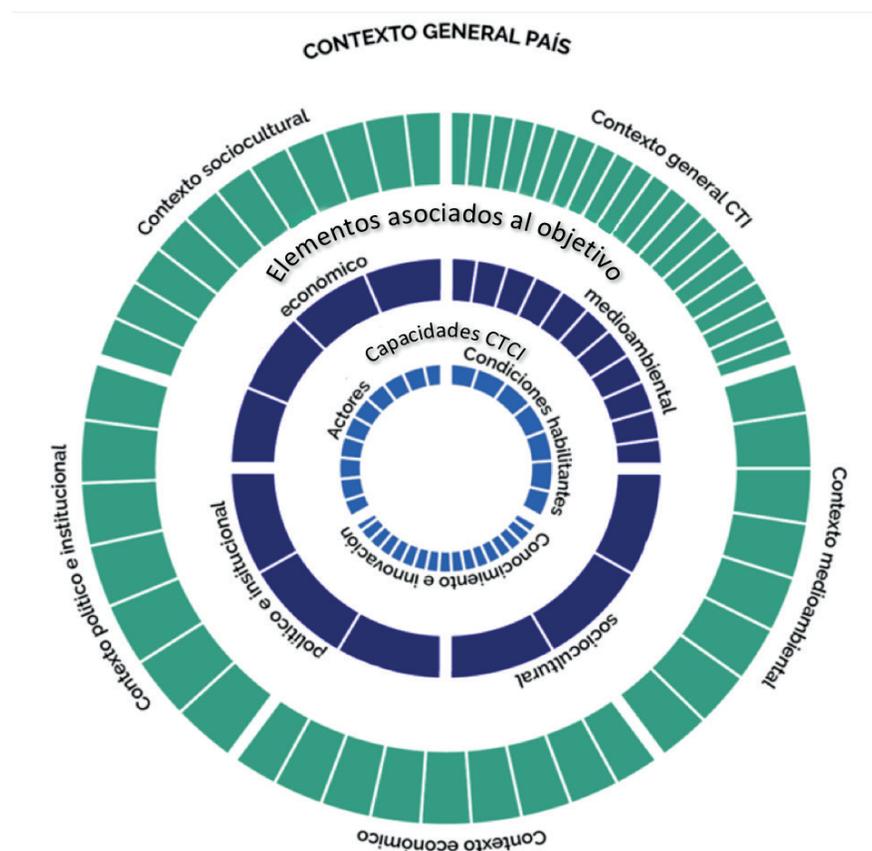
3. Elementos para el modelo de monitoreo del ecosistema CTCI y su aplicación práctica

3.1 Estructura y componentes del modelo propuesto

Sobre la base del marco conceptual anterior, se generó una propuesta de elementos para el monitoreo del ecosistema CTCI - Retos.

Su estructura se construye bajo una lógica de sistema complejo que, a su vez, está inmerso en un contexto local más amplio. Este contexto local es el “sustrato” donde se desarrolla y evoluciona el ecosistema CTCI. Se definen inicialmente tres planos de información: (i) contexto general país, (ii) elementos asociados al reto o desafío que se quiere y (iii) capacidades CTCI. Cada una de estas contiene dimensiones que agrupan variables en temáticas específicas. En la figura 2 se grafica la propuesta, la disposición circular obedece a la necesidad de establecer relaciones entre las distintas variables.

Figura 2: Esquema de los elementos del enfoque de monitoreo del ecosistema CTCI



El **contexto general país**, se refiere a las condiciones generales del territorio que dan sustento al desarrollo y el desempeño del ecosistema CTCI, y que se agrupan en base a cinco dimensiones: económica, sociocultural, medioambiental, político institucional y de contexto CTCI.

Dentro de estas dimensiones se incluyen, por ejemplo: variables de contexto macroeconómico, como PIB per cápita y tipo de exportaciones; variables socio-culturales, referidas a las reglas sociales, formales e informales, que caracterizan el comportamiento de actores de la CTCI (Rakas & Drejer, 2018); variables político institucionales, como calidad de la democracia y robustez de las instituciones; variables medioambientales, que consideran entre otras, emisiones de CO₂ y composición de la matriz energética; y variables que caracterizan el contexto general de las actividades de CTCI, tales como el rendimiento académico de los alumnos en matemáticas, ciencias y lectura y las aptitudes para uso de tecnologías de la información en la población general.

La selección de estas variables se ampara en que ellas ya han sido consideradas en la construcción de índices compuestos de performance en innovación, como el Global Innovation Index (Cornell University et al, 2017), identificándolas como variables que afectan el desempeño de los ecosistemas de innovación y permiten comparar diferentes países.

En el segundo nivel de información del esquema, esto es, los **elementos de contexto particulares al desafío o reto que se busca abordar**, se agrupan en las mismas dimensiones que fueron descritas previamente.

En el tercer nivel, en el sector interior de la figura, se encuentran las variables asociadas a las **capacidades CTCI**, las que se organizan en tres dimensiones:

- » **Actores**, abarcando a los integrantes del ecosistema (personas e instituciones) y sus capacidades y características (competencias, formación y experiencia).
- » **Conocimiento e innovación**, dando cuenta de la generación y creación de valor a partir de la CTCI, a través de proyectos y organizaciones. Por ejemplo, número de publicaciones, tecnologías, casos de innovación empresarial, número de iniciativas de ciencia ciudadana, casos de políticas públicas basadas en evidencia científica, iniciativas de arte y ciencia, etc.
- » **Condiciones habilitantes**, relativas a la disponibilidad de infraestructura, equipamiento y financiamiento, además de la estructura normativa y regulatoria que soporta directamente al sistema de CTCI. Por ejemplo, gasto en I+D, centros de equipamiento de uso compartido, capital de riesgo, etc.

Para dar cuenta de cada una de las dimensiones se buscó identificar nuevas categorías que no están consideradas en los modelos tradicionales y que se consideran relevantes para comprender mejor la complejidad del ecosistema. A modo de ejemplo, a nivel de actores se releva el rol de los divulgadores de la CTCI que son clave para relevar la valoración social de esta; en la dimensión conocimiento e innovación se busca dar cuenta de diferentes manifestaciones de la CTCI como la innovación pública y la ciencia ciudadana; y en la dimensión condiciones habilitantes se da importancia a estrategias de CTCI y al tipo de infraestructura existente.

Finalmente, otra manera de dar cuenta de la noción de ecosistema, fue considerar variables que reflejen las interacciones entre los componentes (caracterizando el tipo y calidad de esos vínculos, como, por ejemplo, redes de colaboración entre actores y su diversidad). En la tabla 3 se resumen las dimensiones y su significado.

Tabla 3. Estructura del sistema de monitoreo del ecosistema CTCI y definiciones

Sección 1 Contexto General País	En esta sección se consideran aspectos que dan cuenta del contexto general del país, dado que el entorno en el cual se inserta el ecosistema CTCI influye en su dinámica y desempeño. Las variables seleccionadas se agrupan en las siguientes dimensiones.
Dimensión contexto económico	Se refiere a variables que dan cuenta de las condiciones macroeconómicas del país (por ejemplo: PIB, tipo de exportaciones, composición de la matriz productiva, etc.).
Dimensión contexto socio-cultural	Se refiere a variables que dan cuenta de ámbitos sociales y culturales del país (por ejemplo: inequidad, confianza, conflictos, cohesión social, etc.).
Dimensión contexto medioambiental	Se refiere a variables que dan cuenta de ámbitos medioambientales del país (por ejemplo: emisiones de CO ₂ per cápita, calidad de agua, biodiversidad, estado de conservación de ecosistemas, etc.).
Dimensión contexto político e institucional	Se refiere a variables que dan cuenta de ámbitos políticos e institucionales del país (por ejemplo: robustez de la democracia, solidez de la institucionalidad, estabilidad política, etc.).
Dimensión contexto general CTI	Se refiere a variables generales en la población y el entorno que dan cuenta de condiciones de base para el ecosistema CTI en el país (por ejemplo: valoración de las actividades CTI, competencias de lectura, matemática y ciencias naturales, alfabetización digital, dominio de idiomas, etc.).
Sección 2. Capacidades CTI	En esta sección se abordan las dimensiones que dan cuenta de las capacidades CTI con las que cuenta el país. Las variables seleccionadas se agrupan en las siguientes dimensiones.
Dimensión Actores	Esta dimensión abarca a los actores del ecosistema (personas e instituciones) y sus capacidades y características (competencias, aptitudes, formación y experiencia) y la forma en que éstos se relacionan e interactúan (redes, articulación de actores, combinación de disciplinas y saberes, etc.).
Dimensión Conocimiento e Innovación	Esta dimensión da cuenta de la producción de conocimiento, tecnologías e iniciativas a través de proyectos y organizaciones (ejemplos: número de publicaciones, casos de innovación empresarial, iniciativas de ciencia ciudadana, casos de políticas públicas basadas en evidencia científica, iniciativas de arte y ciencia, etc.).
Dimensión Condiciones habilitantes	Esta dimensión da cuenta de la disponibilidad de infraestructura, equipamiento y financiamiento además de la estructura normativa y regulatoria que soporta al ecosistema CTCI (ejemplos: gasto en I+D, centros de equipamiento de uso compartido, capital de riesgo, etc.).

Con este modelo inicial se realizó un primer ejercicio de identificar variables y fuentes de información para poblar estas dimensiones, permitiendo hacer un monitoreo del ecosistema CTCI orientado a un reto o desafío específico: la sostenibilidad del recurso hídrico en Chile (el que denominaremos para facilitar la lectura “el Caso del agua”). Este ejercicio de aplicación del modelo permitió testear y generar pistas para avanzar en este enfoque, lo que se presenta a continuación.

3.2 Aplicación del modelo CTCI - Retos: el caso del agua

En 2016 el CNID lideró la Comisión de I+D+i para la Sostenibilidad del Recurso Hídrico, con la participación de diversos actores del mundo científico y tecnológico, de instituciones públicas, del mundo privado y de la sociedad civil⁵ Su trabajo quedó registrado en el informe “Ciencia e Innovación para los Desafíos del Agua en Chile” [37], donde se releva la importancia de este desafío para el país y se generan propuestas que hoy en día se están desplegando a través de distintas iniciativas.

Para una primera aproximación al monitoreo del ecosistema CTCI –en busca de su caracterización– se seleccionó este reto, ya que se cuenta con información de base generada durante la elaboración del informe y la colaboración de socios estratégicos, con quienes, como CNID, se mantiene un vínculo de trabajo y cooperación que permitió recopilar antecedentes adicionales.

En esta sección se entregan los resultados del ejercicio de aplicar el modelo de monitoreo a este reto y las variables que fueron seleccionadas para cada dimensión. En el recuadro siguiente se explican las particularidades del reto de sostenibilidad del recurso hídrico en Chile.

5 La Comisión Presidencial Ciencia para el Desarrollo, liderada por el CNID el 2015, propuso que parte del incremento de los recursos destinados a promover la actividad científica, tecnológica y de innovación, se oriente en función de desafíos prioritarios (retos) para el desarrollo integral del país. Acogiendo esta iniciativa, S.E. la Presidenta de la República solicitó al CNID conducir la elaboración de agendas de I+D+i en dos áreas prioritarias: Resiliencia frente a Desastres Naturales y Sostenibilidad del Recurso Hídrico.

La sostenibilidad del recurso hídrico como reto o desafío país

Se trata de un desafío mundial, en un contexto de aumento de la demanda de agua por el incremento de la población y de la producción. Esta tendencia, combinada con los impactos del cambio climático sobre su disponibilidad, han llevado a que el acceso al agua potable sea un imperativo que concita creciente preocupación a nivel mundial. Hoy se reconoce, además, que la preocupación va más allá de entregar agua a la población, extendiéndose a su acceso sostenible en el tiempo, incorporando otras dimensiones al análisis que den cuenta de una mirada ecosistémica. Surge el concepto de “seguridad hídrica”, que se ha ido incorporando en distintos acuerdos internacionales [37].

Evidencia de esta preocupación mundial, es que la Organización de Naciones Unidas dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a 2030 (“17 objetivos para transformar nuestro mundo”) incluye como uno de ellos el garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Así, denomina la década 2018-2028 como la de acción en agua (*water action decade*) [38].

En el caso de Chile, si bien la escorrentía total media¹ es alta en comparación con otros países, la distribución regional enmascara una realidad distinta: desde Santiago al norte prevalecen condiciones áridas, mientras que al sur las precipitaciones se intensifican.

Sin embargo, en los últimos años, hemos sido testigos de una megasequía que ha afectado a prácticamente todo el territorio [39], lo que ha llevado a que se deba abastecer a comunidades a través de camiones aljibes, gastando en 2016 cerca de 43 millones de dólares en estas operaciones [37]. A marzo de 2018 ya existen decretos de escasez hídrica que abarcan 61 comunas afectadas por el fenómeno, donde viven más de 2,6 millones de habitantes, es decir, 14% de la población del país (DGA, 2018). Este fenómeno deriva en distintos efectos tanto sobre la población como sobre los ecosistemas y la biodiversidad (figura 3)

1 La escorrentía total media, es decir, el volumen de agua procedente de las precipitaciones que escurren por los cauces superficiales y subterráneos equivale a una media de 53.000 m/persona/año.

Figura 3. Infografía Megasequía en Chile



Fuente: Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2018

A este panorama, ya complejo, se suma el que Chile será uno de los países más afectados por el cambio climático. Esto se plantea en diversos estudios y se está dejando sentir en múltiples áreas del territorio. Particularmente severos son los efectos en el régimen de lluvias, previendo una significativa disminución en las precipitaciones en la próxima década. Las mayores temperaturas implican, asimismo, una menor acumulación de nieve en las altas cumbres, lo que genera un impacto adicional en la disponibilidad de este recurso.

Por otra parte, nuestra matriz productiva —y particularmente nuestras exportaciones— son muy intensivas en el uso de recurso hídrico. Además, la mayor parte de ellas se concentra en territorios de escasez hídrica o de alta vulnerabilidad. Según los planes de desarrollo de los diversos sectores productivos, la demanda de agua continuará creciendo de manera importante, especialmente en las zonas ya afectadas por el cambio climático. Esto explica que la industria minera, por ejemplo, esté incrementado fuertemente el uso de agua de mar en sus procesos productivos, para adaptarse a estas nuevas condiciones. Sin embargo, esta solución no es factible para otras actividades económicas, como la agricultura y la fruticultura, que por sí solas explican el 73% del consumo de agua del país. Comprender el desafío del agua supone considerar —además de las mayores demandas que plantean el crecimiento de la población y de las actividades económicas que ha tenido un incremento de casi tres veces en el consumo de agua en los últimos 25 años y los efectos del cambio climático— el impacto de las alteraciones que hemos introducido en el funcionamiento de los ecosistemas y en el ciclo del agua en diversos territorios, y la falta de conciencia de su valor que tenemos como ciudadanos [37].

Así resulta evidente la complejidad y urgencia que presenta una gestión sostenible del recurso hídrico, y el rol esencial que juega la CTI en entender sus dimensiones, y generar potenciales soluciones. Este ejercicio aplicado este reto, permitirá una mejor comprensión del ecosistema CTCI relacionado esta temática.

En el plano “contexto general país”, se buscaron variables e indicadores que permitieran construir un panorama general del territorio, con una mirada amplia y comprensiva utilizando fuentes diversas validadas a nivel nacional y/o internacional. En un segundo plano, denominado “contexto general del recurso hídrico”, se diversificaron las fuentes de datos que se incluyen en el análisis, para incorporar variables atinentes al desafío en particular. En este trabajo, se integraron otros expertos que van más allá de las agencias de CTCI.

En la tabla 4 se detallan las variables seleccionadas en este primer ejercicio.

Tabla 4. Variables utilizadas para cada sección y dimensión

	DIMENSIONES			
	Económico	Sociocultural	Político institucional	Medioambiental
Contexto General País	(i) Evolución del producto Interno Bruto per cápita para Chile (corriente y PPP) (ii) Porcentaje de exportaciones de alta tecnología (ii) Índice de Gini y pobreza multidimensional (iii) Tipo de productos exportados (iv) Productividad total de factores	(i) Percepción de conflictos sociales entre segmentos de la sociedad (ii) Percepción de resolución de problemas (iii) Percepción de respeto (iv) Satisfacción con la vida o bienestar subjetivo (v) Confianza interpersonal, social y en las instituciones (vi) Percepción de la corrupción (vii) Índices de equidad de género (viii) Índice de desarrollo humano	i) Porcentaje de pertenencia y participación en organizaciones sociales (ii) Realización de actividades relacionadas a la política (iii) Participación en votaciones (iv) Percepción de derechos y libertades (v) Percepción del funcionamiento de la democracia (vi) Percepción de la corrupción en los organismos y funcionarios públicos	(i) Huella ecológica y biocapacidad (ii) Emisiones de CO ₂ por habitante y según PIB (iii) Percepción de problemas medioambientales (iv) participación política en temas medioambientales (v) Nivel de responsabilidad y solución al cambio climático (vi) Respaldo a medidas adoptadas para enfrentar el cambio climático (vii) Composición de la matriz energética

	DIMENSIONES			
	Económico	Sociocultural	Político institucional	Medioambiental
Contexto General Recurso Hídrico	(i) Uso de agua por sector económico (minero y agropecuario) (ii) Balances hídricos (iii) Percepción de riesgo en empresas por escasez de agua (iv) Aporte económico de los servicios ecosistémicos	(i) Jerarquización de derechos en torno al agua (ii) Percepción de riesgo para la vida por temas medioambientales (iii) Áreas con decretos de escasez hídrica y declaración de agotamiento, cantidad de habitantes en esas zonas (iii) Gasto en camiones aljibes por región (iv) Conflictos socio ambientales asociados a grandes proyectos	(i) Mapa de actores asociados a la gobernanza y uso del agua (ii) Línea de tiempo de legislación y normativa asociada al agua en Chile (iii) Convenios internacionales suscritos por Chile relacionados con el agua	(i) Patrimonio natural [1] (ii) Gasto actual de Chile en la protección de la biodiversidad (iii) Niveles tróficos de lagos/ríos zona central (iv) % especies amenazadas para especie [2] (v) % ecosistemas terrestres y acuáticos en peligro

[1] Áreas Protegidas SNAP, Iniciativas de conservación privada, Sitio RAMSAR, Acuíferos Protegidos Regiones I_LI_XV.

[2] Según Reglamento de Clasificación del Ministerio del Medioambiente.

Finalmente, el tercer plano de información se refiere a las “capacidades CTCI en recurso hídrico”. Para ello, se buscaron variables que dieran cuenta del ecosistema CTCI pertinentes a este desafío, en las tres dimensiones explicitadas anteriormente: actores, conocimiento e innovación y condiciones habilitantes. La contextualización de los indicadores CTCI, requiere pensar la evolución del ecosistema no solo como un fin en sí mismo, sino que asociado a objetivos más amplios y, en este caso, en el contexto del reto. Como se menciona en la Agenda de I+D+i asociada a la Sostenibilidad del Recurso Hídrico, la investigación e innovación en esta temática es de naturaleza compleja, lo que se expresa en “múltiples usos del agua, los diversos actores que inciden en su gestión y las interrelaciones que se generan entre ellos, los distintos niveles y escalas que se afectan simultáneamente, el valor que representa para diversas culturas y las lógicas de cuidado que derivan” [37]. Así fue necesario consultar diversas fuentes de información y se realizó una serie de entrevistas en esta primera etapa. Esto enriqueció el análisis y permitió descubrir nuevas fuentes de información a medida que avanzaba el proceso.

Se seleccionaron 10 variables para la dimensión actores, 17 para la dimensión conocimiento e innovación y 7 para la dimensión condiciones habilitantes.

Con estas tres secciones y las dimensiones asociadas, se seleccionó un total de 111 variables para el monitoreo del ecosistema CTCI en este reto. Las bases de datos resultantes asociadas a cada variable se construyen a partir de fuentes de información diversas que se sintetizan en el anexo 2, además de una serie de entrevistas. Cabe destacar que este es un ejercicio iterativo y que va evolucionando y perfeccionándose en el tiempo con la participación de más actores y saberes. Es por ello que esta lista no pretende ser exhaustiva, ni final, sino más bien, una primera selección de variables disponibles para abordar el marco conceptual propuesto. La identificación y disponibilidad de mejores variables, así como de indicadores que permitan evidenciar las relaciones entre las variables es un trabajo que es necesario seguir construyendo.

A continuación (tabla 5) se describen las variables asociadas a cada dimensión y sección.

Tabla 5: Variables seleccionadas para cada dimensión por tipo, RH= recurso hídrico

CONTEXTO GENERAL PAÍS	ECONÓMICO	POLÍTICO E INSTITUCIONAL	SOCIOCULTURAL	AMBIENTAL	GENERAL CTIC
	<ul style="list-style-type: none"> - Evolución producto interno bruto (PIB) corriente y per cápita (en billones de dólares) para Chile. - Evolución producto interno bruto (PIB) y per cápita de Chile a precios de paridad de compra (PPP). - Porcentaje de exportaciones de alta tecnología en millones de dólares y como porcentaje del total de exportaciones de manufactura. - Evolución del índice de Gini para Chile. - Índice de Gini comparativo en países de América Latina según año. - Pobreza Multidimensional en Chile. - Tipo de productos exportados por empresas domiciliadas en Chile. - Productividad Total de Factores (1993-2014). - Reducción del crecimiento del volumen físico de exportaciones basadas en recursos naturales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de pertenencia y participación en organizaciones sociales. - Realización de actividades relacionadas a la política. - Porcentaje de votantes en las elecciones 2017 a nivel nacional. - Percepción de derechos y libertades garantizadas. - Percepción del funcionamiento de la democracia. - Percepción de corrupción en los organismos y funcionarios públicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Percepción de conflictos sociales entre segmentos de la sociedad. - Percepción de la capacidad de resolución de problemas en un plazo de 10 años. - Percepción de respeto. - Satisfacción con la vida o bienestar subjetivo. - Confianza interpersonal o social opción 1. - Confianza interpersonal o social opción 2. - Evolución de la confianza social en Chile opción 1. - Evolución de la confianza social en Chile opción 2. - Confianza en las instituciones. - Evolución de la Confianza en las instituciones en Chile. - Percepción de corrupción en las instituciones. - Indicador compuesto de equidad de género: The Global Gender Gap. - Índice de Desarrollo Humano 	<ul style="list-style-type: none"> - Huella ecológica y biocapacidad - Emisiones de dióxido de carbono (CO2) por habitante para Chile y los países de América Latina. - Emisiones de dióxido de carbono (CO2) según PIB para Chile y los países de América Latina. - Composición de la matriz energética en Chile. - Evolución de la percepción de principales problemas medioambientales (2016-2018). - Participación política en temas medioambientales. - Nivel de responsabilidad y solución al cambio climático según tipo de actor. - Porcentaje de respaldo a medidas para solucionar el cambio climático. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prestigio asociado a carreras científicas. - Razones para trabajar en CTI (motivación). - Percepción de beneficios y riesgos de la CTI. - Percepción de la contribución de la CTI en ámbitos específicos. - Percepción del aporte de la CTI con soluciones innovadoras a problemas. - Valores sociales ante el emprendimiento. - Motivaciones para emprender. - Evolución de la actividad emprendedora. - Evaluación de competencias de lectura, matemáticas y ciencias naturales (Prueba PISA). - Diferencia en los resultados prueba PISA según género y nivel socioeconómico para años 2006, 2009, 2012, 2015. - Principales resultados de Chile en tres ejes: comprensión lectora, razonamiento matemático, resolución de problemas en contextos informáticos y comparación de estos resultados según el puntaje promedio de los países miembros de la OCDE. - Evolución de la penetración de Internet en hogares según año 2012-2015. - Horas de Consumo de internet por semana y principales actividades realizadas en internet. - Dominio idiomas (inglés)/ Índice de Dominio del Inglés (EPI). - N° de conexiones totales fijas - Tipo de internet en los hogares - Equipamiento uso de internet - Uso de internet vía Smartphone - Velocidad de banda ancha hogar - Logistic performance index de Chile y Desempeño de la infraestructura relacionada al transporte años 2007 y 2016 según región geográfica. - Mapa de institucionalidad CTI en Chile, línea temporal que incluye institucionalidad e instrumentos, programas, nacionales y regionales.

CONTEXTO GENERAL RECURSOS HÍDRICOS	ECONÓMICO	POLÍTICO E INSTITUCIONAL	SOCIOCULTURAL	AMBIENTAL
	<ul style="list-style-type: none"> - Uso del agua por sectores económicos. - Balances hídricos - Percepción de riesgo en empresas por escasez de agua. - Aporte económico de los servicios ecosistémicos que proveen las áreas protegidas en Chile. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa de organizaciones públicas y privadas asociadas a recurso hídrico (organismos gubernamentales, Org. autónomos, empresas de saneamiento, cooperativas de saneamiento, asociaciones de canalistas, etc.) - Leyes, normas, regulaciones y estándares nacionales asociados a RH. - Convenios y acuerdos internacionales en temas relacionados con RH (ODS, RAMSA, COP21). 	<ul style="list-style-type: none"> - Jerarquización de los derechos en torno al agua. - Percepción de riesgo para la vida según tema medioambiental. - Conflictos socioambientales asociados a grandes proyectos (1998-2015). 	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas con decretos de escasez hídrica. - Áreas con declaración de agotamiento. - Áreas de Restricción y Zonas de Prohibición. - Áreas con decretos de escasez hídrica por comuna, región, km2 y población. - Comunas o provincia con decretos de escasez hídrica 2018. - Gasto en camiones aljibes por región (dato año 2016). - Mapa con datos georreferenciados de: <ul style="list-style-type: none"> - Áreas Protegidas SNAPE - Iniciativas de conservación privadas - Sitio RAMSAR - Gasto actual de Chile en la protección de la biodiversidad. - Niveles tróficos lagos/ríos zona central. - Porcentaje de especies amenazadas (CR, EN, VU) para especies clasificadas por reglamento de Clasificación del Ministerio del Medioambiente. - Porcentaje de ecosistemas nacionales terrestres y acuáticos en peligro.

CAPACIDADES CTI	ACTORES		CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN		CONDICIONES HABILITANTES
	Variable de Stock	Variable de flujo	Variable de Stock	Variable de flujo	Variable de Stock
	<ul style="list-style-type: none"> - Número de alumnos matriculados/titulados en programas académicos nacionales de formación y especialización en el estudio de RH (2012-2017). - Número de alumnos de postgrado becados por Becas Chile en estudios de especialización relacionados con recurso hídrico (programas nacionales e internacionales año 2013 en adelante). - Número de investigadores y profesionales especialistas en RH. - Número de divulgadores y comunicadores de la CTI (personas y organizaciones). - Instituciones u organizaciones del ecosistema CTI de RH (centros de I+D, IES, empresa, Hubs, coworks, aceleradoras/incubadoras, redes de mentores, redes ángeles, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> - Redes de investigadores (basado en publicaciones y patentes) en RH. - Redes de áreas del conocimiento. - Trayectoria de investigadores en RH según lugar de estudio de pregrado y postgrado. - Número de redes de investigadores con el extranjero y cantidad de personas asociados en ellas. - Convenios internacionales de CONICYT asociados a actividades CTI. 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de proyectos de investigación en RH. - Número de proyectos de investigación en RH FIC-R. - Número de publicaciones científicas en RH. - Número de tesis de pre y post grado en RH. - Número de estudios en RH. - Casos de innovación social, cooperativas y empresas B (FESAN, Fundación AVINA). - Casos de innovación social (Fundación para la Superación de la Pobreza). - Casos de innovación empresarial (CETAQUA, BIOANTU, BIOFILTRO). - Número de patentes internacionales asociadas al agua por país (Mapa de Vigilancia tecnológica de patentes creada por INAPI). - N° Iniciativas de innovación ciudadana (fondo de protección ambiental). - Casos de iniciativas de ciencia ciudadana (plataforma humedales del Ministerio de Medioambiente). - Casos de Innovación pública asociada a RH (Parque Metropolitano colaboración con Chilecompra). - Casos de propuestas de innovación artísticas relacionadas con RH 	<ul style="list-style-type: none"> - Casos de políticas públicas en RH apoyadas en su desarrollo con investigación científica (evidence based policy). - Reconocimientos, premios nacionales e internacionales e internacionalización de iniciativas CTI. - Interdisciplina en publicaciones/estudios/ tesis sobre RH. - Tipo de acceso abierto al contenido RH (acceso abierto o pagado) 	<ul style="list-style-type: none"> - Monto de incentivo tributario bajo la Ley 20.570 (2012-2015) y su ejecución. - Gasto total en I+D en Chile por sector. - Iniciativas más relevantes del Estado y organizaciones privadas relacionadas con el recurso hídrico en Chile (como por ejemplo Agendas de I+D+i). - Monto financiamiento entregado para proyectos de I+D+i en RH. - Monto financiamiento de capital de riesgo o redes de inversionistas ángeles invertido en tecnología o emprendimientos relacionados con RH. - Número de entidades y unidades con equipamiento asociado a I+D+i en RH. - Redes hidrométricas vigentes por región (2016).

4. Revisión de fuentes de información disponibles

Para el ejercicio de aplicación del modelo de monitoreo del ecosistema CTCI al reto de sostenibilidad del recurso hídrico se hizo una revisión de las fuentes de información existentes relacionadas con ciencia, tecnología, conocimiento e innovación.

En Chile, existen distintas iniciativas para contar con información sobre variables que den cuenta del estado de la CTCI y su evolución, abordando aspectos como número de investigadores, proyectos, financiamiento y resultados (publicaciones y patentes). Estos datos son recopilados por distintas instituciones que financian, articulan o ejecutan actividades relacionadas con CTCI. Dentro de los distintos reportes, encuestas y estadísticas nacionales, los más tradicionales y sistemáticos son:

- » Encuesta de Innovación en Empresas
- » Encuesta de Personal y Gasto en I+D
- » Créditos Presupuestarios Públicos para I+D (GBARD)
- » Global Entrepreneurship Monitor (GEM)
- » Informe anual de INAPI
- » Principales Indicadores Cientométricos de la Actividad Científica Chilena
- » Encuesta de trayectoria de profesionales con grado de doctor (CDH, Careers of Doctorate Holders).

El año 2015 CONICYT realiza la primera Encuesta Nacional de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología que pretende repetirse este año y se sumaría a la lista anterior.

En la tabla 6 se detallan algunas de las características básicas de estas fuentes de información. Esta búsqueda consideró las fuentes de información accesibles y sistemáticas y no pretende ser exhaustiva.

Tabla 6. Fuentes de información CTCI en Chile

Fuente de información	Marco teórico	Tipo de instrumento y quien lo realiza	Última versión disponible y año de referencia	Institución a cargo	Periodicidad	Información que contiene
Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D	Manual de Frascati, estándar OCDE	Encuesta – INE 2017 (Empresas, Estado, IES, IPSFL)	VII versión (publicada 2018) Año referencia: 2016	División de Innovación (Ministerio de Economía)	Anual	Gasto I+D total según tipo de institución (donde se financia y donde se ejecuta), Personal I+D (JCE) según institución, tipo (investigadores, técnicos y personal de apoyo y otros) y sexo, N° de unidades que hacen I+D (intramuros, extramuros, ambos y mixta) según tipo de institución.
Encuesta de Innovación en Empresas	OCDE, Manual de Oslo 2005 Community Innovation Survey (CIS) de Eurostat	Encuesta de corte transversal representativa por sector económico CIIU rev.4, región y tamaño empresa – INE (Empresas)	X versión Año referencia: 2015-2016	División de Innovación (Ministerio de Economía)	Cada dos años	(i) Tasa innovación y gasto según: tipo de innovación (producto, proceso, tecnológica, no tecnológica, gestión organizativa y/o marketing), tamaño de empresa, sector económico CIIU, si exporta o no, antigüedad, grado de novedad (adaptación o creación de tecnología) (ii) Innovación tecnológica: (producto proceso) y tipo (adaptación de la gama de bys, mejora en la calidad, de bys reducción de costo, nuevos mercados, aumento capacidad o flexibilidad de producción, mejoras en impacto medioambiental, sanidad o seguridad), tipo y efectos de innovación no tecnológica, tasa de innovación social (usada y abandonada), solicitud de protección de propiedad intelectual según tipo (en empresas que innovan y no), las actividades innovativas (según tipo), obstáculos para la innovación, fuentes de información, cooperación por tipo, solicitud financiamiento público (si/no), uso incentivo tributario, perspectivas de innovación.
Créditos Presupuestarios Públicos para I+D (GBARD) (Government budget allocations for R&D)	Manual de Frascati (2015), estándar OCDE Eurostat	Análisis Ley de presupuesto, entrevistas y planilla y encuestas (hospitales e ITPs) realizado por consultora externa	Año referencia: 2014-2015 (publicada 2016)	División de Innovación (Ministerio de Economía)	Anual pero se hace en dos fases	Presupuesto público destinado I+D (0,2% PIB) por institución, por objetivo socioeconómico (NABS 2007), por sector de ejecución (IES, IPSFL, Estado, Empresas), Avance General del Conocimiento con/sin financiamiento FGU (Fondo General universitario) según área del conocimiento Presupuesto por ITP, por CORFO/CONICYT (por línea presupuestaria e instrumento).

Fuente de información	Marco teórico	Tipo de instrumento y quien lo realiza	Última versión disponible y año de referencia	Institución a cargo	Periodicidad	Información que contiene
Encuesta trayectoria de profesionales con grado de doctor (CDH, Careers of Doctorate Holders)	OCDE Eurostat	Encuesta online -Consultora externa 2016	Año referencia: 2014 (publicado en 2016)	División de Innovación (Ministerio de Economía)	Se ha aplicado dos veces. El año 2012 y 2015	N° de doctores residentes en Chile (10,590 el 2014), sexo y áreas especialización OCDE, edad, año y país de graduación, edad promedio graduación, fuente primaria financiamiento doctorado, situación laboral, sector de empleo, ingresos, relación empleo con estudios, realizan I+D o no.
Encuesta Nacional de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en Chile	Manual de Antigua (2015) Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT)	Encuesta a mayores de 15 años (entrevistas presenciales) - Dirección de Estudios Sociales (DESUC) Instituto de Sociología de PUC	Año referencia: 2015 (publicado en 2016)	CONICYT	Cada 3 años (Primera vez que se realiza)	Cuatro dimensiones: a) Representacional b) Práctica - Operacional c) Evaluativa Valorativa y d) Sistema Institucional.
Principales Indicadores Cienciométricos de la Actividad Científica Chilena 2013	Scimago	Scimago Lab	Año referencia: 2003 - 2013 (publicado el 2016)	CONICYT (Programa de Información Científica)	Anual	Indicadores y análisis del sistema nacional de CTI distribuidos por sector, disciplina, regiones e instituciones, asociados a indicadores de esfuerzo, excelencia, impacto, liderazgo y visibilidad de la producción científica nacional. Indicadores de conocimiento innovador, Innovative knowledge (IK) y Scientific Capital pool (SKP). La información bibliográfica basal se obtiene de la base de datos Scopus de Elsevier, se utilizan sus 27 áreas temáticas y categorías, que incluyen 306 disciplinas.
Reporte INAPI	Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI)	Informe -INAPI	Publicado el 2017	INAPI	Anual	Solicitudes de Patente Resueltas por año, Presentación de Patentes por Residentes, Solicitudes de Marcas Nuevas por clase, Solicitudes de Marcas y Renovaciones presentadas por año (residentes y no residentes), información de estrategia y gestión institucional.

Estas fuentes aportan información de base que es fundamental para analizar las capacidades de CTCI. Algunas entregan información a organismos internacionales (por ejemplo, a la OCDE) que realizan reportes y estadísticas periódicos donde se compara el desempeño en ámbitos de la CTCI de distintas zonas y países. Esto nos permite observar la posición de Chile frente a referentes de nivel mundial e identificar posibles pistas de orientaciones de política pública. Algunos de estos reportes son: Global Innovation Index, Global Entrepreneurship Monitor (GEM), Global Entrepreneurship Index, Science, Technology and Industry Scoreboard y Science Technology and Innovation Outlook.

Existe, además, una serie de sitios web que son plataformas que contienen estadísticas y visualización de datos con información CTCI de Chile y que son alimentados con las fuentes de información antes mencionadas y con datos adicionales aportados por las principales instituciones públicas asociadas a la CTCI en Chile, como la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), la Iniciativa Científica Milenio (ICM) y la Fundación de Innovación Agraria (FIA). La descripción de estos sitios se muestra en la tabla 7 a continuación.

Tabla 7. Sitios web con datos y análisis sobre CTI que contienen información de Chile

Nombre	Institución a cargo	Dirección	Informe y/o visualización asociada
Nacionales			
Dataciencia	CONICYT	https://dataciencia.conicyt.cl/graficos/graficos/5/	Informe: "Principales Indicadores Cientométricos de la Actividad Científica Chilena en base a publicaciones chilenas en base de datos de WoS".
Redsearch (versión BETA)	CONICYT en colaboración con el Instituto de Sistemas Complejos de Valparaíso	https://redsearch.conicyt.cl/	Contiene visualización de estadísticas y redes en base a publicaciones científicas por investigador, institución, región y área.
Observatorio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento (Observatorio CTIE)	División de Innovación (Ministerio de Economía)	http://ctie.economia.cl/	Visualización e informes asociados a estadísticas de proyectos de CORFO, CONICYT e ICM. Datos de las Encuesta de gasto y Personal I+D y Encuesta de Innovación en empresas. Contiene visualización utilizando Tableau.
Instituto Nacional de Propiedad Intelectual (INAPI Chile)	INAPI	https://www.inapi.cl/estadisticas/patentes	Solicitudes de patentes publicadas por sector, área y por país. Contiene visualización utilizando Tableau.
Observatorio para la Innovación Agraria, Agroalimentaria y Agroforestal (Opia)	Fundación de innovación Agraria (FIA)	https://www.opia.cl/601/w3-propertyvalue-71885.html	Proyectos del área Agraria, Agroalimentaria y Agroforestal. Contiene visualización de estadísticas.

Nombre	Institución a cargo	Dirección	Informe y/o visualización asociada
Internacionales			
Innovation Policy Platform (IPP)	Desarrollada por World Bank Group y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)	https://www.innovationpolicyplatform.org/	Informe: "OECD Science, Technology and Innovation Outlook" (se realiza cada dos años)
Research and Development Statistics (RDS)	OCDE	http://www.oecd.org/sti/inno/researchanddevelopmentstatisticsrds.htm	Informe: "OECD Science, Technology and Innovation Outlook" (se realiza cada dos años)
UIS.STAT UNESCO Institute of Statistics	UNESCO	http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=SCN_DS&lang=en	Visualisation Gallery UIS.STAT UNESCO Institute of Statistics-SDG (https://www.tellmaps.com/uis/rd/#!/topic/RD) http://uis.unesco.org/en/visualisations/science-technology-and-innovation
The Global Entrepreneurship Monitor	Global Entrepreneurship Research Association (GERA)	http://www.gemconsortium.org/	Contiene visualización de estadísticas.
The Lens	ONG Cambia y Queensland University of Technology	https://www.lens.org/	Contiene datos de patentes del mundo que están vinculados, a su vez, a publicaciones científicas y técnicas. Entrega visualización de estadísticas y relaciones.
Dimensions	Empresas de Digital Science y parte de un proyecto colaborativo de 6 empresas: Readcube, Altmetric, Figshare, Symplectic, DS Consultancy and ÜberResearch.	https://www.dimensions.ai/	Información de artículos académicos por investigador, áreas del conocimiento, institución, tipo de publicación (artículo, capítulo, proceedings, preprints y monografías) y si es son de acceso abierto. Contiene además datos de financiamiento (grants), citas, ensayos clínicos y patentes.

Dentro de las plataformas nacionales, una de las que reúne y sistematiza mayor cantidad de información de diferentes instituciones es el Observatorio CTIE, de la División de Innovación del Ministerio de Economía en colaboración con las agencias del sistema. Este agrupa todos los datos administrativos disponibles de CORFO (2008-2017), CONICYT (2010-2017) y la Iniciativa Científica Milenio (2014-2017) y nace “con el objetivo de diseñar, monitorear y evaluar las políticas públicas de Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento (CTIE)”. Este sitio es de gran utilidad ya que recopila, sistematiza y disponibiliza información que antes se encontraba dispersa, sin embargo, aún falta incorporar información de otras fuentes relevantes y no engloba la visión del ecosistema en su conjunto.

Las fuentes de información descritas entregan una base importante para generar un monitoreo del ecosistema CTI nacional. Sin embargo, presentan algunas limitaciones importantes para el enfoque ecosistémico propuesto. Entre ellas, destacamos:

1. No se plantean el objetivo de una mirada integrada, al tiempo que los organismos encargados no están siempre en coordinación para generarla, utilizando clasificaciones y formas de sistematización que no conversan entre sí. A ello se suman las dificultades de acceso a datos sin procesar con metadatos suficientemente detallada que permita cruzar información de distinto origen.
2. Más que una descripción integral, comprensiva y particular de lo que está ocurriendo en Chile en el largo plazo, se busca responder a variables tradicionales bajo marcos teóricos que están estandarizados por la OCDE (Manual de Frascati y Manual de Oslo). Esto hace que utilicen taxonomías y sistemas de clasificación internacionales (FOS, CIU, NABS) que no necesariamente entregan información atinente a los retos que se enfrentan localmente y las estrategias que se definen para abordarlos.
3. No existen evaluaciones sistemáticas de las relaciones e interacciones de los elementos del ecosistema en Chile y cómo éstas evolucionan en el tiempo. El énfasis está en indicadores “tradicionales” de input y output (número de investigadores, proyectos, patentes, publicaciones, etc.).
4. Excluyen otras dimensiones relevantes, como por ejemplo el rol del estado como promotor de la CTI a través de las compras públicas, el aporte de las ciencias en la actividad legislativa, normativas y políticas públicas, la participación y articulación de la ciudadanía y actores no tradicionales en instancias CTI (por ejemplo, innovación y ciencia ciudadana), su vinculación con el mundo de la educación y la cultura y aquellas que den cuenta de las singularidades de nuestros territorios, los compromisos y posibilidades que abren los acuerdos y convenios internacionales, etc. Mucha de esta información no se recopila ni sistematiza ya que no existe un mandato para ello que incentive a los diferentes organismos a hacerlo ni un marco regulatorio que lo facilite.

5. Dimensiones clave para comprender y promover una mayor contribución de la CTCI a desafíos país

En el ejercicio de construcción de este modelo y su aplicación a la sostenibilidad del recurso hídrico, se identificaron dimensiones clave para que la CTCI contribuya a oportunidades y desafíos país. Estos son: 1) Usar un enfoque interdisciplinario; 2) Reconocer y cuidar la diversidad de actores en el ecosistema CTCI; 3) Poner especial atención a la importancia del contexto; 4) Hacer un esfuerzo activo para usar una visión amplia-sistémica del impacto de la CTCI; 5) Relevar las interacciones y redes; y 6) Poner atención a las oportunidades de multiescalaridad y relevancia local.

A continuación, se describen estas dimensiones, la forma en que se abordó cada una en el ejercicio de aplicación para el reto mencionado, y los obstáculos enfrentados para dar cuenta de ellas.

5.1 Usar un enfoque interdisciplinario

El reconocimiento de que los desafíos y las oportunidades del desarrollo sostenible e inclusivo son crecientemente complejos e inciertos, requiere integrar distintas disciplinas y actores para abordarlos. Por ello, se releva como necesario el enfoque interdisciplinario, que permite que las disciplinas integren sus conocimientos con el fin de crear nuevo conocimiento y teorías, y alcanzar objetivos de investigación comunes [41]. En el anexo 3 se presentan definiciones de distintos tipos de esfuerzos en investigación.

Sin embargo, las formas de organización y evaluación de la investigación en el mundo y en Chile, en general están basadas en disciplinas, escuelas y facultades, lo que hace difícil reconocer y promover el involucramiento de varias disciplinas, no necesariamente relacionadas entre sí, para permitir el cruce de las fronteras temáticas en función de estos desafíos.

En el caso del recurso hídrico, por ejemplo, la gestión integrada de cuencas no solo requiere de conocimiento sobre la cuenca en sí, que ya integra varias disciplinas (hidrogeología, hidrología, ecología, etc.), sino que también supone entender los usos productivos de la cuenca, su valoración cultural y el uso común de del recurso (que incluyen a la economía, sociología y antropología, entre otros). Así, la aplicación del modelo se enfrentó a la dificultad de caracterizar las capacidades y la investigación en distintas disciplinas y la combinación de ellas, lo que supone reconocer los diferentes términos que cada una usa para referirse al recurso hídrico, identificar la diversidad de intereses y perspectivas en la temática, y además representar las distintas formas de producción de conocimiento.

A continuación se describen las formas de búsqueda utilizadas, sus limitantes y posibles opciones de mejora.

Un primer análisis fue el de **publicaciones científicas nacionales** (utilizando la base de Web of Science) que tuvieran relación con sostenibilidad del recurso hídrico utilizando un **set de palabras clave** definidas por expertos, cuyos resultados se explica en detalle en el Anexo 4. Si bien este ejercicio permite identificar un grupo importante de publicaciones relacionadas, el uso de palabras clave no logra ser totalmente efectivo, ya que se incluyen publicaciones que no son de la temática (por ejemplo, al usar la palabra clave “hídrico” se incluyen publicaciones como necesidades hídricas del deporte y equilibrio hídrico en el shock séptico) y al mismo tiempo se excluyen publicaciones que si bien están relacionadas con la sostenibilidad del recurso hídrico no aparecen al usar las palabras clave definidas (por ejemplo, estudios del antropoceno que se referían al uso del agua). Además, se observan importantes diferencias en la forma de publicar entre las ciencias exactas y las humanidades (42) y en algunas bases de datos de publicaciones, como Web of Science o Scopus, las humanidades quedan subrepresentadas.

Un segundo análisis se realizó para buscar **desarrollo de tecnologías asociadas** a la sostenibilidad del recurso hídrico, usando un **mapa de vigilancia tecnológica** que llevó a cabo INAPI, para nutrir la discusión de la Comisión I+D+i para la Sostenibilidad del Recurso Hídrico en Chile. Se identificaron allí las principales patentes relacionadas con tecnologías para el uso y el manejo del agua. En este caso, la forma de identificar aquellas patentes requirió la creación de algoritmos de búsqueda complejos, ya que, al ser un tema tan amplio, la categorización CIP (Clasificación Internacional de Patentes) no permitía llegar a este resultado de forma directa. Esto requiere de una combinación de experticia y de mucho tiempo y recursos para llegar a una aproximación gruesa de un mapa de vigilancia tecnológica. Este problema se asemeja al que observamos con las publicaciones, al tratar de capturar resultados CTCI atingentes a retos que son interdisciplinarios, multisectoriales y más complejos.

Actualmente, existen metodologías experimentales de minería de datos (data mining) que pueden contribuir a resolver los problemas detectados en los primeros dos análisis. La minería de datos permite buscar palabras o conceptos solos o combinados en gran cantidad de fuentes de información heterogéneas de forma automatizada, pudiendo por ejemplo rastrear en los resúmenes de miles de artículos científicos o en el texto de cientos de patentes de invención. Este tipo de análisis podría ser una forma de filtrar gran número de publicaciones, patentes o datos, bajo la lógica de retos interdisciplinarios en su naturaleza. Un ejemplo de este tipo de herramienta es D.E.T.E.C.T.S, que busca explotar información contenida en publicaciones científicas y patentes para identificar actividades innovadoras cuya intensidad aumenta de forma marcada comparativamente a niveles anteriores y a la innovación en otros campos tecnológicos. A través de esta metodología, se han identificado el crecimiento reciente de las áreas TIC y medioambiente, energía y tecnologías habilitantes [43]. Aproximaciones similares han sido utilizadas para caracterizar áreas y tecnologías emergentes [44], caracterizar las trayectorias tecnológicas de nuevas invenciones [45], entre otros.

Un tercer análisis realizado para identificar las capacidades de CTCI en torno al reto fue una primera **caracterización de los investigadores en Chile**, asociados al reto, tomando en cuenta el factor interdisciplinario. Para ello se utilizó una combinación de dos metodologías: (1) revisión de listado de investigadores que se hubiesen adjudicado proyectos de CONICYT y FIA asociados a agua⁶ y (2) el ejercicio de bola de nieve, comenzando con los actores de la Comisión. Estas dos metodologías fueron seleccionadas bajo la hipótesis de que cada una nos daría solo una visión parcial de los investigadores en el área, en base a la diversidad de trayectorias y resultados de distintas disciplinas, y debido a la fragmentación de las comunidades disciplinares en Chile. En el Anexo 5 se detalla este trabajo.

En el desarrollo de este análisis algunas dificultades que se enfrentaron fueron la poca información que contenía la base de datos de proyectos para definir si se referían a la temática o no. Así mismo, los portales de información disponibles, como el Portal del Investigador (CONICYT), no contaban con datos suficientes para ser utilizados. También se identificó una subrepresentación de investigadores jóvenes o de disciplinas con menor grado de participación debido a las distintas formas de generar conocimiento (participación en redes de investigación establecidas o colaboración esporádica).

Una acción adicional para resguardar una mirada interdisciplinar, fue buscar dar visibilidad a iniciativas en el tema del recurso hídrico que nacieran desde otros sectores. Para ello, se realizaron reuniones con representantes de otros espacios de generación de conocimiento más cercanos a las artes y humanidades.⁷

Sin embargo, y a pesar de que existe una noción de que los temas asociados a sostenibilidad y cambio climático –particularmente en relación con el antropoceno y formas de organización alternativas–, son de gran interés para las artes y humanidades, fue difícil encontrar ejemplos específicos relacionados con el recurso hídrico. Se releva nuevamente, que los productos de la investigación y la contribución de estas disciplinas (como libros, curatorías de exposiciones, documentales, etc.), no tienen un formato de sistematización estandarizado como las publicaciones académicas o las patentes, aunque pueden llegar a tener un alcance mucho mayor y a un público más diverso.

La relevancia de las artes y humanidades en el caso del agua es muy evidente. Ellas permiten dar cuenta de distintas formas de entender la relación de distintas comunidades con el agua, y poner en diálogo temáticas en donde existen puntos de vista diametralmente opuestos. El esfuerzo de incorporarlas permite apoyar la comprensión de la representación y relación con este recurso que sustenta la participación social, y facilita la incorporación de las distintas visiones de mundo y comprensión de expresiones culturales relacionadas con el agua⁸. Capturar de mejor forma el rol de las artes y humanidades es una de tareas pendientes del monitoreo para lo cual podemos partir por ampliar los resultados de las actividades de CTCI que incorporamos en nuestro análisis como, por ejemplo: libros, contribución a conferencias, artefactos físicos, exhibiciones y performances, artefactos digitales, etc.

6 No se incluyó a los investigadores con proyectos CORFO ni FIC-R pues la base de datos suministrada no contaba con información de los investigadores asociados.

7 Entre ellos, la Asociación de Investigadores en Artes y Humanidades, la DIBAM y el Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio.

8 Un ejemplo que encontramos es el trabajo realizado por la artista Claudia González, que busca distintas representaciones del agua a través del uso de tecnologías digitales relacionadas con el audio. <http://www.claudiagonzalez.cl/projects/water-resistance/>

En resumen, frente a los hallazgos de los cuatro ejercicios anteriores, para capturar el atributo de interdisciplinariedad de un sistema de monitoreo que adopte el enfoque ecosistémico se requiere avanzar en una serie de aspectos: dar cuenta de las grandes diferencias que existen entre disciplinas en términos de dinámicas de publicación, producción resultados CTI (tipos de resultados, lugar de publicación, formato, periodicidad); reunir el entendimiento parcial de las distintas formas de abordar desafíos del desarrollo para avanzar en una comprensión más amplia e integrativa; definir formas de categorización y sistematización más amplias o permitir su agregación; y generar la capacidad de procesar grandes sets de datos con contenido heterogéneo (por ejemplo a través de minería de datos). Avanzar en esto es determinante para sustentar políticas que permitan incrementar la contribución de la CTCI a desafíos del desarrollo.

5.2 Reconocer y cuidar la diversidad de actores en el ecosistema CTCI

Para una mayor contribución de la CTCI a los desafíos de la sociedad, es clave comprender que esta no solo compete a la comunidad científica y tecnológica, sino que a la sociedad en pleno, por lo que se requiere avanzar hacia un enfoque transdisciplinar⁹. La transdisciplina trasciende los márgenes de la CTCI, aborda problemas sociales relevantes y complejos y organiza procesos de mutuo aprendizaje entre actores del mundo científico y no científico [28] (traducción de los autores).

Es decir, los aportes que se generan no dependen únicamente de su carácter técnico, sino que requieren de un codiseño e implementación que involucre a otros actores de la sociedad para alcanzarlos. Por ejemplo, en el caso de telemedicina, contar con las tecnologías e infraestructura para la implementación del proyecto es solo una parte de la solución del problema. Tanto o más importante es que estas soluciones sean adecuadas para los distintos tipos de usuarios (niños o adultos mayores, entornos rurales o urbanos, etc.) y que se complementen e implementen de manera fluida en la labor de los profesionales de la salud.

Para abordar este aspecto en este ejercicio se consideraron dos aproximaciones de particular relevancia: la innovación social y la innovación ciudadana. La primera se refiere a la creación de “nuevos mecanismos y normas que mejoran y consolidan el bienestar social de los individuos, las comunidades y los territorios, en términos de inclusión social, creación de empleo y mejoramiento en la calidad de vida” [51] (traducción de los autores). La innovación ciudadana, por su parte, busca desarrollar soluciones situadas, adaptados a las condiciones locales y que ponen a las personas al centro de la cadena de valor, a través del uso colaborativo de distintas disciplinas y saberes [52]. Ambas aproximaciones apuntan a que, en función de desafíos sociales, los resultados de la CTCI deben ir a la par con su apropiación por parte de otros actores sociales, como ONGs, organizaciones de la sociedad civil, emprendedores, etc.; los cuales a través de la re-interpretación de resultados también generan procesos de innovación. Por tanto, en un contexto de monitoreo en la lógica de ecosistema es importante entender los distintos mecanismos por los cuales la sociedad se vincula con la generación de conocimiento.

9 La investigación transdisciplinaria se define como aquella que involucra académicos de distintas disciplinas no relacionadas entre sí, como también a participantes fuera del mundo de la academia, pertenecientes a diversas categorías de actores, para crear en conjunto nuevo conocimiento y teoría y abordar preguntas comunes.

Es por esto que, como parte del monitoreo del reto agua, se buscó incorporar ejemplos de innovación social e innovación ciudadana, así como también ampliar el espectro de actores del ecosistema. En este ejercicio se constata que a pesar del entusiasmo que existe en el país por este tipo de iniciativas, existen pocos estudios que permitan mapearlas y caracterizarlas. En este contexto, se usaron las siguientes estrategias.

1. Análisis de los resultados del estudio “Estructura y Dinámica del Emprendimiento Social en Chile” (2016) [53] llevado a cabo por Pablo Muñoz y equipo del Instituto de Innovación Social de la Universidad del Desarrollo, donde se mapea y caracteriza del emprendimiento social en Chile, incluyendo aspectos de innovación social. Este proyecto incluyó un catastro nacional de emprendimiento social¹⁰, que incluye distintas categorías, en las cuáles no es fácil distinguir la temática agua¹¹. Por la confidencialidad del estudio no fue posible acceder a la base de datos, por lo que no se pudo distinguir aquellos emprendimientos que tuvieran relación con el reto en particular.
2. Entrevista con el Centro Internacional de Economía Social y Cooperativa de la Universidad de Santiago de Chile. El objetivo fue entender de manera más general, cómo las cooperativas y los proyectos de economía social entienden e incorporan procesos de innovación. La experiencia latinoamericana en procesos de innovación en cooperativas indica que este tipo de actores tiene distintas dinámicas de incorporación de nuevas prácticas y transferencia tecnológica, en gran parte porque tienen una estructura más horizontal que las empresas tradicionales de gran tamaño. Eso hace que, por ejemplo, cuando se incorporan mejoras de proceso en una cooperativa, estas se difundan más rápidamente a los distintos usuarios, agregando valor a cada una de las pequeñas unidades de producción. Esta entrevista además nos entregó pistas sobre cómo poder identificar casos de innovación en recursos hídricos desarrollados por cooperativas.
3. Entrevista con el gerente de la Federación Nacional de Cooperativas de Servicios Sanitarios (FESAN). Esta asociación agrupa a comités y cooperativas de agua y saneamiento a nivel nacional, con más de siete mil socios. En relación a sus actividades de innovación, estas se han centrado en el fortalecimiento de capacidades para la gestión y gobernanza, y el desarrollo e incorporación de ecotecnologías de saneamiento para aguas rurales.
4. Entrevista con la Fundación AVINA Chile la que coordina una serie de proyectos, en Chile y América Latina, en uso sostenible de agua.
5. Consulta resultados de instrumentos de innovación social de CORFO, en el periodo 2010-2016.

10 Los resultados del estudio están disponibles en <http://iisocial.udd.cl/resultados-del-estudio/>

11 (1) educación, (2) trabajo o auto-empleo (3) arte y cultura (4) comercio justo (5) pobreza (6) basura o reciclaje y (7) apoyo al emprendimiento.

A partir de estas entrevistas se pudo constatar la dificultad de caracterizar la innovación social y la innovación ciudadana en Chile en esta temática, ya que las fuentes de información están dispersas y no existen bases de datos asociadas.

Con la información recabada se desarrolló una caracterización preliminar de las dinámicas de innovación social en recursos hídricos a partir de casos, esto no fue replicable para innovación ciudadana. Se observó que la innovación social en nuestro país en este ámbito se centra en el uso sostenible del agua para la provisión de agua potable y saneamiento, tanto rural como urbano. Es importante mencionar que este corresponde a uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 (objetivo 6), y que, en el país, aún existe un porcentaje de la población que no cuenta con sistemas adecuados. En este aspecto, se pudo identificar iniciativas locales cuyo objetivo es proveer agua de mejor calidad para el consumo humano en zonas de escasez, como el caso de Fresh Water¹², empresa de innovación social que permite la obtención de agua a partir del aire, o de la Cooperativa “Agua de la Montaña” de Andacollo¹³, empresa social de mujeres que provee de agua filtrada a esta comunidad.

Otro espacio donde actores externos a la academia son participantes activos del ecosistema son las experiencias de ciencia ciudadana. Sin embargo, al igual que la experiencia anterior, no se encontraron bases de datos, catastros o estudios exhaustivos que permitieran mayor análisis. Se buscaron ejemplos que sirvieran como pistas para entender esta componente del ecosistema de CTCI en recursos hídricos. Uno de estos fue el Registro Colaborativo de Humedales, proyecto del Ministerio del Medioambiente, en el cual los ciudadanos pueden subir a la web información e imágenes sobre humedales en Chile en un mapa geolocalizado¹⁴.

La conclusión de este ejercicio fue que se requiere contar con catastros, mapas y bases de datos de innovación ciudadana, innovación social y ciencia ciudadana, así como otras aproximaciones que den cuenta de la amplitud de actores en el ecosistema y sus formas de participación. Una experiencia a revisar son los iniciativas de innovación ciudadana promovidas desde la Secretaría General Iberoamericana, entre las cuales se cuentan encuentros ciudadanos y cartografías de iniciativas locales para poner en valor la potencia de una ciudadanía crítica y activa que posibilita otra manera de hacer ciudad e innovación mediante la autogestión y la participación¹⁵. Si bien no siempre se refiere a iniciativas de innovación con base científico tecnológica propiamente tal, su forma de abordar el proceso es replicable en el ámbito de la CTCI. Esto permitirá capturar sus dinámicas territoriales y de contenido, generando un mejor entendimiento del aporte de actores diversos al ecosistema CTCI.

12 <http://www.freshwatersolutions.org/>

13 <http://xn--aguadelamontaa-2nb.cl/>

14 Plataforma disponible en sitio web del Ministerio del Medioambiente en: <https://humedaleschile.mma.gob.cl/>

15 Una ejemplo de cartografías es el registro de iniciativas vecinales Los Madriles de España. Mas Información en página web: <https://losmadriles.org/>

5.3 Poner especial atención a la importancia del contexto: ejemplos en el ámbito legislativo y normativo

Un hallazgo importante, derivado del análisis de los casos y de las entrevistas realizadas, es la relación que puede existir entre la regulación y la innovación.

Un ejemplo particular, es el caso de la Cooperativa “Agua de la Montaña” de Andacollo en que han sido relevantes los cambios regulatorios en el sector saneamiento del último tiempo. El reconocimiento de las actividades de las comunidades y cooperativas de agua y saneamiento, a través de la Ley N°20.998 de Servicios Sanitarios Rurales (2017), transparente y ordena los mecanismos bajo los cuáles estas entidades funcionan, reconociendo su rol como agentes que gestionan el uso responsable del recurso hídrico en zonas rurales. Este nuevo marco normativo, ha sido una oportunidad para la adopción de soluciones tecnológicas “adecuadas”, que responden al contexto y capacidades de las comunidades donde se insertan, como las lagunas de saneamiento.

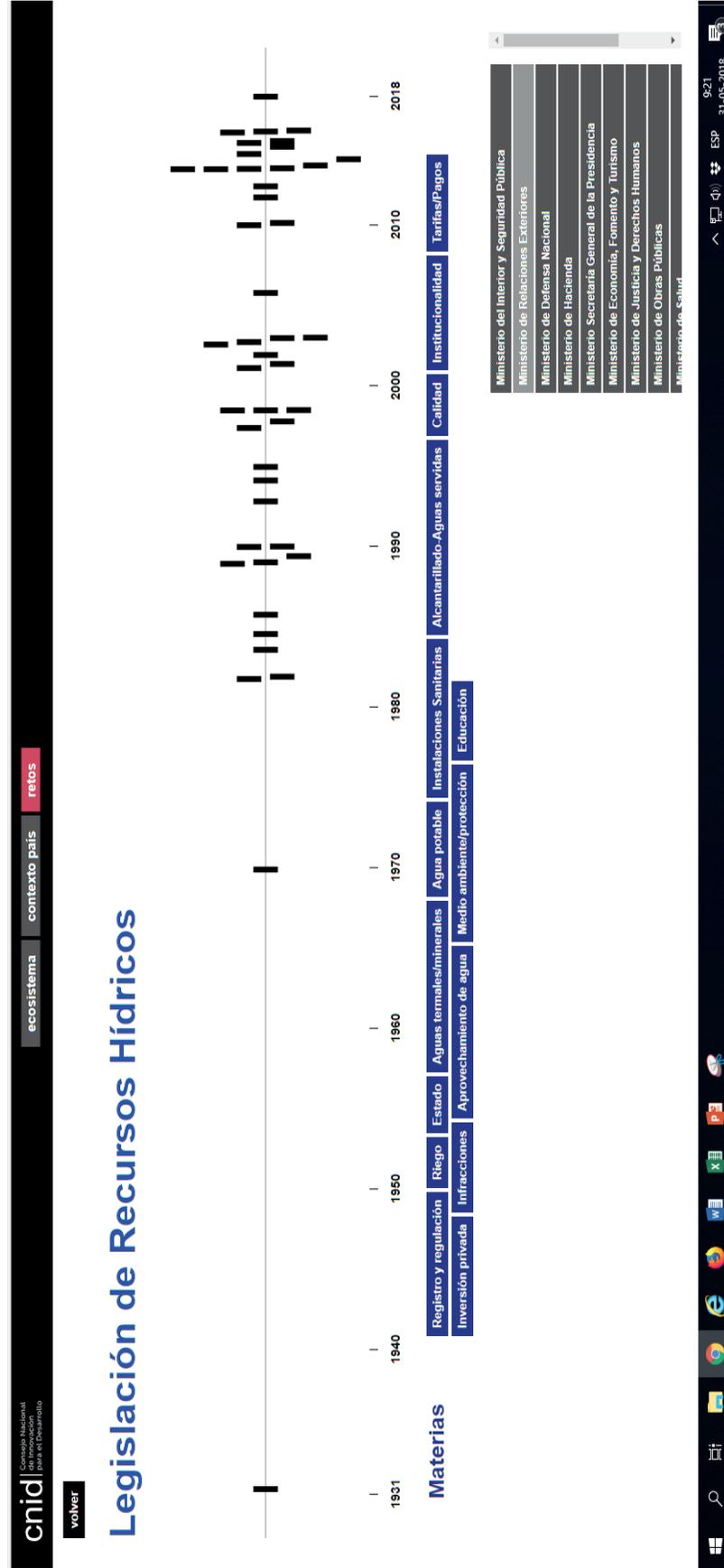
Una segunda modificación importante corresponde a la reciente aprobación de la Ley N°21.075 (enero 2018) que regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises. Esta ley distingue las aguas grises (provenientes de mecanismos de limpieza, duchas y lavaplatos) de las aguas negras (contaminadas con detergentes no biodegradables o material fecal). Reconoce y permite que estas aguas grises puedan ser recuperadas y reutilizadas previa depuración. Hasta antes de la promulgación de esta ley, no existía un marco normativo que permitiera la reutilización de aguas grises en zonas urbanas, solo en zonas rurales, limitando la incorporación de tecnologías que permitan el uso eficiente del agua.

La empresa de ecoingeniería hídrica BIOANTU desarrolla soluciones tecnológicas para el uso sostenible del agua, una de ellas es la construcción de paisajes depuradores, estos son humedales artificiales¹⁶ que purifican el agua contaminada por el hombre permitiendo su reutilización. Debido a la ausencia de un marco normativo claro en torno a esta tecnología sus proyectos enfrentaron problemas para ser aprobados por los organismos competentes, lo que se logró el año 2014 después de un extenso proceso. Actualmente, esta tecnología ha podido ser implementada en diversos proyectos habitacionales, uno de ellos es un condominio de cinco casas, donde el agua tratada es reutilizada para riego, lo que permite un ahorro diario de 10.000 litros de agua.

En este marco, el ejercicio permitió constatar como un hallazgo importante, el rol de las normativas y la legislación relacionada con el agua, como un factor que puede promover la innovación, si se generan las condiciones e incentivos necesarios en el ecosistema CTCI. Es por ello que se incorporó, en la comprensión del contexto general de recursos hídricos, una línea temporal de legislación y normativa nacional que pudiese posteriormente correlacionarse con la generación de investigación, desarrollo tecnológico e innovación asociada al agua. En la figura 4 se muestra la imagen de esta línea temporal.

16 Unidades biológicas donde las plantas y los microorganismos interactúan en un entorno acuático para purificar el agua contaminada por el hombre.

Figura 4. Línea temporal de leyes y normativas asociadas al agua en Chile



Fuente: Desarrollo propio en base a información de la Biblioteca del Congreso.

Esto permitió comprender mejor cómo la falta de coordinación entre agencias, políticas e instrumentos, afecta al ecosistema de CTCI. Las agencias vinculadas a la generación y aprovechamiento del conocimiento no inciden en la generación de normativas y regulación de manera de promover desde éstas la innovación. Un ejemplo es el de la Ley N°19.525 que distribuye la responsabilidad de la gestión de aguas lluvias urbanas entre el MOP (red primaria) y el MINVU (red secundaria), en el cual se conciben las aguas lluvias como un desecho y no un recurso que pueda ser utilizado. Esto ha significado, junto con otra serie de fallas de gobernanza del recurso hídrico un subaprovechamiento de un recurso de gran relevancia y desincentivando la innovación en la gestión de estas [61].

Por el contrario, alinear los incentivos CTCI con políticas de regulación de mercado puede ser muy exitoso, como ha sido el caso de la energía renovable en Chile. Durante la última década, la energía renovable, en particular la solar, ha crecido rápidamente en nuestro país. Al mismo tiempo, Chile se ha posicionado en el mapa mundial de la innovación en energía solar, con proyectos emblemáticos como el Centro de Investigación en Energía Solar (SERC) y el Programa Transforma Solar. Esto no ha sido solo resultado de la baja de los costos de la tecnología solar fotovoltaica, sino que también se debe a una combinación de cambios en la regulación de generación eléctrica (Ley corta I y II, Ley de Transmisión) acompañada de mecanismos de incentivos y coordinación de la industria a nivel nacional [62].

Otro ejemplo reciente, de cómo la normativa y las leyes pueden gatillar procesos de innovación y emprendimiento, es la puesta en marcha en junio de 2016 de la Ley N° 20.606 sobre Composición Nutricional de los Alimentos y su Publicidad, que ha generado que "...así como las grandes empresas de alimentos han reformulado sus productos tradicionales para sumarse a las nuevas leyes de las etiquetas limpias, hoy abundan empresas pequeñas que han nacido por la inspiración de esta tendencia y en vez de reformular sus productos fueron creadas originalmente con la convicción de reinventar la industria desarrollando una nueva generación de productos innovadores y con valores que reflejan este cambio de paradigma de las etiquetas limpias..." [69].

Estos ejemplos permiten mostrar la relevancia de mirar de manera conjunta, el contexto normativo con la política de CTCI. Sin duda que extendiendo el análisis de contexto a otros aspectos se relevarían otros factores que también deben ser tomados en cuenta para una política CTCI por lo que este es sólo un ejemplo de la importancia de un análisis más integral del contexto en el cual se desarrolla un ecosistema CTCI.

5.4 Hacer un esfuerzo activo para usar una comprensión más amplia de los resultados de la CTCI y su impacto

Otro hallazgo del ejercicio fue la necesidad de dar cuenta de un entendimiento más amplio de los aportes de la CTCI. Usualmente, la producción científica se mide en relación a publicaciones y su calidad (indicadores bibliométricos), y la innovación en función de patentes o startups. Estos indicadores nos entregan una dimensión de la capacidad de creación de conocimiento relevante por el valor intrínseco de las ciencias y porque, como hemos visto a lo largo de la historia, esta capacidad ha sido catalizadora de impactos impredecibles.

Sin embargo, también es necesario dar cuenta de otros resultados e impactos de la actividad científica y de la innovación, que muestran su contribución y su relación con las distintas dimensiones de la vida humana. En ese marco, se encuentran por ejemplo, el visibilizar el valor del trabajo realizado en comunicación de los resultados científicos, el aporte a las políticas públicas, el trabajo con comunidades, el de aquellos productos de valor comercial que no son patentables (adopción y adaptación tecnológica), entre otros. Identificar este tipo de resultados no es trivial, pues muchos de ellos no generan productos tan estandarizados como las publicaciones científicas y las patentes, y no en todos los casos están asociadas de forma explícita a proyectos¹⁷. Además, hay cierto tipo de resultados que dependen altamente del contexto y las redes de los investigadores y profesionales, por lo que comparar entre grupos, bajo las mismas métricas, puede ser contraproducente. Por ejemplo, realizar actividades de divulgación se facilita si existe el apoyo de especialistas en el área, y si la universidad o centro de investigación valora el tiempo dedicado a ello versus otras actividades. Así mismo, dado que no existe una institucionalidad que asegure una fluidez de colaboración entre el mundo científico y otras áreas, como, por ejemplo, del tipo asesoría científica para parlamentarios, o para instituciones públicas, la colaboración con este tipo de agencias no está institucionalizada y depende de las redes de los científicos, y voluntad y prácticas de los distintos actores y agencias.

En el caso de la evaluación de impacto, definido como un efecto, cambio o beneficio en la economía, la sociedad, la cultura, la política pública o servicios, la salud, el medioambiente o la calidad de vida, que se produce más allá de la academia (traducción de los autores) (73), no se cuenta en la actualidad con evaluaciones sistemáticas. De hecho, no existe consenso sobre cuáles son los impactos de la investigación y la innovación y cómo evaluar, a lo cual se suma la carencia de líneas base que permitan hacer un seguimiento a largo plazo de ciertas acciones¹⁸. Un antecedente importante son los esfuerzos que se están realizando en distintos países para avanzar hacia mejores sistemas de evaluación de la calidad de la investigación y su impacto. Un ejemplo es la iniciativa REF 2014 (Research Excellence Framework) llevada a cabo en el Reino Unido, cuyo objetivo fue evaluar el impacto amplio de la investigación llevada a cabo por las Universidades en este país. Desde los años 90 algunas agencias de CTCI han buscado incorporar mecanismos de evaluación de impacto ex-ante (en postulaciones a fondos) y ex-post. Uno de los marcos más conocidos es payback framework [47] en el que los proyectos se evalúan de manera retrospectiva en base a descripciones densas de las actividades realizadas. Este método no ha estado exento de críticas por lo extenso de su preparación, tanto para investigadores como para evaluadores. Además, existen dos factores importantes a considerar: una gran variedad de conceptualizaciones de lo que significa impacto [48], la temporalidad de algunos de estos impactos, que son de largo plazo y el hecho de que la ciencia por sí sola no genera impacto, sino que requiere de otros factores [49].

17 La Iniciativa Científica Milenio ha buscado incorporar estas dimensiones para sus evaluaciones de Institutos, por lo que se busca que los miembros de dichos centros incluyan esta información en los reportes anuales de trabajo, así como en el repositorio online.

18 Especialmente aquellas acciones que son de tipo sistémico, buscan generar efectos que son sólo visibles en plazos de 10 a 20 años (Edler et al, 2016)

Adoptar esta visión más amplia, permite acoger dimensiones muy relevantes en la discusión sobre el rol de la CTCI en la sociedad, como el reconocimiento de que los procesos de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación no son neutros, que pueden generar tanto beneficios como consecuencias indeseadas, y que estas deben ser evaluadas considerando el contexto en el que se desarrollan y con objetivos normativos claros. Situaciones como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad o el gran aumento de la inequidad a nivel mundial, también son resultado de los desarrollos tecnológicos del siglo XX [54]. Asimismo, la CTCI puede introducir nuevas formas de inequidad territorial que antes no existían [55]. Más allá de la consideración de “externalidades”, se entiende que la evolución de la ciencia, tecnología, conocimiento e innovación es un proceso complejo e incierto, que nos entrega herramientas y oportunidades, pero a su vez nos presenta desafíos. Son las acciones de los actores involucrados en este proceso, tanto públicos como privados, que pueden guiar y direccionar estos procesos.

En general, las agencias CTCI en Chile carecen de mecanismos estandarizados para evaluar el impacto, en el sentido amplio de estas actividades. Un antecedente es el trabajo realizado por el CNID, junto con la iniciativa Científica Milenio, cuyos resultados se encuentran en el informe “Valorización de la Ciencia: una exploración preliminar. Proyectos, centros, modelos y aplicaciones” (2016) [50]. Su objetivo fue buscar entender el comportamiento de la CTCI en Chile para formular una mirada más amplia de sus distintos impactos, tanto económicos como sociales, culturales y territoriales. Se hizo un estudio en el que se entrevistó a distintos centros de I+D para construir a partir de ello, variables que capturaran de mejor manera el espectro amplio de los resultados que puedan emerger de esta actividad bajo el esquema de investigación asociativa de largo plazo. También se analizó, desde las distintas fases de maduración del centro, qué actividades claves determinan los tipos de impacto que estos podían tener a través del tiempo.

Ante la inexistencia de variables o indicadores que se pudiesen incorporar a este ejercicio de monitoreo con el fin de ampliar el espectro de resultados y espacios donde la CTCI tiene impacto, una aproximación que se utilizó fue el recoger casos. Uno de estos casos surge intentado develar el aporte de la CTCI en el espacio legislativo. En las entrevistas realizadas a la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN), conocimos un programa piloto, impulsado por la Iniciativa Científica Milenio (ICM), cuyo objetivo fue diseñar un mecanismo concreto para construir informes científicos que sirvan de apoyo a la discusión parlamentaria. El foco era crear un espacio donde los jóvenes científicos pudieran aportar a esta tarea¹⁹. Se generó un equipo interdisciplinario de científicos jóvenes de ICM que trabajaron con la BCN y generaron un primer informe parlamentario para el tema: “el agua como recurso vital”. La experiencia generó una metodología y el aprendizaje para construir un espacio permanente, abriendo la puerta a que la CTCI contribuya a la actividad parlamentaria. El recoger este tipo de casos es un primer paso, sin embargo, se requiere estudiar con profundidad cada uno para determinar si tuvieron impacto y en que ámbito y generar evaluaciones de impacto sistemáticas.

19 Más información en <http://www.iniciativamilenio.cl/legislacion/>

5.5 Relevar las interacciones y las redes

La contribución de la CTCI a grandes retos depende de la formación de redes y vínculos entre distintos actores del sistema y entre los distintos espacios que estos actores habitan. Esta consideración hace posible entender y visualizar cómo los ecosistemas de CTCI se articulan a través del tiempo, tanto en su foco temático como territorial.

En este sentido es clave para caracterizar el ecosistema responder a preguntas que den cuenta de la creación de redes y de la estructuración del sistema, tales como las siguientes.

¿Cuáles son las capacidades del sistema de acoger actividades colaborativas?

El sistema chileno de CTCI, a pesar de su baja inversión, tiene excelentes indicadores en producción científica por investigador a nivel de Latinoamérica. Sin embargo, la mayoría de los fondos de financiamiento para investigación se enfocan en la investigación individual [36]. No existen estudios que evalúen de manera exhaustiva los distintos incentivos que tienen los actores del ecosistema para generar colaboración a largo plazo y que capacidades se requieren desarrollar para avanzar hacia un enfoque asociativo e interdisciplinar²⁰.

La articulación de capacidades de CTCI vinculadas a desafíos presenta distintas complejidades en cuanto a su gobernanza, esquemas de financiamiento, incentivos, desarrollo de confianzas, etc. En el ámbito del recurso hídrico el CNID apoyó la conformación de una red de I+D para abordar la sostenibilidad de este recurso en el país, reuniendo a más de 25 entidades y grupos de investigación y desarrollo tecnológico (públicos y privados). Esta experiencia generó aprendizajes sobre las dificultades y oportunidades de articular capacidades con una mirada interdisciplinaria, multisectorial y enfocada a retos.

En el caso de la innovación empresarial existen pocos espacios que incentiven que está se produzca en redes de colaboración más amplias, donde se convoque a actores del mundo académico, público y de la sociedad civil. En el caso de cooperativas, las entrevistas realizadas dan pistas que indican que los incentivos e instrumentos existentes no son adecuados para estas desarrollen actividades CTCI. Considerando que en 2015 existían 2.868 cooperativas vigentes –es decir, formalmente constituidas–, las que cuentan con un total de asociados que asciende a 1.858.538 personas, quienes representan al 21,77% de la población económicamente activa del país [70], es un ámbito donde se debe profundizar.

Otras preguntas asociadas son: ¿qué instituciones y políticas públicas existen en Chile que permitan la articulación de redes de colaboración en CTCI? ¿Qué mecanismos de financiamiento responden a esquemas colaborativos? y ¿cuáles son las reglas sociales y la cultura imperante en relación a la colaboración entre los distintos actores de la CTCI?

20 Por ejemplo, analizar la cultura organizacional y como influye en las actividades de I+D.

¿Cómo se enriquece el ecosistema a través de la diversidad e inclusión social en redes de innovación?

Numerosos informes, a nivel internacional han demostrado las dificultades que tienen grupos minoritarios en integrarse en distintas dimensiones [56], [57].

En la misma línea, distintos estudios en Chile han identificado las brechas de género existentes en la CTCI. Existen factores culturales e institucionales que dificultan la incorporación profesional de mujeres, por ejemplo, en compatibilidad con las actividades familiares, que se traducen en lagunas de productividad científica, desviación hacia actividades menos valoradas como la docencia, etc. [58]. Recientemente también se ha puesto énfasis en la inclusión de otros grupos desaventajados en la CTCI, como minorías étnicas o particulares grupos socioeconómicos. En esta línea, CORFO, en conjunto con el BID, abrió en el último periodo una línea de financiamiento para el emprendimiento indígena²¹. Ante este contexto, dos preguntas específicas que pueden considerarse: Para los programas de financiamiento ¿existen criterios de evaluación que incentiven la inclusión y participación de minorías y grupos desaventajados? y ¿cuáles son los mecanismos de exclusión existentes hoy en el ecosistema CTCI?

Otro aspecto asociado a la diversidad y riqueza de las redes del ecosistema CTCI es la existencia de una diversidad de actores que va más allá de académicos, investigadores e ingenieros. Por ejemplo, es difícil capturar actores del mundo de la comunicación y divulgación de la CTCI, profesionales especializados en propiedad intelectual y transferencia tecnológica, técnicos, artistas avocados a iniciativas CTCI, impulsores de innovación social, etc. Estos actores no son contabilizados en las encuestas tradicionales que se realizan en Chile y quedan invisibilizados en los análisis tradicionales, sin embargo, forman parte importante de un ecosistema de innovación.

¿Existe una articulación y coordinación de políticas de innovación?

La coordinación no es solo importante a nivel de actores, sino que también a nivel de instrumentos CTCI. El concepto de “policy mixes” [59] busca entender cómo se articulan las políticas CTCI con políticas sectoriales, entendiendo que la construcción de nuevos sectores y nichos de mercado pasa por también generar reglas que articulen y faciliten la penetración de nuevas ideas y tecnologías. Este concepto ha sido ampliamente desarrollado en estudios asociados a innovación verde [60], donde el rol de una regulación adecuada, acompañada de instrumentos e incentivos, puede generar mejoras para el medio ambiente, innovación y productividad en las empresas. Sin embargo, esto tampoco es algo que se evalúa en las políticas de CTCI en Chile.

21 https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C_NoticiaNacional&cid=1476720182702&d=Touch&page-name=CorfoPortalPublico%2FC_NoticiaNacional%2FcorfoDetalleNoticiaNacionalWeb

¿Qué rol tiene la cultura CTCI y cómo lo abordamos?

Generar procesos de innovación en organizaciones y entre ellas no solo depende de generar incentivos y superar brechas, sino también de entender y crear una cultura de investigación e innovación dentro de ellas. Al referirnos a procesos tan diversos, estos conllevan el encuentro de culturas epistémicas [63], como por ejemplo, la cultura científica, la empresarial y la ingenieril, donde es necesario generar arreglos que faciliten la comunicación.

Aquí se busca responder a preguntas que nos permitan entender las distintas culturas que cohabitan en función de facilitar la colaboración entre distintos actores y espacios. Entre estas preguntas están: ¿cuáles son las formas de imaginar el rol de la CTCI dentro de distintas organizaciones del sistema? ¿cómo se adaptan ideas y tecnologías importadas a la realidad nacional? ¿cuáles son las principales barreras que encuentran organizaciones de distintos espacios o mundos para interactuar y cómo las solucionan? ¿quiénes son las personas o plataformas que conectan distintos espacios (investigación científica, humanidades, esfera pública, empresas) y mundos emergentes (nuevas ideas y tecnologías)?

Estas son preguntas que quedan abiertas y que pueden dar pistas de las condiciones que permiten la introducción de transformaciones –a través de la CTCI–, exitosas en el largo plazo.

5.6 Poner atención a las oportunidades de multiescalaridad y relevancia local

En Chile, han existido esfuerzos por fortalecer capacidades y herramientas CTCI a nivel regional (con foco en regiones distintas a la Región Metropolitana), como el Fondo de Innovación para la Competitividad Regional (FIC-R) creado en 2009. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos persisten grandes diferencias en las capacidades CTCI entre diferentes regiones y territorios que son de gran relevancia al momento de generar estrategias regionales de innovación.

Un aspecto relevante del modelo es que la capacidad de que la CTCI contribuya a los retos depende del contexto territorial. Por ello, es necesario incorporar en la caracterización del ecosistema la dimensión de pertinencia e impacto local de publicaciones y actividades, o, dicho de otro modo, la pertinencia local de la producción de conocimiento, tecnología y otros resultados cuando este sea el objetivo declarado de la política. Existen ejemplos internacionales respecto de esto. El IDCR (International Development Research Center) de Canadá en su propuesta de evaluación de impacto de la I+D (RQ+) incorpora aspectos a sus procesos de evaluación ligados a la legitimidad de la investigación definida por la pertinencia local, el involucramiento de comunidades y actores del territorio, la incorporación de conocimiento local, etc²².

22 Más información en <https://www.idrc.ca/en/research-in-action/research-quality-plus>

En este marco, una de las áreas actuales de discusión en estudios de la CTCI corresponde a la pertinencia de las publicaciones científicas con respecto a problemas específicos y locales, que se ven desincentivados por los sistemas de evaluación basados en métricas como el factor de impacto de las revistas ya que esto incentiva a publicar en revistas indexadas en inglés en temáticas específicas que no necesariamente se relacionan con el interés local ni facilitan su uso [65]. Esto es particularmente relevante para los problemas propios de los países del Sur Global, como la investigación sobre enfermedades como la malaria o el dengue [66]. Se define la investigación local como aquella que contribuye a “el stock local de información necesario para aumentar el entendimiento local y para producir nuevo conocimiento de valor para resolver problemas locales de índole social, intelectual o tecnológica [67] (traducción de las autoras). No existen métodos únicos para identificar la pertinencia local de una investigación, pero a través de análisis bibliométrico y de palabras, investigadores caracterizaron la relevancia local de publicaciones en Colombia [26]. Estos investigadores concluyen que la investigación interdisciplinaria tiende a relacionarse más con temáticas locales.

En el reto del agua, es evidente la relevancia del contexto territorial. De hecho, la disponibilidad del recurso hídrico varía enormemente entre regiones, así como las formas de abordar y gestionar su demanda. En las regiones de Antofagasta y Atacama, donde la escasez de agua es un problema de larga data, se han implementado soluciones como la desalinización de agua de mar, con 36 desalinizadoras a la fecha distribuidas entre estas regiones. Por otra parte, la gran mayoría de los embalses para riego se ubican entre las regiones de Coquimbo y Biobío [64].

Existen además grandes disparidades territoriales en términos de investigación. En el caso del agua, los datos recogidos permiten determinar que sólo tres universidades, la Universidad de Chile, Pontificia Universidad de Chile y Universidad de Concepción, concentran el 39% del total de investigadores en recursos hídricos del país y el 58% de las publicaciones científicas²³ [40]. Esto hace que las capacidades de otras regiones, (diferentes a la Región Metropolitana y del Biobío), de atender a temáticas de interés netamente regional estén limitadas o bien dependan fuertemente de otras regiones. Un aspecto relevante de la estructura de monitoreo de retos es reflejar las diferencias y complejidades locales de la temática, y caracterizar la investigación a nivel regional, y potencialmente, en función de unidades de análisis relevantes para la temática como pueden ser las macrozonas o cuencas.

23 Año de referencia: 2016. Investigadores con grado de doctor y con publicaciones académicas.

6. Conclusiones

El diseño y aplicación al reto de agua del modelo de monitoreo CTCI Retos permitió demostrar que se puede avanzar en generar sistemas que permitan caracterizar y evaluar el desempeño de las capacidades CTCI vinculadas a desafíos.

De hecho el ejercicio pudo realizarse sobre la base de información actualmente disponible en el sistema.

Para ello, fue necesario abrirse a métodos cualitativos que permitieran llenar los vacíos de información existentes, siendo los más utilizados la entrevista a actores diversos y los estudios de caso.

Se concluye que estas técnicas pueden ser una buena manera de recopilar y sistematizar datos no disponibles, con estrategias de bajo costo. A pesar de que la información es incompleta, el ejercicio permite mejorar la comprensión del desafío, al identificar importantes nuevos actores, vínculos y elementos de contexto, lo que a la vez, permite definir acciones que pueden potenciar la contribución de la CTCI.

Otra conclusión relevante es que para avanzar en un modelo de monitoreo que vincula CTCI con retos país, supone hacerse cargo al menos de las seis dimensiones que fueron identificadas en el ejercicio y que son: 1) usar un enfoque interdisciplinario; 2) reconocer y cuidar la diversidad de actores en el ecosistema CTCI; 3) poner especial atención a la importancia del contexto; 4) hacer un esfuerzo activo para usar una visión amplia-sistémica del impacto de la CTCI; 5) Relevar las interacciones y redes; y 6) poner atención a las oportunidades de multiescalaridad y relevancia local. Estas dimensiones no sólo son determinantes en el diseño de los sistemas de información, sino que fundamentalmente requieren ser incorporadas al diseño y gestión de las políticas públicas, lo que por añadidura permitiría disponer y haría valiosa la información que se genere.

En particular para dar cuenta del enfoque interdisciplinario, se requiere el desarrollo de herramientas para análisis de datos y sistemas complejos. Esta tarea se puede abordar a través de alianzas con centros de análisis de datos complejos, que utilicen herramientas informáticas, como data mining y machine learning, para analizar grandes sets de datos de composición heterogénea, y que puedan estar interesados en temáticas CTCI. Entre ellos están el Centro de Data Science de la Universidad del Desarrollo, el Instituto Milenio de Investigación sobre los Fundamentos de los Datos, el Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería, el Instituto de Sistemas Complejos de Valparaíso, entre otros. También se requiere buscar capacidades a nivel nacional e internacional orientadas a nuevas metodologías de análisis de sistemas complejos, como System Dynamics, que ya están siendo desarrolladas en distintas universidades chilenas.

De estas alianzas se pueden concretar proyectos de investigación que puedan ser objeto de financiamiento público, y que puedan generar nuevas herramientas de análisis de datos de acceso abierto para datos CTCI que sirvan al monitoreo del ecosistema e investigación en general.

Respecto del reconocimiento de actores diversos que inciden en la contribución de la CTCI a grandes retos, un primer paso sería contar con sistemas de registro más sistemáticos de los proyectos de innovación social y ciudadana que se realizan, ya que estos incorporan formalmente a actores de la sociedad civil en función de demandas sociales. Otro paso importante, y en el que ya existen esfuerzos es caracterizar y generar información sistemática de aquellos agentes que cumplen el rol de vincular el conocimiento con la sociedad, lo que incluye periodistas y comunicadores, divulgadores científicos y personas que trabajan en la transferencia de los resultados de la investigación, entre otros.

El ejercicio permite ilustrar, a través de casos, la importancia del contexto en el modelo de CTCI asociada a retos. Partir con un registro de la normativa asociada a los retos puede ser un primer paso para avanzar en una mayor conciencia y articulación de políticas de CTCI y sectoriales. En este marco es importante, como lo demostró el ejercicio, no solo dar cuenta de los marcos directamente relacionados con la actividad CTCI, sino de todos los marcos normativos vinculados al reto de modo de poder pesquisar efectos indirectos que no son evidentes.

Las dimensiones referidas a una visión más amplia del impacto de las ciencias y la relevancia de las interacciones y redes están muy conectadas. En la medida que estos vínculos son más fuertes el potencial de impacto también crece. Contar con mayor información al respecto requiere que estos frutos de esta vinculación sean reconocidos por los mecanismos formales de la política. Esto también estimula el que estas alianzas tengan un carácter más formal y permanente.

Con respecto a la dimensión de multiescalaridad y relevancia local es clave en el contexto de descentralización e instalación regional de la nueva institucionalidad de CTCI en el país. En este ámbito, como lo muestra el caso del agua, la escala territorial está fuertemente relacionada con la naturaleza del desafío, y muchas veces no se corresponde con la distribución política administrativa (las regiones) que ordena nuestro país.

Finalmente, en el ejercicio se relevan dificultades que son transversales a cualquier sistema de información y monitoreo. Las conclusiones y recomendaciones que surgen reiteran la necesidad de una coordinación interinstitucional para un catastro y repositorio único de información; contar con la descripción de los datos, la asignación de un identificador a los datos²⁴ y criterios de metadatos²⁵; asegurar la perdurabilidad de los datos; contar con una normativa y plan de implementación de Datos Abiertos.

24 El uso de identificadores únicos estandarizados ha sido sugerido en distintos reportes, como por ejemplo el uso de ORCID (Open Research and Contributor ID) en el caso de investigadores y ISBNs (International Standard Book Number) en el caso de libros o el DOI (Digital Object Identifier) en el caso de objetos digitales como artículos, fotos, etc (72).

25 El principal estándar de metadatos es Dublin Core (<http://dublincore.org/>), que define un conjunto de atributos mínimos (título, resumen, autores, materias, fechas, etc.) que debiera describir cada documento de un repositorio. Debería definirse un estándar nacional de datos y metadatos que debiera constituirse en un estándar único para todos los servicios públicos del país. Estos estándares debieran ser lo más compatibles posibles con los estándares internacionales más usados. Con este fin Chile debería integrarse a organizaciones internacionales que generan, resguardan y administran estándares de datos: ORCID, OpenData, etc.

A continuación se proponen algunas acciones para avanzar en un monitoreo CTCI asociado a retos como el que se realizó:

(i) **Proveer acceso a bases de datos relevantes:** existen mucha información que está disponible como parte de un informe o reporte sin contarse con el acceso a la base de datos asociada, de forma que el uso de esta información es muy limitado. En otros casos los datos no están en plataformas de acceso público y la única forma de obtenerlos es por contacto directo con la institución a cargo o por una solicitud a través de la Ley de Transparencia. El tiempo de espera de este tipo de solicitud enlentece la recopilación y sistematización de información y genera costos administrativos de compilación de información que serían evitables si la información original, analizables por máquinas, estuviera disponible públicamente. En otros casos, no hay posibilidad de acceder a los datos ya que existen problemas con la propiedad y uso de los datos, por ejemplo, en el caso de consultorías externas contratadas por los organismos públicos para llevar a cabo estudios o encuestas, en algunas de las cuales los datos se encuentran anonimizados en una escala innecesaria y sin información suficiente que permita calificar la robustez del estudio, o evaluar su replicabilidad o hacer análisis para escalas territoriales pequeñas (barrios, comunas, etc.). El concepto de datos abiertos que facilita distintos tipos de análisis y que se ha adoptado en muchos países en materia de CTCI es aún incipiente en Chile, se profundiza más en tendencias asociadas a datos de CTCI en el Anexo 6.

ii) **Homogenizar la clasificación y el orden de las variables:** Una de las mayores dificultades al querer cruzar o comparar información de distintas fuentes es la heterogeneidad que presenta la información. Por ejemplo, esto se manifiesta en la ausencia de un identificador único para distintos campos como es el caso de la falta de un ID único para investigadores e instituciones. El único campo donde se mantiene el identificador es dentro de proyectos en una misma institución. No existe un sistema de ordenamiento de variables estandarizado, encontrando problemas básicos en las bases de datos como falta de criterios de tabulación, ausencia de metadata, uso de términos sin definiciones claras o inconsistentes. Todo lo anterior hace que no sea factible contar con sistemas de información interoperables que contengan la información requerida.

Adicionalmente, los proyectos o resultados suelen estar ordenados en distintas categorías no-equivalentes, como FOS (áreas científicas), NABS (objetivo socioeconómico) o CIIU (áreas de aplicación), lo que hace difícil comparar los resultados de un sector a otro.

Esta ausencia de estándares es un problema transversal para proyectos, investigadores, informes, etc. cuando están asociados a financiamiento. Sin embargo, la falta de estándares interoperables es realmente seria en el caso de los resultados de CTI de proyectos finiquitados.

(iii) **Establecer un rango temporal para el cual existan datos disponibles:** la periodicidad con que se actualizan los datos es un factor importante ya que un monitoreo del ecosistema requiere una serie de datos con un horizonte de tiempo amplio que puedan dar cuenta de su evolución y de los posibles impactos de las políticas públicas y el entorno en el largo plazo. Esto es fundamental para dar cuenta del dinamismo y avanzar hacia la generación de modelos casuales.

En la medida en que las instituciones vean el valor que tiene contar con datos sistematizados y actualizados para su propia gestión, se puede avanzar en este ámbito. Para ello, es primordial contar con buenas prácticas de manejo de información y datos en los organismos públicos, que actualmente no se encuentran en todas las agencias y con repositorios modernos, con altos estándares de usabilidad y que soliciten información pertinente. Un factor que ayuda a asegurar la actualización de los datos y reportes es que estos tengan que ser reportados a organismo internacionales (OCDE) o bien sean requeridos para procesos institucionales (por ejemplo, acreditación y entrega de recursos a universidades), lo que se pone de manifiesto en la calidad de los datos que están efectivamente disponibles hoy en día. Es importante aprovechar datos que ya se solicitan.

Finalmente, una recomendación que surge del ejercicio es avanzar en la articulación de capacidades e iniciativas existentes. Un primer tipo de alianzas corresponde a aquellas alianzas con actores públicos que coordinan y gestionan la generación de datos, como DataChile (actualmente coordinado por la División de Gobierno Digital de SEGPRES). El segundo tipo de alianza es con centros de investigación que cuenten con la capacidad de analizar datos CTCI, especialmente aquellos centros con conocimiento en temas de política CTCI, estudios de innovación y emprendimiento, economía de la innovación, etc. Entre ellos incluimos al Centro de Innovación de la Pontificia Universidad Católica, especialmente sus laboratorios de análisis de políticas CTCI y EPIC-Lab, la Escuela de Negocios de la Universidad Adolfo Ibáñez, la Escuela de Economía de la Universidad de Chile, el Laboratorio de Sistemas de Innovación de la Universidad de Concepción, el Centro de Innovación Social de la Universidad del Desarrollo, entre otros.

Otro tipo de alianza se refiere a aquellas agencias del Estado que generan datos CTCI, como CORFO, CONICYT, FIA, CNA, ICM, entre otros. La concreción de estas alianzas puede estar mediada por los potenciales cambios de institucionalidad científico-tecnológica por la aprobación de la Ley que crea la nueva institucionalidad de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Finalmente, concretar alianzas internacionales con referentes en temáticas asociadas a indicadores de ciencia y tecnología, como el Center for Science and Technology Studies (CWTS) de Leiden, Georgia Tech, OECD Science and Technology Indicators, UNESCO STI, RICYT, etc.

Por último, cabe señalar que este ejercicio se entiende como un espacio de experimentación, asumiendo que la tarea de generar sistemas más comprensivos corresponde a un proceso dinámico, constante e iterativo, motivado por la urgente necesidad de aprovechar las capacidades científico tecnológicas para abordar los desafíos de Chile.

Referencias

- [1] C. Freeman, "The 'National System of Innovation' in historical perspective," *Cambridge J. Econ.*, vol. 19, no. 1, pp. 5-24, 1995.
- [2] R. Arocena and J. Sutz, "Innovación y sistemas nacionales de innovación en procesos de desarrollo," in *Repensando el desarrollo latinoamericano: una discusión desde los sistemas de innovación*, 1st ed., A. Erbes and D. Suárez, Eds. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento, 2016, pp. 69-102.
- [3] B. Godin, *Models of Innovation: the history of an idea*, 1st editio. Boston, MA: MIT press, 2017.
- [4] J. Edler, P. Cunningham, and A. Gök, *Handbook of innovation policy impact*. Edward Elgar Publishing, 2016.
- [5] K. M. Weber and B. Truffer, "Moving innovation systems research to the next level: towards an integrative agenda," *Oxford Rev. Econ. Policy*, vol. 33, no. 1, pp. 101-121, 2017.
- [6] G. Jucevičius and K. Grumadaitė, "Smart development of innovation ecosystem," *Procedia-social Behav. Sci.*, vol. 156, pp. 125-129, 2014.
- [7] OECD, "OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016," Paris, 2016.
- [8] C. W. Wessner, "Entrepreneurship and the innovation ecosystem policy lessons from the United States," in *Local Heroes in the Global Village*, Springer, 2005, pp. 67-89.
- [9] S. Metcalfe and R. Ramlogan, "Innovation systems and the competitive process in developing economies," *Q. Rev. Econ. Financ.*, vol. 48, no. 2, pp. 433-446, 2008.
- [10] J. Olivari and L. Stubrin, "Reflexiones sobre aproximaciones metodológicas y empíricas para el estudio de los sistemas nacionales de innovación," in *Repensando el desarrollo latinoamericano: una discusión desde los sistemas de innovación*, Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento, 2016, pp. 143-184.
- [11] A. Rip, "The Context of Innovation Journeys," *Creat. Innov. Manag.*, vol. 21, no. 2, pp. 158-170, 2012.
- [12] H. Bakhshi and J. Mateos-García, "New Data for Innovation Policy," 2016.
- [13] D. Hicks, P. Wouters, L. Waltman, S. De Rijcke, and I. Rafols, "The Leiden Manifesto for research metrics," *Nature*, vol. 520, no. 7548, p. 429, 2015.
- [14] U. de Haan, "A hotbed for entrepreneurship and innovation," *Pathways to High-Tech Val. Res. Triangles Innov. Entrep. Knowl. Transf. Clust. Form. Eur. United States*, vol. 24, p. 79, 2008.

-
- [15] V. W. Hwang and G. Horowitz, "The rainforest: The secret to building the next Silicon Valley," 2012.
- [16] OECD, "OECD Principles and Guidelines for Access to Research Data from Public Funding," 2007.
- [17] European Commission, "Recomendación de la Comisión del 17 de julio de 2012 relativa al acceso de la información científica y su preservación." Diario Oficial de la Unión Europea, 2012.
- [18] Gov.uk, "G8 Open Data Charter and Technical Annex." 2013.
- [19] A. Swan, Policy guidelines for the development and promotion of open access. Paris, 2012.
- [20] CONICYT, "Datos Científicos Abiertos," Santiago, 2014.
- [21] A. Giddens, The constitution of society: Outline of the theory of structuration. Univ of California Press, 1984.
- [22] B.-A. Lundvall, G. Dosi, and C. Freeman, "Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation," 1988, pp. 349-369, 1988.
- [23] P. Cooke, M. G. Uranga, and G. Etxebarria, "Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions," Res. Policy, vol. 26, no. 4-5, pp. 475-491, 1997.
- [24] E. Von Hippel, "Innovation by user communities: Learning from open-source software," MIT Sloan Manag. Rev., vol. 42, no. 4, p. 82, 2001.
- [25] B. A. Nosek et al., "Promoting an open research culture," Science (80-.), vol. 348, no. 6242, pp. 1422-1425, 2015.
- [26] D. Chavarro, P. Tang, and I. Rafols, "Interdisciplinarity and research on local issues: evidence from a developing country," Res. Eval., vol. 23, no. 3, pp. 195-209, 2014.
- [27] D. Ernst, "Global production networks and the changing geography of innovation systems. Implications for developing countries," Econ. Innov. new Technol., vol. 11, no. 6, pp. 497-523, 2002.
- [28] P. C. Baveye, J. Palfreyman, and W. Otten, "Research efforts involving several disciplines: adherence to a clear nomenclature is needed," Water, Air, Soil Pollut., vol. 225, no. 6, p. 1997, 2014.
- [29] A. Rip and P.-B. Joly, "Emerging Spaces and Governance," Position paper for EU_Spri, 2012. [Online]. Available: http://www.euspri-forum.eu/key_missions/rip_emerging_spaces_and_governance.pdf.

- [30] T. Flink and D. Kaldewey, "The new production of legitimacy: STI policy discourses beyond the contract metaphor," *Res. Policy*, vol. 47, no. 1, pp. 14-22, 2018.
- [31] D. Kaldewey, "The Grand Challenges Discourse: Transforming Identity Work in Science and Science Policy," *Minerva*, pp. 1-22, 2017.
- [32] S. Kuhlmann and A. Rip, "Next-Generation Innovation Policy and Grand Challenges," *Sci. public policy*, 2017.
- [33] CNIC, *Hacia una estrategia nacional de innovación para la competitividad. Parte II*. Santiago: Consejo Nacional de Innovación de Competitividad, 2008.
- [34] CNIC, "Surfeando hacia el futuro. Chile en el Horizonte 2025," Santiago, 2013.
- [35] CNID, "Un sueño compartido para el futuro de Chile," 2015.
- [36] CNID, "Ciencias, Tecnología e Innovación para un Nuevo Pacto de Desarrollo Sostenible e Inclusivo," Santiago, 2017.
- [37] CNID, "Ciencia e Innovación para los Desafíos del Agua en Chile," Santiago, 2017.
- [38] PNUD, "No Title," *Objetivos de Desarrollo Sostenible*, 2015. [Online]. Available: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>. [Accessed: 10-Apr-2018].
- [39] (CR)2, "Informe a la Nación: La megasecuía 2010-2015: Una lección para el futuro," Santiago, 2015.
- [40] CameronPartners, "Capacidades en I+D+i en recursos hídricos," 2016.
- [41] B. Tress, G. Tress, and G. Fry, *Defining concepts and the process of knowledge production in integrative research*. Springer: Heidelberg, Germany, 2005.
- [42] K. Jaffe, "Social and Natural Sciences Differ in Their Research Strategies, Adapted to Work for Different Knowledge Landscapes," *PloS one* 9, vol. 11, no. e113901, 2014.
- [43] H. Dernis, M. Squicciarini, and R. de Pinho, "Detecting the emergence of technologies and the evolution and co-development trajectories in science (DETECTS): a 'burst'analysis-based approach," *J. Technol. Transf.*, vol. 41, no. 5, pp. 930-960, 2016.
- [44] D. Rotolo, I. Rafols, M. M. Hopkins, and L. Leydesdorff, "Strategic intelligence on emerging technologies: Scientometric overlay mapping," *J. Assoc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 68, no. 1, pp. 214-233, 2017.
- [45] J. Comins and L. Leydesdorff, "Data-mining the Foundational Patents of Photovoltaic Materials: An application of Patent Citation Spectroscopy," *arXiv Prepr. arXiv1801.09479*, 2018.

-
- [46] A. Paul-Hus, P. Mongeon, M. Sainte-Marie, and V. Larivière, "The sum of it all: Revealing collaboration patterns by combining authorship and acknowledgements," *J. Informetr.*, vol. 11, no. 1, pp. 80–87, 2017.
- [47] G. N. Samuel and G. E. Derrick, "Societal impact evaluation: Exploring evaluator perceptions of the characterization of impact under the REF2014," *Res. Eval.*, vol. 24, no. 3, pp. 229–241, 2015.
- [48] L. Bornmann, "What is societal impact of research and how can it be assessed? A literature survey," *J. Assoc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 64, no. 2, pp. 217–233, 2013.
- [49] J. Spaapen and L. Van Drooge, "Introducing 'productive interactions' in social impact assessment," *Res. Eval.*, vol. 20, no. 3, pp. 211–218, 2011.
- [50] CNID and ICM, "Valorización de la Ciencia Una exploración preliminar. Proyectos, centros, modelos y aplicaciones," Santiago, 2015.
- [51] OECD, "Fostering Innovation to Address Social Challenges," 2011.
- [52] J. Freire, "Innovación social vs. innovación ciudadana," 2017. [Online]. Available: <http://juanfreire.com/innovacion-social-vs-innovacion-ciudadana/>. [Accessed: 10-Apr-2018].
- [53] P. Muñoz, J. Kimmitt, S. Tomás, and L. Velázquez, "Estructura y dinámica del emprendimiento social en Chile: Reporte 2016," 2016.
- [54] R. Owen, P. Macnaghten, and J. Stilgoe, "Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society," *Sci. Public Policy*, vol. 39, no. 6, pp. 751–760, 2012.
- [55] N. A. Phelps, M. Atienza, and M. Arias, "An invitation to the dark side of economic geography," *Environ. Plan. A*, p. 0308518X17739007, 2018.
- [56] R. B. Freeman and W. Huang, "Collaborating with People Like Me: Ethnic Coauthorship within the United States," *J. Labor Econ.*, vol. 33, no. S1, pp. S289–S318, Jul. 2015.
- [57] I. Arismendi and B. E. Penaluna, "Examining Diversity Inequities in Fisheries Science: A Call to Action," *Bioscience*, vol. 66, no. 7, pp. 584–591, Jul. 2016.
- [58] CONICYT, "Diagnóstico Igualdad de Género en Ciencia, Tecnología e Innovación en Chile," 2015.
- [59] K. Flanagan, E. Uyarra, and M. Laranja, "Reconceptualising the 'policy mix' for innovation," *Res. Policy*, vol. 40, no. 5, pp. 702–713, 2011.

- [60] T. Bernauer, S. Engel, D. Kammerer, and J. S. Nogareda, "Explaining Green Innovation: Ten Years after Porter's Win-Win Proposition: How to Study the Effects of Regulation on Corporate Environmental Innovation?," *Polit. Vierteljahresschr.*, vol. 39, pp. 322-341, 2007.
- [61] J. Gironás, "Hacia un Drenaje Urbano Sustentable en Chile," *Blog Recursos Críticos*, 2015. [Online]. Available: <http://www.cedeus.cl/blog/hacia-un-drenaje-urbano-sustentable-en-chile/>. [Accessed: 10-Apr-2018].
- [62] C. Alvial-Palavicino, "Transiciones energéticas en Chile: en busca de futuros diversos," *NUMIES*, 2016. [Online]. Available: <http://www.energiaysociedad.cl/transiciones-energeticas-en-chile-en-busca-de-futuros-diversos/>. [Accessed: 15-Apr-2018].
- [63] K. Knorr-Cetina, "Sociality with Objects: Social Relations in Postsocial Knowledge Societies," *Theory, Cult. Soc.*, vol. 14, no. 4, pp. 1-30, Nov. 1997.
- [64] DGA, "Atlas del agua," Santiago, 2016.
- [65] C. López Piñeiro and D. Hicks, "Reception of Spanish sociology by domestic and foreign audiences differs and has consequences for evaluation," *Res. Eval.*, vol. 24, no. 1, pp. 78-89, Jan. 2015.
- [66] P. Kreimer, "Social studies of science and technology in Latin America: A field in the process of consolidation." Sage Publications India Pvt. Ltd, B-42, Panchsheel Enclave, New Delhi, 2007.
- [67] H. G. Ordóñez-Matamoros, S. E. Cozzens, and M. Garcia, "International Co-Authorship and Research Team Performance in Colombia," *Rev. Policy Res.*, vol. 27, no. 4, pp. 415-431, 2010.
- [68] CONICYT, "Dimensiones de la producción Científica Nacional," Programa de Información Científica, 2018. [Online]. Available: <https://dataciencia.conicyt.cl/dimensiones/entornos>. [Accessed: 10-Apr-2018].
- [69] Fundación Chile, "Chile Saludable: oportunidades y desafíos de innovación para una alimentación saludable desde lo natural". Santiago, 2017. Disponible en: <https://fch.cl/wp-content/uploads/2018/01/Chile-Saludable-2017.pdf>
- [70] Fundación para la Innovación Agraria, "Resultados y Lecciones: Modelo de gestión de innovación en Cooperativas" Serie experiencias de innovación para el emprendimiento agrario. 2016. Disponible en: https://www.opia.cl/static/website/601/articles-83786_archivo_01.pdf
- [71] OLDS, Gareth. *Entrepreneurship and public health insurance*. Harvard Business School, 2016
- [72] HEFCE. "The metric Tide : Report of the Independent Review of the Role of Metrics in Research Assesment and Management", 2015.

-
- [73] Research Excellence Framework “REF 2021: Draft Guidance on submissions”, 2018. Disponible en: <http://www.ref.ac.uk/publications/2018/draftguidanceonsubmissions201801.html>
- [74] H. Birdeye Weil et al, “The dynamics of innovation ecosystems: A case study of the biofuel market”, *Energy Strategy Reviews* 3, pp. 88-89, 2014.
- [75] Robinson N., Repiso R., Torres-Salinas D. “Perspectivas y Retos de los Profesionales de la Evaluación Científica y la Bibliometría”, *El profesional de la información* v.27, n.3, 2018.
- [76] Johan Schot, W. Edward Steinmueller “Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change” *Research Policy* 47 (2018) 1554-1567.

Glosario

IES: Instituciones de Educación superior

bys: bienes y servicios

JCE: jornadas completas equivalentes

ITP: Instituto tecnológico público

IPSFL: Instituciones Privadas sin Fines de Lucro

Tableau: es una herramienta de Inteligencia de Negocios (Business Intelligence) que permite analizar, visualizar y compartir grandes volúmenes de información en forma rápida, flexible y amigable.

I+D: Investigación y desarrollo. La investigación y el desarrollo experimental comprende el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones.

CIU: clasificación industrial internacional uniforme elaborada y divulgada por la oficina de estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas (ONU); con el objeto de satisfacer las necesidades de los que buscan datos económicos, clasificados conforme a categorías de las actividades económicas comparables.

CIP: clasificación internacional de patentes. Sistema jerárquico donde el ámbito de la tecnología se divide en una serie de secciones, clases, subclases y grupos. La CIP fue concebida para permitir una clasificación uniforme de los documentos de patentes a nivel internacional. Su objetivo es ser un instrumento eficaz de búsqueda para la recuperación de los documentos de patentes, así como para determinar la novedad y actividad inventiva de las divulgaciones técnicas de una solicitud de patente.

FOS (Revised Field of Science and Technology classification): Clasificación de campos de la ciencia y la tecnología revisado por última vez el 2007 por el DIRECTORATE FOR SCIENCE, TECHNOLOGY AND INDUSTRY COMMITTEE FOR SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL POLICY de la OCDE.

NABS: (Nomenclature for the Analysis and Comparison of Science Budgets and Programmes), Nomenclatura para el análisis y comparación de los presupuestos y programas científicos revisado por última vez el 2007.

GERD: Gross domestic expenditure on research and experimental development, corresponde al gasto nacional total en I+D.

GBARD: (Government budget allocations for R&D, Créditos Presupuestarios Públicos para I+D (asignaciones que realiza el ejecutivo a través de la ley de presupuesto a Investigación y Desarrollo (instituciones, programas y proyectos).

Innovación social: desarrollo novedoso mediante el cual se construye un proceso, producto, servicio o modelo con impacto cuantificable, que es más sustentable que lo existente, o que soluciona una problemática de interés público, y donde el valor generado es distribuido en la sociedad sin desmedro de la generación de beneficio privado.

INE: Instituto nacional de Estadísticas

PIB: Producto interno bruto

PPP: Por paridad de compra del inglés Purchasing power parity, corresponde a un indicador económico para comparar el nivel de vida entre distintos países, teniendo en cuenta el producto interno bruto per cápita en términos del coste de vida en cada país.

NASA: National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio) de Estados Unidos. Es la agencia del gobierno estadounidense responsable del programa espacial civil, así como de la investigación aeronáutica y aeroespacial.

Anexos

Anexo 1 Mapa conceptual de “Rainforest: The secret to building the next Silicon Valley”.

Figura 5. Mapa Conceptual del bosque lluvioso

	Individuals-Startup	Rainforest	Nation-State-World
Physical analogy	Atoms/Molecules 	Waves 	Oceans 
Discipline of study	Social network analysis	Flow-form model (anastomosis)	Neoclassical macroeconomic models
Mathematical basis	Node-based network	Fluid-based network	Fluids (thermodynamic)
Method of action	Cost-benefit transactions between nodes	Communication between nodes	“invisible hand” (efficient movement of resources)
Predictability of results	Generally random	Probabilistic	Deterministic
Positive variables	Benefits of transaction (influenced by extra-rational motivations)	Velocity of ideas, capital, talent, and other resources in circulation (increased by diversity, trust, norms, extra-rational motivations)	Basic factors of economic production (labor, land, capital; possibly technology, human capital, and entrepreneurship)
Negative variables	Costs of transaction (influenced by trust, norms)	Constriction of arteries (caused by social barriers of geography, distrust, culture, language, inefficient social networks)	Inefficient productivity, inefficient resource allocation
Direction of analysis	Bottom up (build up relationships node-by-node)	Top down (every relationship is possible, but constrictions in flow create inefficiencies in the system)	High-level view

Fuente: V. W. Hwang and G. Horowitz, “The rainforest: The secret to building the next Silicon Valley,” 2012.

Anexo 2 Fuentes de información consultadas

Tabla 8: Fuentes de información consultadas para el monitoreo del ecosistema CTI en recursos hídricos

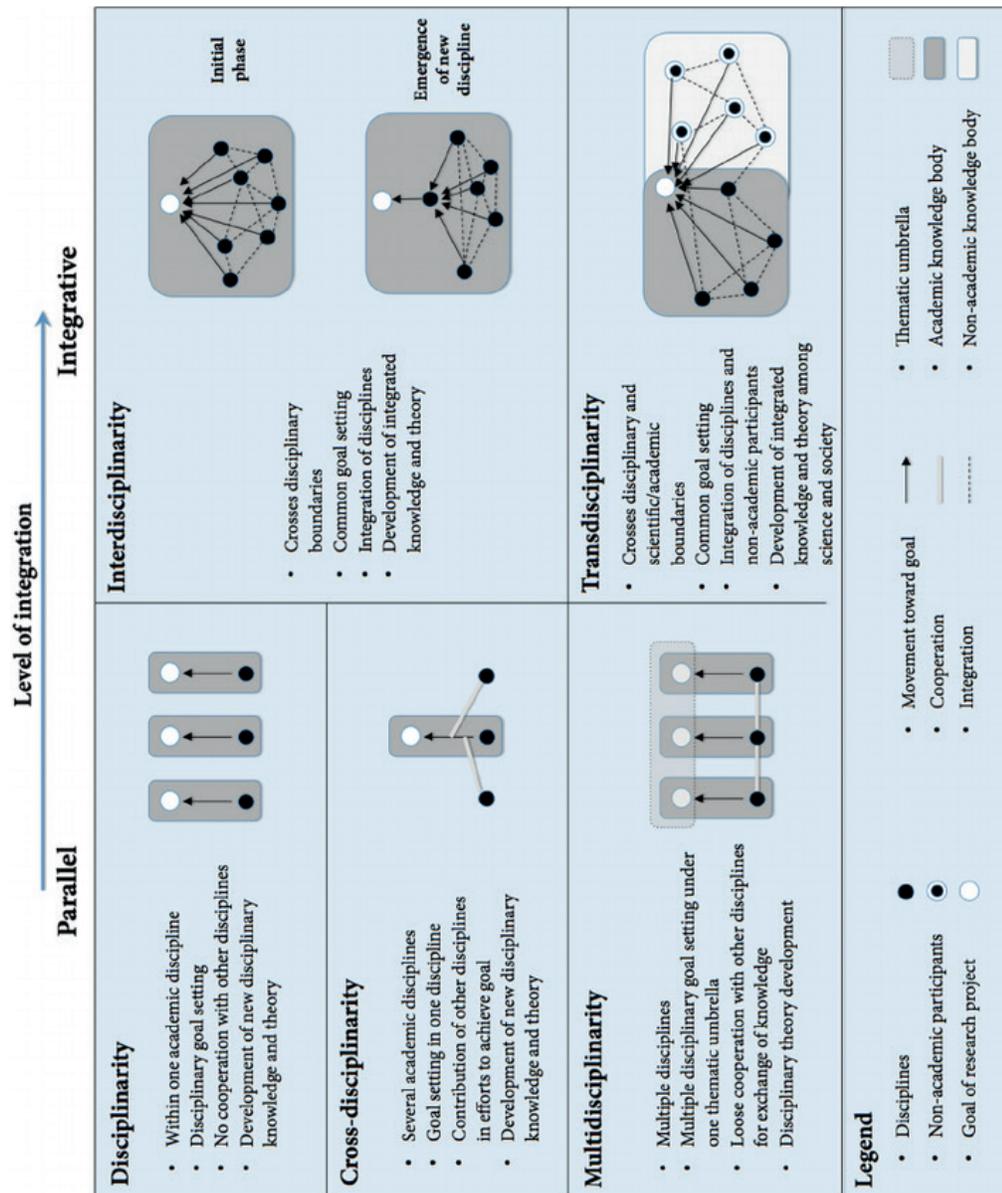
Institución	Tipo de Institución	Tipo de información	Base de datos o informe consultado
Foro Económico Mundial	Fundación Internacional	Reporte	The Global Gender Gap Report 2017
Centro de Estudios Públicos (CEP)	Fundación Chilena	Reporte	Estudio Nacional de Opinión Pública (CEP) 2017
Colaboración entre la Universidad de Cornell y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO)	Instituciones Internacionales	Reporte	Global Innovation Index (GII) 2017
Pontificia Universidad Católica de Chile y Adimark GfK	Institución de educación superior y Centro de estudios privado	Reporte y Base de datos	Encuesta Nacional Bicentenario 2016 y 2017
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)	Organismo Internacional	Reporte	Informe sobre Desarrollo Humano 2016
World Wildlife Foundation (WWF)	Fundación Internacional	Reporte	Informe Planeta Vivo (2016)
Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)	Organismo Internacional	Base de datos	Anuario Estadístico de América Latina y El Caribe (CEPAL 2017)
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)	Organismo Internacional	Informe	PISA 2015. Resultados Clave (OCDE, 2016)
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)	Organismo Internacional	Informe	Skills Matter: further results from the Survey of Adult Skills (OECD, 2016)
EF Education First	Empresa Internacional	Estadística Online	EF English Proficiency Index 2017
The World Bank	Organismo Internacional	Bases de datos	Datos de libre acceso del Banco Mundial
The World Bank	Organismo Internacional	Bases de datos	World Development Indicators (2017)
Ministerio de Desarrollo Social	Institución pública	Informe	Resultados Encuesta CASEN 2015
Ministerio de Medio ambiente (MMA)	Institución Pública	Bases de datos e informe	Encuesta Nacional de Medioambiente 2016 y 2018
Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT)	Institución Pública	Informe	Encuesta Nacional de Percepción de la Ciencia y la Tecnología en Chile (CONICYT 2016)

Institución	Tipo de Institución	Tipo de información	Base de datos o informe consultado
Consejo para la Transparencia	Institución Pública	Informe	VIII Estudio Nacional de Transparencia 2017
Instituto del Emprendimiento de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad del Desarrollo.	Institución de educación superior	Informe	Global Entrepreneurship Monitor (GEM) - Reporte Nacional de Chile (2016)
Centro de Estudios del Ministerio de Educación (MINEDUC)	Institución Pública	Informe	Competencias de la población adulta en Chile; Resultados PIAAC. Evidencia nacional e internacional para la Reforma en marcha (2015).
Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile (SUBTEL)	Institución Pública	Informe	Resultados Séptima Encuesta Nacional de Acceso y Usos de Internet (SUBTEL, 2016)
El Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM)	Institución de Educación Superior	Informe	Percepción y prácticas ciudadanas del valor del agua como bien natural y social: El consumo humano, agrícola, minero y energético en Chile en tiempos de cambio climático (2018)
Servicio Electoral de Chile (SERVEL)	Institución Pública	Estadística Online	Porcentaje de votantes en las elecciones 2017 a nivel nacional
Data Chile	Plataforma de datos públicos	Estadística Online	Tipo de productos exportados por empresas domiciliadas en Chile
Biblioteca del Congreso Nacional de Chile	Institución Pública	Estadística Online	Búsqueda de leyes y decretos que dieron personalidad jurídica a diversos instituciones
Instituto Nacional de Estadísticas (INE)	Institución Pública	Estadística Online	Datos poblacionales y por región
Global Footprint Network (2017)	Centro de investigación internacional	Estadística Online	Huella Ecológica y biocapacidad de Chile
Centro de Estudios de Conflicto y Cohesión Social (COES)	Centro de Investigación privado	Informe	Confianza en Instituciones Políticas en Chile. Encuesta Nacional (COES 2014)
Ministerio de Medio Ambiente (MMA)	Institución Pública	Informe	Red de monitoreo ambiental de ecosistemas acuáticos de Chile: Insumo para plataforma de humedales de Chile (2017)

Institución	Tipo de Institución	Tipo de información	Base de datos o informe consultado
Dirección General de Aguas (DGA)	Institución Pública	Estadística Online	-Áreas con decretos de escasez hídrica por comuna, región, km2 y población - Áreas con declaración de agotamiento -Áreas de Restricción y Zonas de Prohibición
Cameron Partners	Centro de Investigación privado	Informe y bases de datos	Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile (2016)
Agencia de la Calidad de la Educación	Institución Pública	Informe	PISA 2015. Programa para la evaluación internacional de estudiantes OCDE
Asociación Chilena de Periodistas y Profesionales para la Comunicación de la Ciencia (ACHIPEC)	Asociación Gremial	Informe y base de datos	Encuesta ACHIPEC 2012 en Lorena Valderrama (2014). Comunicar las ciencias en Chile. Problemas Formativos del Periodismo y la Divulgación Científica Actual.
Dirección de Presupuesto (DIPRES)	Institución Pública	Informe	FIC regional
Fundación para la Innovación Agraria (FIA)	Fundación chilena	Base de datos	Base Nacional Proyectos en el Sector Silvoagropecuario y Forestal (FIA).

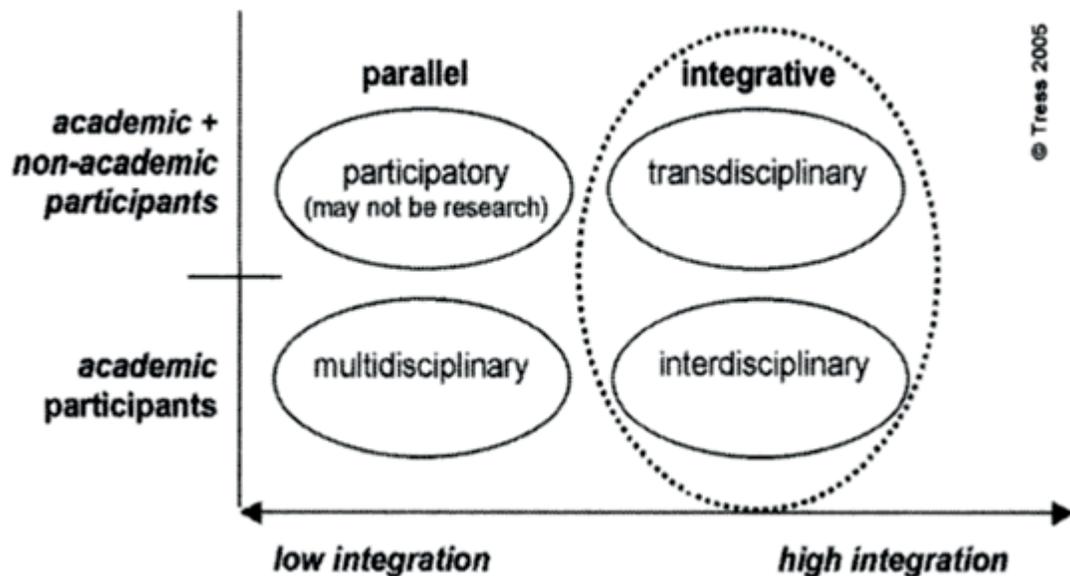
Anexo 3 Naturaleza de distintos tipos de esfuerzos de investigación

Figura 6. Naturaleza de los distintos tipos de investigación que involucran más de una disciplina.



Fuente: Baveye, Philippe & Palfreyman, John & Otten, Wilfred. (2014). Research Efforts Involving Several Disciplines: Adherence to a Clear Nomenclature Is Needed. Water Air and Soil Pollution. 10.1007/s11270-014-1997-7

Figura 7. Naturaleza de los distintos tipos de investigación que involucran más de una disciplina



Fuente: Gunther Tress, Bärbel Tress and Gary Fry. (2005). Clarifying integrative research concepts in landscape ecology. *Landscape Ecology* (2004) 20: 479–493. DOI 10.1007/s10980-004-3290-4

Anexo 4 Análisis de publicaciones científicas nacionales asociados al tema recursos hídricos

Para avanzar en la construcción de este modelo, se analizaron las publicaciones científicas nacionales que tuvieran relación con recursos hídricos, intentando ampliar el concepto para dar cabida al enfoque interdisciplinario.

Se realizó un análisis bibliométrico utilizando la base de datos de Web of Science (WOS) para la caracterización de investigación en agua, en una base de datos que fue descargada y limpiada manualmente. Para ello, se utilizaron dos criterios de filtro: uno fue el utilizar palabras WOS y otro fue usar palabras que fueron propuestas por la Comisión I+D+i para la Sostenibilidad de los Recursos Hídricos para la búsqueda de publicaciones científicas, así como proyectos de investigación, desarrollo e innovación relacionados con recursos hídricos, estas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 9: palabras claves para I+D+i en recursos hídricos

Palabra clave en castellano	Palabra clave en inglés
Gestión integrada de recursos hídricos	Integrated water resources management
Glaciar	Glacier
Glaciología	Glaciology
Hidráulica	Hydraulics
Hídrico	Hydrological
Hidrogeología	Hydrogeology
Hidrográfica, hidrogeográfico	Hydrographic
Hidrología	Hydrology
Hidrosfera	Hydrosphere
Hielo	Ice
Inundación	Flood
Lluvia	Rainwater
Marea	Tidal
Niebla	Fog
Precipitación	Precipitation
Recurso hídrico	Water resource
Riego/regadío	Irrigation
Río	River
Sanitario	Sanitary

En base a esto se generaron dos registros:

Registro 1: Artículos en todos los idiomas, entre los años 2013-2018 en el cual al menos uno de los autores tenga dirección en Chile, en base a palabras WOS seleccionadas²⁶ equivalentes a las palabras clave identificadas por la comisión de recursos hídricos. Esta búsqueda generó 7718 entradas.

Registro 2: Artículos en todos los idiomas, entre los años 2013-2018, en el cual al menos uno de los autores tenga dirección en Chile, y que contenga al menos una de las palabras identificadas por la Comisión de Recursos Hídricos²⁷. Esta búsqueda generó 4361 entradas.

26 Algoritmo de búsqueda ||CU=Chile AND (WC=Agriculture OR WC=Multidisciplinary OR WC=Agronomy OR WC=Ecology OR WC=Engineering, Environmental OR WC=Engineering, Geological OR WC=Engineering, Marine OR WC=Marine & Freshwater Biology OR WC=Engineering, Ocean OR WC=Engineering, Multidisciplinary OR WC=Environmental Sciences OR WC=Environmental Studies OR WC=Geosciences, Multidisciplinary OR WC=Mathematics, Interdisciplinary Applications OR WC=Meteorology & Atmospheric Sciences OR WC=Multidisciplinary Sciences OR WC=Physics, Multidisciplinary OR WC=Water Resources)

27 Algoritmo de búsqueda || CU=Chile AND TS=(Aquifers OR Water OR Freshwater OR Seawater OR Groundwater OR Climate change OR Cryosphere OR Basin OR Water basin OR Body of water, water body OR Lacustrine system OR Desalination OR Drainage OR Water management OR Integrated water resources management OR Glacier OR Glaciology OR Hydraulics OR Hy-

Estos registros fueron analizados a través de métodos de clustering y visualización para analizar su pertinencia con la temática. Debido a la amplitud de la búsqueda, en ambos casos se encontraron publicaciones que no correspondían a la temática de recursos hídricos. Posteriormente se utilizó, para la depuración de datos, un listado de palabras a excluir y un listado de palabras a incluir. Esta estrategia no entregó buenos resultados pues limitó considerablemente el número de entradas (luego de este filtro: 542 entradas para registro 1 y 713 entradas para registro 2). Esta limpieza, además, eliminó considerablemente la presencia de artículos asociados a ciencias sociales y humanidades, lo que sigue siendo un desafío a abordar.

Anexo 5 Registro de investigadores nacionales asociados al tema recursos hídricos

Se realizó un análisis para identificar las capacidades de CTCI en torno al reto, para ello se hizo una caracterización de los investigadores en Chile, asociados a recursos hídricos, tomando como periodo de referencia los años 2010 a 2016. Se utilizó una combinación de dos metodologías: (i) revisión de listado de investigadores que se hubiesen adjudicado proyectos de CONICYT y FIA asociados a agua²⁸ y (ii) metodología de bola de nieve, comenzando con los actores de la Comisión I+D+i para los Desafíos del Agua en Chile. Estas dos metodologías fueron seleccionadas bajo la hipótesis de que cada una nos daría sólo una visión parcial de los investigadores en el área, en base a la diversidad de trayectorias y resultados de distintas disciplinas, y debido a la fragmentación de las comunidades disciplinares en Chile. A continuación, se describen los resultados, dificultades y brechas identificadas para cada una de las metodologías:

(i) Listado de investigadores en base a proyectos adjudicados en periodo 2010-2016.

A partir de bases de datos solicitadas a CONICYT (545) y a la Fundación para la Innovación Agraria (211 proyectos, desde 1992 a 2017), utilizando palabras claves determinadas por la comisión recursos hídricos (ver anexo 4). Ambas bases de datos fueron revisadas manualmente por dos revisores, para corroborar su pertinencia con el tema, basada en la información provista de título y resumen del proyecto. Esto redujo el listado de proyectos a 226 entradas, de las cuales se consideró sólo a investigadores principales²⁹. Una de las principales dificultades fue definir los criterios de inclusión para recursos hídricos. En este aspecto, se decidió utilizar un criterio amplio con el fin de dar cabida a las ciencias sociales y humanidades, que muchas veces incluye “agua” como temática entre otras más amplias (antropoceno, cambio climático, etc.), y con el fin de incluir investigación que potencialmente pudiera tener aplicación en el tema (por ejemplo, en el caso del desarrollo de cultivos resistentes al estrés hídrico). A esto se suma que, para algunos proyectos, la información estaba incompleta y no existían, por ejemplo, resumen u objetivos que pudieran informar la clasificación.

drological OR Hydrogeology OR Hydrographic OR Hydrology OR Hydrosphere OR Ice OR Flood OR Rainwater OR Tidal OR Fog OR Precipitation OR Water resource OR Irrigation OR River OR Sanitary)

28 No se incluyó a los investigadores con proyectos CORFO ni FIC-R pues la base de datos suministrada no contaba con información de los investigadores asociados

29 La base de datos de Conicyt incluía tanto investigadores principales como co-investigadores e investigadores asociados.

(ii) Metodología bola de nieve. El Estudio realizado por Cameron Partners (2016) [40] para el CNID en el marco de la construcción de esta agenda caracterizó un total de 683 profesionales residentes en Chile asociados a recursos hídricos, de los cuales 221 son académicos con publicaciones indexadas (Scopus o WOS, en cualquier orden de autoría) y 344 son académicos sin publicaciones indexadas. Esta metodología mezcló la revisión de información secundaria, principalmente sitios web asociados a integrantes de la comisión, junto con metodología de bola de nieve. La principal limitación de esta metodología es que nuevamente las ciencias sociales y humanidades están sub-representadas. Además, de las 344 identificadas como “académicos” sólo 129 tiene más de dos publicaciones al año en el periodo de referencia. Esto podría referirse a que la metodología utilizada sólo reconoce a quienes ya son parte de una red de trabajo colaborativo, y considerando que el trabajo interdisciplinario y el involucramiento de ciencias sociales y humanidades es bajo [46] es esperable que no sean capturados en este tipo de aproximación.

Ambas metodologías muestran que seguimos contando con una representación parcial de la investigación nacional en recursos hídricos, sin embargo, permiten una primera aproximación de mapeo de capacidades y nos dan cuenta de cuáles son las áreas del conocimiento que están subrepresentadas. Para esta primera versión se decidió trabajar para los distintos análisis, con el listado de investigadores definido en el informe realizado para apoyar la construcción de la agenda de sostenibilidad de los recursos hídricos [40], pues profundizar en otras metodologías requeriría de más tiempo.

Anexo 6 Tendencias en generación, uso y análisis de datos de CTCI

Existe un consenso internacional sobre la importancia de contar con datos sobre CTCI, tanto para la investigación como para el diseño y evaluación de política pública y actividades científicas. Esto se ha traducido en esfuerzos, en distintos países, por crear repositorios que permitan integrar estos datos y, en los últimos años, con un énfasis marcado en la lógica de acceso abierto de datos científicos y esfuerzos transnacionales. Esto se sustenta en dos tendencias importantes, la primera es que los grandes avances computacionales y la migración de gran parte de la actividad científica y personal al mundo digital, ofrecen más oportunidades que nunca para expandir y refinar una amplia gama de indicadores (75) y la segunda es que se busca cada vez más disponibilizar la información en plataformas de acceso abierto, democratizando de esta forma el conocimiento.

La primera tendencia, nos sumerge en una mayor riqueza de datos que permiten análisis más complejos y se traduce en una mayor cantidad de plataformas y metodologías disponibles. Una forma de caracterizar estas plataformas y metodologías es en función de la variedad de fuentes de información que recogen (amplitud) y la apertura que permiten para la toma de decisiones. En la siguiente figura se muestran algunos ejemplos de ellas bajo esta clasificación.

Figura 8. modificado a partir de Robinson-Garcia (2018) y Rafolds (2012)



La segunda tendencia se refiere al acceso abierto. Esta se manifiesta en diversos acuerdos internacionales, como el informe sobre Ciencia y Tecnología de la OECD (2016) [7] que reconoce el modelo de la ciencia abierta como una de las principales estrategias para fortalecer el desarrollo de la ciencia en el mundo. Asimismo, la OECD (2007) [16] ha elaborado directrices que orientan estrategias para el acceso a los datos de información científica generados con fondos públicos, postulando que se deben cumplir con los principios de apertura, flexibilidad, transparencia, conformidad legal, protección de la propiedad intelectual, responsabilidad, profesionalismo, interoperabilidad y sustentabilidad. A ello se suman los acuerdos alcanzados por la Unión Europea (2012) [17], el G8 (2013) [18] y la UNESCO (2013) [19].

A continuación, se describen algunas plataformas que reflejan las tendencias planteadas, pues avanzan hacia un concepto de análisis global, recogen fuentes diversas de información y abrazan el principio de democratizar el acceso a la información.

Plataforma The Lens (<https://www.lens.org/>): Es una plataforma de uso gratuito, desarrollada por la ONG Cambia y Queensland University of Technology. The Lens es una extensión del trabajo iniciado por Cambia en 1999 llamado Patent Lens. Se define como una ciberinfraestructura global abierta para hacer los sistemas de innovación más eficientes y justos, más transparentes e inclusivos. La plataforma contiene casi todos los datos de patentes del mundo que están linkeados, a su vez, a publicaciones científicas y técnicas. Permite compartir y mapear la recopilación de documentos, su agregación y análisis. La data y análisis estará disponible además a través de interfaz de programación de aplicaciones (APIs) para su uso. Actualmente, contiene más de 188 millones de publicaciones académicas.

Dimensions (<https://www.dimensions.ai/>) Es una plataforma con un tipo de acceso sin costo y otro acceso pagado. Esta forma parte del portafolio de empresas de Digital Science y es un proyecto colaborativo de 6 empresas: Readcube, Altmetric, Figshare, Symplectic, DS Consultancy and ÜberResearch. Se plantea ser una infraestructura moderna de investigación donde los datos sean democratizados y el lente bajo el cual se miden los resultados de la investigación se amplíe. Contiene información de artículos académicos por investigador, áreas del conocimiento, institución, tipo de publicación (artículo, capítulo, proceedings, preprints y monografías) y si son de acceso abierto. Contiene además datos de financiamiento (grants), citas, ensayos clínicos y patentes.

OpenAire (<https://www.openaire.eu/>) Es el repositorio de acceso abierto de información CTI de la Unión Europea (UE). Incluye protocolos y sistemas que permiten a los distintos actores de la CTI depositar información científicos y datasets de distintos aspectos del ecosistema CTI en formato abierto. Permite conocer y monitorear los resultados de los distintos programas de la UE. Ha sido el resultado de una serie de iniciativas que buscan integrar la información CTI, relevante tanto para investigadores, privados, el sector público y la ciudadanía en general.

Portal de Información Científica y Tecnológica Argentina (<http://datos.mincyt.gob.ar/#/>) Desarrollado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina, es un repositorio de datos y productos CTI, parte de una estrategia de ciencia abierta llevada a cabo por este país. Permite visualizar y obtener datos en forma abierta, y además entrega información acorde a distintos perfiles y públicos.

A nivel mundial, existen muchos de estos ejemplos. La tendencia hacia abrir los datos científicos, y mejorar los procesos asociados a la investigación científica, toma cada vez más fuerza. Chile ha avanzado también en esta dirección. Desde la implementación de la Ley N°20.285 o Ley de Transparencia (2012) las distintas agencias del estado han avanzado en sistemas que permitan transparentar los datos que generan. En esta línea, tanto CONICYT, CORFO y FIA como la División de Innovación del Ministerio de Economía, han realizado esfuerzos para gestionar y diseñar plataformas de datos CTI de acceso público. En el caso de CONICYT, a través de su programa Datos Científicos, se llevó a cabo la iniciativa “Datos Científicos Abiertos”³⁰ que entregó algunos lineamientos sobre la accesibilidad e integración de datos producidos por la agencia y por los beneficiarios de fondos públicos gestionados por ella. Esta iniciativa indica que los principios de los datos abiertos generan un gran respaldo entre los gobiernos porque se advierte que es una manera de facilitar el intercambio de información entre las distintas organizaciones, junto con promover la participación ciudadana y el escrutinio público. Ese es la motivación principal para permitir el acceso a los datos gubernamentales y, por extensión, a los datos científicos financiados con fondos públicos [20]. De manera similar, el CNID, junto con Comisión Nacional de Productividad y la División de Innovación, en el contexto de una mesa de trabajo de datos CTI, llevaron a cabo el estudio “Disponibilidad de Información con origen en instituciones públicas para estudios estadísticos sobre Productividad, Desarrollo Económico e Innovación”³¹ el que indica los cambios normativos requeridos para la generación de una plataforma que integre datos de relevancia para la innovación, obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas, Servicio de Impuestos Internos, Servicio Nacional de Aduanas y el Ministerio de Economía.

30 <http://datoscientificos.cl/>

31 Realizado por Price Elton consultores (2016). Disponible en <http://www.cnid.cl>





cnid | Consejo Nacional
de Innovación
para el Desarrollo