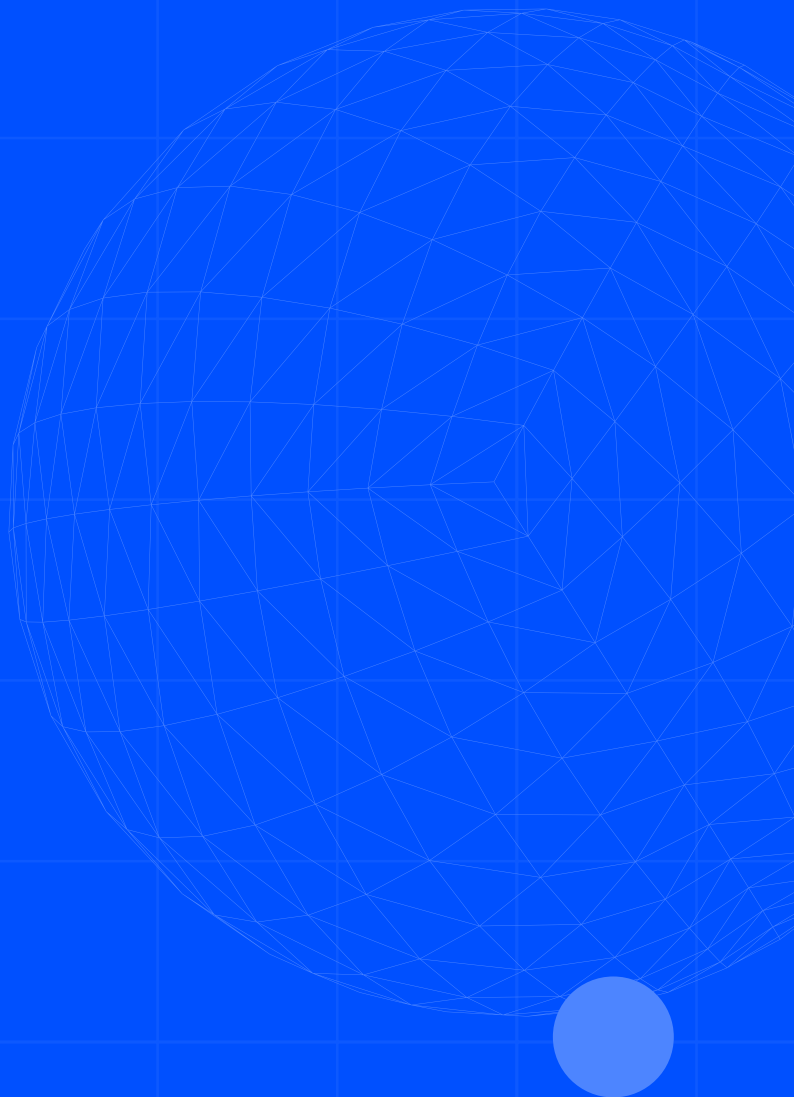
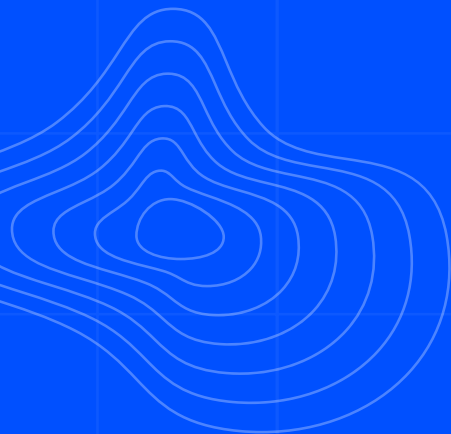




CONSEJO NACIONAL
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,
CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN
PARA EL DESARROLLO



DOCUMENTO TÉCNICO

Criterios e indicadores para el monitoreo y evaluación del desempeño del ecosistema nacional de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación

MARÍA JOSÉ MENÉNDEZ BASS

AUTORAS

María José Menéndez Bass

CONTRAPARTE TÉCNICA

Katherine Villarroel
Catalina Terra Rosas

DISEÑO GRÁFICO

Mezcla Estudio

Los Documentos de Trabajo de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo (Consejo CTCI), buscan entregar antecedentes técnicos y abrir temas de discusión que permitan avanzar en el diseño consensuado de estrategias de largo plazo en estas materias, para el desarrollo de nuestro país. El siguiente informe técnico tiene como objetivo presentar un marco conceptual y una propuesta de criterios e indicadores para el monitoreo y evaluación del desempeño del Ecosistema CTCI. Para ello, se tomaron en consideración los enfoques de política pública actuales, las nuevas tendencias y prácticas en materia de monitoreo y evaluación y las orientaciones del Consejo CTCI.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución -NoComercial- Compartir Igual 4.0 Internacional. 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. Para ver una copia de esta licencia, visite:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

CÓMO CITAR ESTE DOCUMENTO

Menéndez, M.J. (2025). *Criterios e Indicadores para el Monitoreo y Evaluación del Desempeño del Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo (Consejo CTCI). Santiago, Chile.

DOCUMENTO TÉCNICO

Criterios e indicadores para el monitoreo y evaluación del desempeño del ecosistema nacional de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación

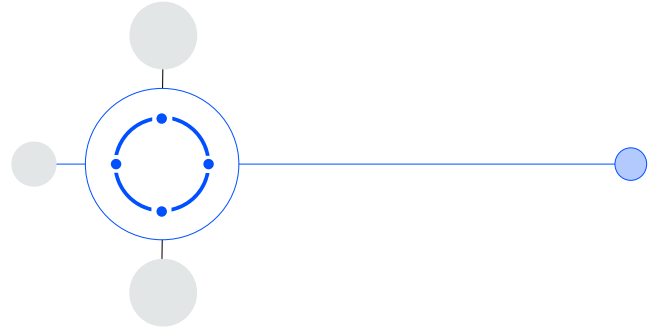
MARÍA JOSÉ MENÉNDEZ BASS

ÍNDICE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL REPORTE	10
MARCO CONCEPTUAL	12
Definición de conceptos básicos	13
Factores determinantes para definir indicadores	19
El rol de la CTCI	19
El Ecosistema Nacional de CTCI y sus atributos	23
PROPUESTA DE DIMENSIONES E INDICADORES	38
Categoría 3. Productos y resultados	46
Tabla 3. Dimensión 10: Productos y resultados	48
Categoría 1. Componentes y Procesos	59
Tabla 4. Dimensión 1: desarrollo de capacidades institucionales	60
Tabla 5. Dimensión 2: desarrollo de capacidades humanas	62
Tabla 6. Dimensión 3: investigación y dimensión 4: desarrollo tecnológico, adopción tecnológica y transferencia de conocimiento	69
Tabla 7. Dimensión 5: innovación y emprendimiento de base científico-tecnológica	76
Tabla 8. Dimensión 6: vinculación con la sociedad	83
Categoría 2. Condiciones habilitantes	87
Tabla 9. Dimensión 7: infraestructura y equipamiento	88
Tabla 10. Dimensión 8: instrumentos de apoyo e Inversión pública en CTCI	89
Tabla 11. Dimensión 9: gobernanza e inteligencia estratégica	92
CONCLUSIONES	96
REFERENCIAS	99
ANEXOS	107
ANEXO 1. PRINCIPALES CONCLUSIONES DE LAS ENTREVISTAS	108
ANEXO 2. ANÁLISIS DE CASOS	111
1. Global Innovation Index (GII)	113
2. <i>European Innovation Scoreboard</i> (EIS)	117
3. <i>Outlook</i> de Ciencia, Tecnología e Innovación de la OCDE	120
4. Alcances transformativos (Transformative Outcomes)	138
5. Análisis de redes (<i>Social network analysis</i>)	151
ANEXO 3: CRITERIOS DE DESAGREGACIÓN DE INDICADORES	157

INTRODUCCIÓN



I. INTRODUCCIÓN

La definición de criterios e indicadores para el Monitoreo y Evaluación (M&E) del desempeño del Ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) requiere una revisión y actualización permanente. Estos instrumentos deben adaptarse a los cambios políticos, institucionales y contextuales, así como a la evolución del propio Ecosistema CTCI. Existen diversos factores que justifican la necesidad de generar nuevas propuestas en esta materia.

En primer lugar, el rol de la CTCI se ha ampliado de manera significativa. Ya no se concibe únicamente como un motor de competitividad y crecimiento económico, sino también como un pilar para la transición hacia un desarrollo sostenible. Este nuevo enfoque, reflejado tanto en marcos internacionales[1], [2] como nacionales, incluyendo la Estrategia Nacional de CTCI elaborada por el Consejo CTCI[3], exige que los indicadores de M&E sean coherentes con el tipo de Ecosistema de CTCI que se requiere y las orientaciones de política más adecuadas para cumplir dicho propósito. A su vez, se amplía el tipo de resultados e impactos a observar, incorporando así las dimensiones ambiental, social y económica del desarrollo sostenible.

En segundo lugar, el Consejo CTCI ha adoptado el concepto de Ecosistema CTCI en lugar del enfoque tradicional de sistema[3], [4]. Este cambio busca relevar la importancia de ciertas características y atributos del Ecosistema CTCI que son propias de los ecosistemas naturales, destacando la diversidad, la interdependencia entre sus componentes, la complejidad de sus interacciones y su vinculación con el contexto territorial, económico, social y ambiental que constituye su “sustrato”. Desde esta perspectiva, el M&E debe permitir observar características que otorgan robustez y resiliencia al ecosistema, tales como la diversidad de actores y roles, la interconexión entre actores, su distribución, la vinculación con el entorno, además de atributos funcionales como el direccionamiento y la reflexividad. Estos aspectos son difíciles de capturar mediante los indicadores tradicionales y exigen nuevos enfoques de medición y análisis.

En tercer lugar, han surgido nuevas metodologías y posibilidades de análisis más sofisticadas, habilitadas por herramientas avanzadas de procesamiento y análisis de datos. Entre ellas se encuentran los métodos para el tratamiento de datos no estructurados y los grandes volúmenes de información, así

como el uso de modelos de inteligencia artificial, incluyendo aprendizaje automático, procesamiento del lenguaje natural e inteligencia artificial generativa. Estas herramientas abren oportunidades para desarrollar métricas más complejas y dinámicas.

En este contexto, el presente reporte entrega una propuesta para el M&E del Ecosistema Nacional de CTCl, incorporando los enfoques y consideraciones mencionadas. Este trabajo ha sido mandatado por el Consejo Nacional de CTCl para el Desarrollo, en el marco de sus atribuciones legales y funciones estratégicas. La Ley N° 21.105, que crea este Consejo —sucesor del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID)—, establece que “la Estrategia Nacional de CTCl para el Desarrollo deberá abordar, con un horizonte de largo plazo, los desafíos y oportunidades de desarrollo del país y las regiones, generando un marco que oriente las políticas públicas y los instrumentos de apoyo a la formación de recursos humanos altamente calificados, la investigación y generación de conocimiento, el desarrollo y transferencia de tecnología, la innovación y el desarrollo de una cultura de ciencia, tecnología e innovación. La Estrategia deberá contener, a lo menos, un diagnóstico de las tendencias globales y análisis prospectivos de las oportunidades y desafíos para el desarrollo integral, inclusivo y sostenible de Chile en el escenario mundial; propuestas para el desarrollo del país, a nivel nacional y/o regional, basadas en el fomento de la ciencia, tecnología e innovación; orientaciones sobre prioridades estratégicas para el gasto público en materias de ciencia, tecnología e innovación, y criterios, metas e indicadores para el seguimiento y evaluación del desempeño y desarrollo del Sistema en el mediano y largo plazo” [5].

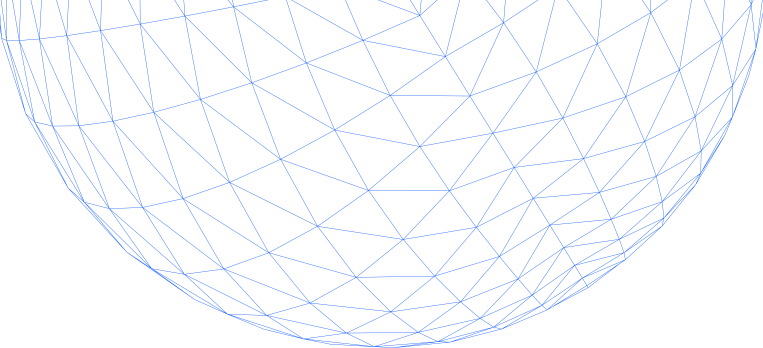
Este reporte se elabora en concordancia con las orientaciones de la última estrategia del Consejo CTCl, cuya visión propone “...un país que se desarrolla y genera bienestar sostenible e inclusivo basado

en una sociedad del conocimiento, que entiende que las sociedades viven y se sostienen de/en la naturaleza, y la economía vive de/en las sociedades, la que explicita las relaciones de interdependencia de nuestros sistemas vivos, la sociedad y la economía, y que obligan a su consideración de manera sistémica, si aspiramos a darle sustentabilidad a nuestro bienestar”[3], [6].

La propuesta presentada se apoya en el trabajo acumulado por el Consejo CTCl (ex CNID) en materia de M&E, incluyendo los esfuerzos por construir una visión sistémica de las redes de conocimiento[7]; la evaluación de impactos no académicos de la investigación[8]; las propuestas para monitorear la contribución de la CTCl a grandes retos nacionales[9]; los mapeos de información[10], el panorama del Ecosistema Nacional de CTCl en la última década[11]; y los análisis recientes del Ecosistema CTCl en el contexto actual marcado por grandes transformaciones[4].

La estructura del documento es la siguiente. Luego de esta primera sección introductoria, la sección dos describe la metodología utilizada para la elaboración de esta propuesta. La sección tres presenta el marco conceptual que incluye fundamentos del monitoreo y evaluación y una descripción de los factores determinantes para la definición de indicadores. La sección cuatro expone la propuesta de dimensiones e indicadores para el M&E del Ecosistema Nacional de CTCl. Y finalmente, en la sección cinco se comparten conclusiones. Además, se incluyen anexos con la síntesis de entrevistas realizadas y los estudios de caso nacionales e internacionales que sirvieron como insumo para esta propuesta.

METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL REPORTE



En este reporte se presenta una propuesta de dimensiones e indicadores para el monitoreo y evaluación (M&E) del desempeño del Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI). El M&E en este caso está enfocado en generar información de base que permita:

- Caracterizar de manera integral y sistémica el Ecosistema CTCI.
- Observar la evolución temporal de sus componentes y del sistema en su conjunto.
- Comparar el Ecosistema CTCI nacional con otras regiones o países.
- Informar la generación de orientaciones estratégicas y diseño de políticas basadas en las características del ecosistema (evidencia)
- Aportar información útil para evaluar el efecto de intervenciones (políticas y programas) en el Ecosistema

La propuesta se sustenta en un marco conceptual elaborado a partir del enfoque planteado por el Consejo Nacional de CTCI en sus distintos reportes técnicos y orientaciones estratégicas. Para su construcción, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de literatura, que incluyó tanto publicaciones científicas como reportes de organismos nacionales e internacionales reconocidos en la materia. Asimismo, se consideraron los documentos publicados por el Consejo Nacional de CTCI que abordan propuestas en torno al M&E, junto con aquellos de carácter estratégico que orientan la búsqueda bibliográfica y ofrecen un marco de comprensión general.

Adicionalmente, se realizaron entrevistas semiestructuradas con representantes de organizaciones nacionales e internacionales especializadas en actividades de M&E, así como personas que lideran investigaciones o iniciativas en este ámbito. Estas entrevistas tuvieron como objetivo complementar y profundizar la información recopilada, integrando conocimientos que no se encuentran disponibles en fuentes publicadas. Las principales conclusiones derivadas de este proceso de entrevistas se sistematizan en el Anexo 1.

Para la definición de dimensiones e indicadores, bajo el marco conceptual elaborado, se revisaron distintos índices y reportes que agrupan y analizan indicadores de CTCI, utilizados como referencia comparativa. Se buscó combinar instrumentos consolidados con enfoques emergentes, de manera de equilibrar dimensiones tradicionales con nuevas aproximaciones que respondan a los desafíos actuales para el M&E.

Entre los instrumentos consolidados analizados se incluyen: el *Global Innovation Index* (GII), el *European Innovation Scoreboard* (EIS), el reporte *Science, Technology and Innovation Outlook* de la OECD, y el Índice Regional de Innovación de Chile.

En cuanto a los enfoques emergentes, se consideraron principalmente el marco de alcances transformativos y distintas metodologías de análisis de redes. Los resultados de la revisión de estos ejemplos se presentan en detalle en el Anexo 2.

MARCO CONCEPTUAL



DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS

En primera instancia es importante definir una serie de conceptos asociados a las actividades de monitoreo y evaluación del desempeño del Ecosistema CTCl que se utilizarán a lo largo del informe y permiten una mejor comprensión de las secciones siguientes.

Monitoreo se refiere a la recopilación periódica y sistemática de información que puede ser usada para conocer el estado y la evolución de ciertos elementos del Ecosistema CTCl. El monitoreo puede ser usado para la gestión de proyectos o intervenciones, buscando asegurar su correcta ejecución y los resultados esperados. La evaluación se refiere a examinar de forma objetiva y metódica el resultado de una estrategia, política, programa o proyecto frente a lo que se esperaba. La evaluación debe estar diseñada para garantizar que los aprendizajes retroalimenten la toma de decisiones.

El monitoreo debe ser sistemático y regular, en cambio la evaluación puede ocurrir en momentos determinados. La evaluación implica juzgar y está asociada a los efectos de una intervención sobre el sistema. Se puede hacer monitoreo sin hacer evaluación, pero no es posible evaluar sin hacer procesos de monitoreo efectivos. En el caso del Consejo Nacional de CTCl ambas actividades son importantes, pues es importante tener una visión sistémica de cómo evoluciona el estado del Ecosistema CTCl nacional (monitoreo) pero también evaluar cómo las intervenciones propuestas en la estrategia y políticas CTCl asociadas, están generando los cambios deseados en dicho ecosistema.

La propuesta de indicadores que se desarrollará en este reporte entregará una base de referencia para un monitoreo sistémico e integral del Ecosistema CTCl. Estos indicadores también serán de utilidad para evaluar el desempeño del Ecosistema. Sin embargo, para llevar a cabo una evaluación es necesario definir elementos adicionales caso a caso, por ejemplo qué aspecto e intervención sobre el Ecosistema se quiere evaluar, qué metodología se usará para evaluar, que se considera un buen o mal desempeño (metas deseadas), entre otros elementos. En general, una evaluación rigurosa requerirá de nuevas definiciones y en muchos casos de recolección de información adicional a la que entregará el sistema de indicadores de M&E dado que se quiere profundizar sobre un aspecto en particular del ecosistema.

Otro aspecto clave es diferenciar los distintos niveles y espacios en los que se puede hacer monitoreo y evaluación. En el ámbito de la intervención pública en materia CTCl, la evaluación puede ocurrir a nivel de estrategia, de política pública y/o de instrumentos de política pública. Así mismo, las definiciones para el monitoreo serán funcionales a alguno de estos niveles más que a otro. Cabe destacar que esta diferenciación en distintos niveles no es clara ni fácil de realizar. Además, debe existir coherencia entre los distintos niveles.

Basado en la literatura especializada y en nuestro contexto normativo, se propone la siguiente clasificación:

- **Estrategia CTCl:** comprende los lineamientos estratégicos que guiarán las políticas públicas e instrumentos de CTCl. En nuestro país la elaboración de la Estrategia Nacional de CTCl está a cargo del Consejo Nacional de CTCl para el Desarrollo. A nivel regional, los Comités Regionales de CTCl deben proponer Estrategias Regionales de CTCl, las que deben considerar la Estrategia Nacional[5].
- **Política CTCl:** comprende todas las acciones combinadas que se realizan desde el sector público e influyen en el desarrollo de las actividades asociadas a la CTCl. Los objetivos de política se determinan en un proceso que involucra definiciones políticas, y pueden ser objetivos económicos, medioambientales, sociales, o una mezcla de estos, por ejemplo, cuando hablamos de desarrollo sostenible. Las políticas deben ser consistentes con la Estrategia y pueden tener una teoría de cambio asociada (con indicadores y metas). Las políticas CTCl en nuestro país dependen principalmente de los Ministerios de CTCl, Economía, Educación y Hacienda, en el marco del Comité Interministerial de CTCl, liderado por el Ministerio de CTCl.
- **Instrumentos de Política CTCl:** son las herramientas que se utilizan para alcanzar los objetivos planteados por la política pública, forman parte del diseño e implementación de una política. Pueden distinguirse distintos tipos de instrumentos, de transferencias económicas (ej: subsidios), regulatorios (ej: regulaciones de propiedad intelectual) y blandos (ej: acuerdos público-privados) [12]. Para lograr un objetivo de política pública se puede utilizar una combinación de distintos instrumentos. Los instrumentos dependen, en general,

de las agencias que los diseñan e implementan, por ejemplo, la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

Con respecto a las tareas de evaluación estas están a cargo de los propios ministerios y agencias, además de la Dirección de Presupuesto (Dipres), que tiene el mandato de evaluar los programas públicos no sociales. Se suma, además, el Consejo Nacional de Evaluación y Productividad, a quien se le entregó recientemente la tarea de evaluar políticas públicas. Los roles de cada institución no necesariamente consideran los distintos niveles mencionados ni se conectan y se han identificado distintas falencias a través de un estudio mandatado por el Consejo CTCl que derivaron en una hoja de ruta para abordarlos[13] cuya implementación está en curso.

El trabajo que se presenta en este reporte se enfocará en el M&E del Ecosistema CTCl a nivel macro, es decir, busca ser funcional a nivel de Estrategia CTCl y políticas públicas asociadas. Esto implica que más que tener una serie de indicadores para un aspecto específico, como podría ser la cultura de innovación, se enfocara en abordar las múltiples dimensiones del Ecosistema CTCl para tener una visión sistémica e integral (capacidades institucionales, capacidades humanas, actividades de I+D+i, condiciones habilitantes, etc.).

La definición de indicadores para el monitoreo y la evaluación del desempeño del Ecosistema CTCl también estará influenciada (directa o indirectamente) por la metodología que se utilice para el diseño, monitoreo y evaluación de intervenciones. En nuestro país el diseño de programas públicos se realiza en general utilizando como herramienta el Marco Lógico.

El Marco Lógico es una herramienta metodológica para la planificación, seguimiento y evaluación de programas y proyectos, que organiza de forma

estructurada los objetivos, actividades, resultados esperados e indicadores de estos. Esta metodología permite definir con claridad qué se quiere lograr, cómo se medirá el progreso, qué supuestos se manejan y qué recursos se requerirán[14].

El marco lógico se representa comúnmente en una matriz de planificación (también conocida como “matriz de marco lógico” o MML), que contiene cuatro niveles jerárquicos:

- Fin (impacto),
- Propósito (objetivo general),
- Componentes (productos/resultados esperados),
- Actividades[14].

En la matriz de marco lógico se incluyen indicadores cuantitativos verificables objetivamente y medios de verificación asociados.

En Chile, el marco lógico y la matriz de marco lógico han sido ampliamente adoptados en el sector público, particularmente en el diseño y evaluación de programas financiados por el Estado. El Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MIDESO), a través de la Metodología de Evaluación Ex Ante de Proyectos de Inversión Social, utiliza el enfoque de marco lógico para formular y evaluar proyectos públicos. También lo utiliza la Dirección de Presupuesto para el diseño y evaluación de programas no sociales, como es el caso de aquellos relacionados con la CTCI[15].

Otra metodología que está crecientemente siendo adoptada es la Teoría de Cambio. La Teoría de Cambio se utiliza para teorizar cómo las actividades e intervenciones de una política, programa o proyecto se prevé generarán un cambio, abordando el problema objetivo (o una parte del problema), con la lógica de la hipótesis de cambio. Expone las relaciones de la causa y el efecto entre todos los aspectos de la intervención: actividades, productos, resultados, supuestos, y el problema objetivo[16].

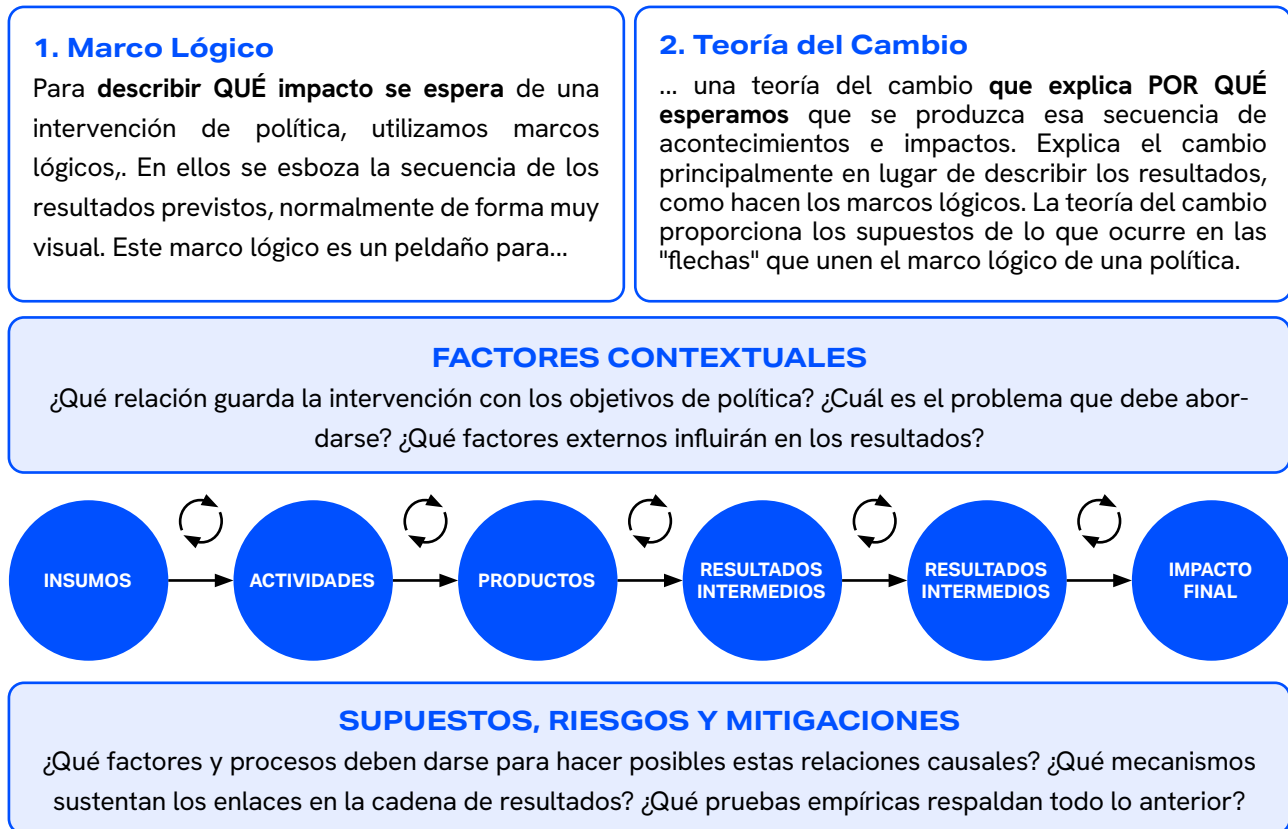
La construcción de la teoría de cambio depende de tener una comprensión del contexto y sistema sobre el que se desea intervenir y una hipótesis de cambio, es decir, de cómo ocurrirá la transformación. Esto permite visualizar cuáles factores del problema tienen que ser intervenidos para impactar en el objetivo general del proyecto o intervención. Los factores a incluir en la teoría de cambio son los siguientes:

- Actividades: son las intervenciones que el proyecto hace directamente.
- Productos: son aquellos derivados directamente del proyecto.
- Resultados o *outcomes*: son los efectos deseados de las actividades y productos asociados (pueden ser inmediatos o intermedios). Pueden ser cambios a nivel de organizaciones y comportamientos. No garantizan un impacto.
- Supuestos: son suposiciones y se basan en valores, decisiones políticas y en lo que sabemos en ese momento.
- Impacto: es el efecto de una combinación de los factores anteriores, así como factores externos, que influyen, directamente, en el propósito final.

La Teoría del Cambio es nuestra propia narrativa del cambio, una proyección hipotética del futuro. Está llena de suposiciones y se basa en valores, decisiones políticas y en lo que sabemos en ese momento. No predice que el proceso de cambio evolucione de esa manera, ni puede prometer que se obtengan los resultados previstos. La Teoría del Cambio es un enfoque que permite a las personas y organizaciones involucradas en los procesos de cambio: comprender mejor el sistema del que forman parte sin simplificarlo en exceso, con el fin de apoyar el cambio de manera estratégica y receptiva; aprender de cómo evoluciona el proceso en la realidad, de modo que las estrategias puedan revisarse y ajustarse sobre la marcha[17].

La Teoría del Cambio se puede entender en la práctica como una versión aumentada del Marco Lógico. El diagrama de abajo presenta la diferencia entre uno y otro.

FIGURA 1. COMPARACIÓN ENTRE MARCO LÓGICO Y TEORÍA DE CAMBIO

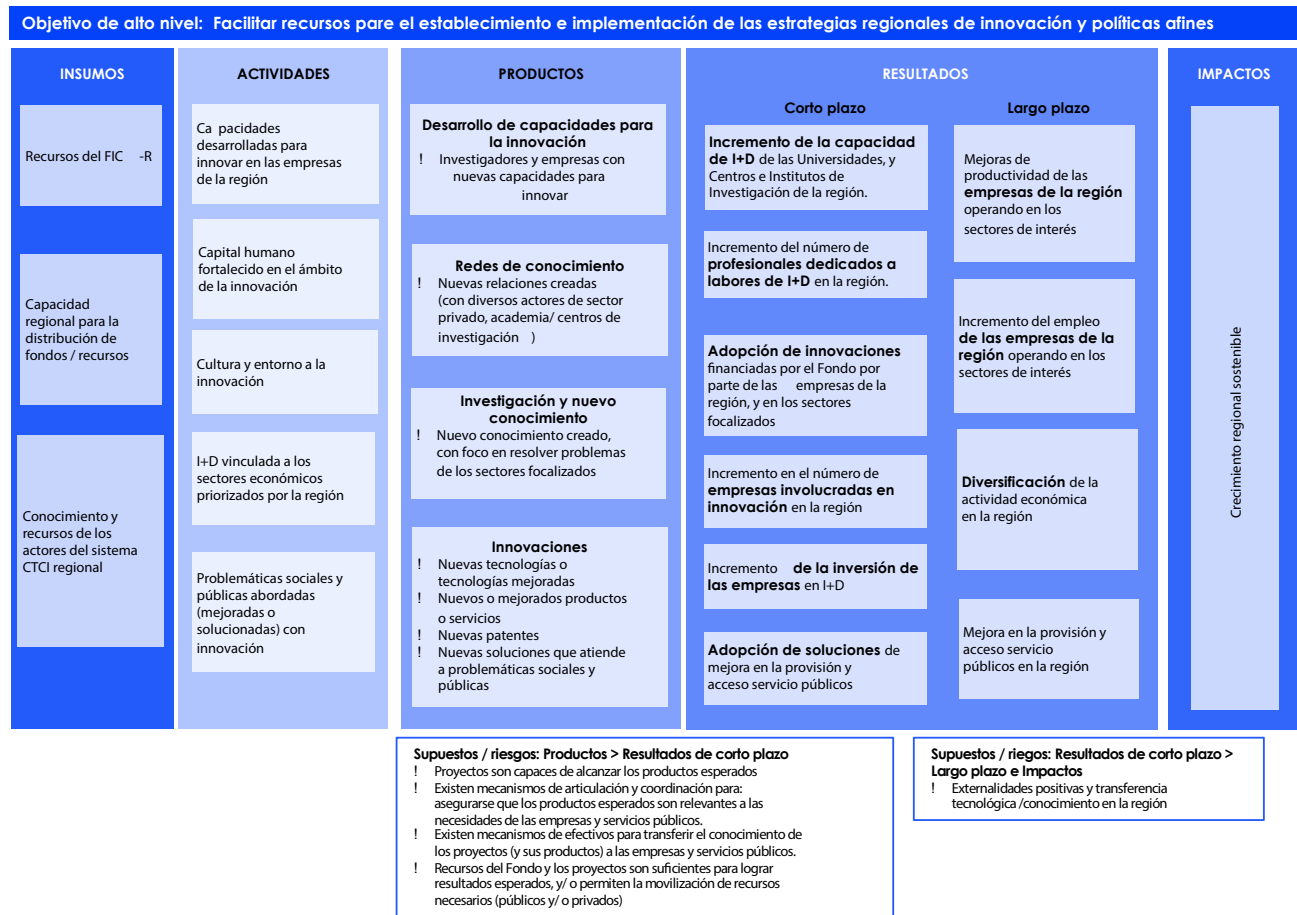


FUENTE: TECHNOLIS 2024[13].

La Teoría de Cambio está cada vez más presente en la metodologías recomendadas y utilizadas en distintos ministerios, por ejemplo, el Ministerio de Ciencia lo incorpora en el ciclo de aprendizaje de políticas públicas[13] y el Ministerio de Desarrollo Social lo incluye en su última Guía de Diseño y Evaluación de Proyectos Sociales[16]. Esta también fue la metodología recomendada por Technopolis en el informe elaborado para el Consejo CTCl en la hoja de ruta

para avanzar en evaluaciones sistémicas en integrales de políticas de CTCl[13]. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una Teoría de Cambio, elaborada en el informe mencionado, para el Fondo de Innovación para la Competitividad Regional (FIC-R).

FIGURA 2. TEORÍA DE CAMBIO ELABORADA PARA EL FONDO DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD REGIONAL



FUENTE: TECHNOLIS 2024[13].

En la propuesta que se presentará en este reporte se incorporarán algunos elementos de la metodología de Teoría de Cambio. La Teoría de Cambio incluye: insumos, actividades, productos (directos), resultados a mediano plazo, resultados a largo plazo e impactos[13].

En el caso de este trabajo, el foco para definir indicadores para M&E está en los insumos (capacidades dentro del ecosistema), las actividades de I+D+i, los productos (derivados directamente de las actividades) y resultados o outcomes de mediano y largo plazo. Por otra parte, la Teoría de Cambio refuerza la necesidad de combinar indicadores cuantitativos y cualitativos, que permitan no sólo ver resultados

finales sino también intermedios, así como también indicadores que permitan explorar las relaciones de causa y efecto. Se adopta en la propuesta el uso de una mezcla de indicadores cuantitativos y cualitativos, lo que es recomendado para políticas de CTCI ya que permite abordar dimensiones y relaciones que no son medibles a través de indicadores cuantitativos.

Por último, es necesario mencionar dos tendencias que se observan en las actividades de monitoreo y evaluación en la actualidad y que serán consideradas para elaborar la propuesta de indicadores: la evaluación formativa y las métricas responsables.

La evaluación formativa es “un proceso continuo y participativo que busca mejorar las políticas y programas en tiempo real, involucrando a los actores implicados y adaptándose a las dinámicas del contexto.” Este enfoque resalta la importancia de la evaluación como herramienta de aprendizaje colectivo y adaptación en entornos complejos[18].

Existen 5 principios que se proponen para orientar el enfoque de evaluación formativa:

- **Formativa e inclusiva:** Se busca mejorar continuamente el diseño y la implementación de políticas, integrando activamente a los actores involucrados.
- **Foco en el aprendizaje:** La evaluación es parte de un proceso de aprendizaje continuo, que orienta el desarrollo de las políticas hacia objetivos de transformación.
- **Uso de teorías de cambio flexibles:** Las teorías del cambio pueden adaptarse a medida que se recogen lecciones de la práctica, lo que permite una evolución dinámica de los objetivos y métodos.
- **Enfoque multinivel y anidado:** Se trabaja con teorías del cambio a distintos niveles (proyectos, programas, políticas), reconociendo que los resultados deseados y los mecanismos varían según el nivel de intervención.

La evaluación formativa es esencial para políticas de innovación transformadoras por dos motivos fundamentales. El primero, es la complejidad de las intervenciones. Las políticas de innovación transformadora (PIT) buscan generar cambios no solo tecnológicos, sino también organizacionales, institucionales y culturales. Estos cambios muchas veces ocurren fuera del marco temporal o espacial del proyecto, por lo que evaluaciones ex post no permiten comprender ni mejorar el proceso a tiempo. Se requiere por ello una especial atención en el aprendizaje como parte del proceso. El segundo, es

la diversidad de contextos. Las actividades de PIT se desarrollan en múltiples entornos, con distintos actores, capacidades y momentos del ciclo de políticas. Por tanto, una sola herramienta de evaluación no es viable, pero sí un marco conceptual flexible que se adapte localmente.

Al adoptar un enfoque de evaluación formativa es necesario considerar estos aspectos en la definición de indicadores para M&E. Por ejemplo, considerar qué tan apropiados son para el contexto local, buscando compatibilizar la comparabilidad internacional con la pertinencia local; como pueden facilitar el aprendizaje colectivo y en qué medida pueden participar otros actores en su definición.

Otra tendencia a mencionar son las métricas responsables en el ámbito de la CTCI. Las métricas responsables son aquellas utilizadas para evaluar políticas y actividades de CTCI de manera ética, contextualizada, inclusiva y orientada al bien común. No se trata solo de medir cuántas publicaciones o patentes se generan, sino de capturar el valor social, ambiental y transformador de la investigación y la innovación. Este enfoque responde a críticas sobre el uso excesivo de indicadores cuantitativos descontextualizados, que pueden distorsionar prioridades, excluir áreas del conocimiento menos visibles o fomentar prácticas no éticas.

Algunos principios de las métricas responsables, recogidos a partir de la Declaración de Leiden (2015)[19], el trabajo de la OCDE[20], la Declaración sobre Evaluación de la Investigación (DORA)[21], y otras iniciativas asociadas al Research Excellence Framework (Reino Unido)[22] y el trabajo del Consorcio de Políticas de Innovación Transformativa (CPIT) son:

- **Contextualización:** los indicadores deben interpretarse en función del propósito, nivel y contexto de aplicación.

- **Transparencia:** el proceso de definición, recolección y uso de métricas debe ser claro y abierto a revisión.
- **Diversidad:** deben promoverse indicadores que reconozcan distintas disciplinas, trayectorias, tipos de conocimiento y formas de impacto.
- **Calidad sobre cantidad:** priorizar la evaluación cualitativa, especialmente mediante revisión por pares, en lugar de usar únicamente métricas numéricas.
- **Participación:** incluir a los actores involucrados en el diseño y validación de los indicadores.
- **Aprendizaje y mejora continua:** las métricas deben ayudar a mejorar las políticas, no solo a juzgarlas.

A partir de ello existen recomendaciones, tales como:

- Evitar indicadores únicos o descontextualizados (como el factor de impacto o el número de patentes, como fines en sí mismos).
- Combinar datos cuantitativos con análisis cualitativos, incluyendo estudios de caso y narrativas de impacto.
- Diseñar indicadores alineados con los objetivos de política pública (por ejemplo, desarrollo sostenible, equidad territorial, inclusión de género).
- Revisar periódicamente los indicadores, adaptándolos a nuevos desafíos o aprendizajes del sistema.
- Promover la co-construcción de métricas con actores del Ecosistema CTI (universidades, empresas, sociedad civil, gobiernos locales).



FACTORES DETERMINANTES PARA DEFINIR INDICADORES

Además de los conceptos básicos revisados en la sección previa, que son importantes para delimitar la propuesta que se presenta en este reporte, la definición de metodologías e indicadores para M&E del Ecosistema CTCI depende de dos aspectos clave e interrelacionados. El primero, es cual es el impacto que se espera de la CTCI (su rol social) y el marco de política pública asociado, reconociendo que este ha ido variando en el tiempo ya que está asociado al contexto en que está inmerso el Ecosistema CTCI. Este contexto depende del momento histórico de la humanidad y las características propias del lugar en que se desarrolla el Ecosistema CTCI. Y en segundo lugar, cómo se define un Ecosistema CTCI, qué atributos debe tener y cómo debe funcionar para aportar en este rol social de la CTCI que se plantea. Estos dos aspectos se desarrollan a continuación, basándose en el trabajo previo ya realizado por el Consejo CTCI[3], [4], [8], [9], [11].

2.1 El rol de la CTCI

Las formas de monitorear y evaluar el Ecosistema CTCI están íntimamente relacionadas con la contribución que se espera de la CTCI en la sociedad. El enfoque del Consejo CTCI, desde sus orígenes ha evolucionado desde la premisa de la innovación como elemento clave del crecimiento económico y la competitividad, hacia la comprensión de ésta como un fenómeno humano permanente de adaptación al cambio, que se hace evidente dado el acelerado avance científico tecnológico, y que hoy se convierte en un pilar fundamental para el desarrollo sostenible[3], [6], [23], [24], [25]. Esta progresión se plasma

en la visión de la actual Estrategia Nacional de CTCl, entregada en junio del 2022, que avizora “...un país que se desarrolla y genera bienestar sostenible e inclusivo basado en una sociedad del conocimiento, que entiende que las sociedades viven y se sostienen de/en la naturaleza, y la economía vive de/en las sociedades, la que explicita las relaciones de interdependencia de nuestros sistemas vivos, la sociedad y la economía, y que obligan a su consideración de manera sistémica, si aspiramos a darle sustentabilidad a nuestro bienestar”[3].

El contexto actual, marcado por grandes transformaciones, está desafiando profundamente al sistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCl). Si bien se reconoce su papel fundamental en la transición social, económica y ambiental que enfrentamos, también se vuelve necesario revisar si las lógicas actuales de generación y uso del conocimiento, así como las políticas en esta materia, están realmente habilitando dicha contribución[2], [4].

Este enfoque de CTCl para el desarrollo sostenible está ampliamente desarrollado en los últimos documentos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)[1], [2]. En estos se plantea que las políticas de CTCl deben responder al contexto actual, marcado por crecientes niveles de desigualdad, múltiples crisis como la pandemia y conflictos bélicos, cambiante contexto geopolítico y una urgente necesidad de una transición hacia modelos de desarrollo más sostenible. Se argumenta que la mayoría de los países de la OCDE están experimentando niveles crecientes de desigualdad[26], mientras que la pandemia del COVID-19 hizo retroceder varias décadas los avances en la resolución de la desigualdad de ingresos entre países[27]. La pandemia también relevó la importancia de la resiliencia para hacer frente a futuros shocks o crisis, mientras que el rápido cambio tecnológico y la creciente competencia estratégica entre las principa-

les potencias mundiales han hecho que la seguridad pase a un primer plano como preocupación política clave. Además, la emergencia climática y ecológica requiere nada menos que una profunda transformación de sectores como la energía, la industria pesada, la agroalimentación y el transporte, para pasar a modelos operativos más sostenibles, inclusivos y resilientes[28].

La OECD en su agenda de políticas de innovación transformativa de 2024 plantea tres grandes metas transformadoras para la CTCl[2]:

- **Avanzar en la transición hacia la sostenibilidad** mitigando y adaptándose a un legado de desarrollo insostenible que ha derivado en efectos como el cambio climático, la contaminación y la pérdida de biodiversidad, lo que a veces se denomina la «triple crisis planetaria». Los sistemas socioeconómicos deben evolucionar para satisfacer las necesidades actuales de los distintos individuos sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para hacer lo mismo. El avance de la sostenibilidad exige transiciones aceleradas en industrias específicas (por ejemplo, de los combustibles fósiles a las energías renovables), tecnologías (por ejemplo, de vehículos de combustión interna a vehículos de emisiones cero) y modelos establecidos de producción y consumo (por ejemplo, pasar de la economía lineal a la circular).
- **Promover una renovación socioeconómica integradora** que haga hincapié en la accesibilidad, la representación, la diversidad y la equidad. La desigualdad de ingresos tiene un impacto considerable y estadísticamente significativo en el crecimiento y es una consideración estratégica clave para el desarrollo económico y los resultados sociales. En el contexto del desarrollo sostenible, las transiciones verdes «justas» deben aportar beneficios colaterales, sociales,

medioambientales y económicos, pero también deberán abordar los puntos de partida desiguales e impactos desproporcionados que pueden producirse.

- **Fomentar la resiliencia y la seguridad frente a los riesgos e incertidumbres** que plantea la creciente aparición de amenazas sistémicas. Los shocks abruptos, como la pandemia COVID-19 y conflictos bélicos, han demostrado la importancia de la resiliencia para permitir que los sistemas socioeconómicos globales modernos (por ejemplo, las cadenas de suministro, los sistemas de producción de energía) anticipen, absorban, se recuperen y se adapten a los cambios disruptivos. Estas preocupaciones van acompañadas de una creciente competencia estratégica entre países en tecnologías y recursos críticos que sustentan la competitividad económica y la seguridad nacional. Los gobiernos buscan cada vez más una mayor autonomía estratégica para reducir las vulnerabilidades a las interrupciones de la cadena de suministro y mejorar su base industrial nacional, especialmente en tecnologías avanzadas.

Estas metas plantean la necesidad de revisar las actuales lógicas de generación y uso del conocimiento, de diseño e implementación de las políticas públicas asociadas, y de las formas de M&E. Todo ello debe habilitar de forma efectiva estas contribuciones y roles de la CTCL.

Uno de los marcos de política que abordan esta preocupación son las Políticas de Innovación Transformativa (PIT). Estas proponen al menos seis características o principios para su construcción e implementación[29]:

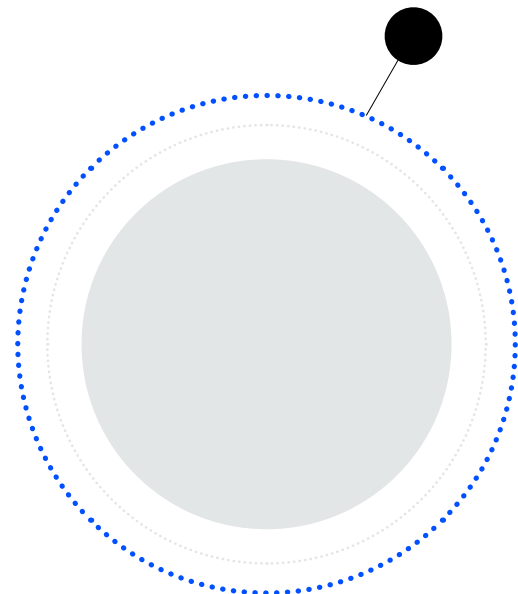
1. **Direccionalidad:** construcción de políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) con una dirección clara hacia la sostenibilidad integral

asumiendo que la ciencia, tecnología e innovación no son neutras (pueden tener efectos tanto positivos como negativos).

2. **Foco en retos sociales:** orientación de la política de ciencia, tecnología e innovación (CTI) en generar y promover prácticas alternativas de actores no hegemónicos y dominantes, para proponer transiciones hacia la sostenibilidad con principios de justicia social.
3. **Impacto en sistemas:** promoción y fortalecimiento de prácticas y soluciones alternativas que trascienden su efecto local (en un sólo componente), consiguiendo cambios a nivel de sistemas sociotécnicos completos, como los son los sistemas de movilidad, alimentación, energía, agua, entre otros.
4. **Aprendizaje y reflexividad:** la innovación produce nuevo conocimiento orientado a hacer sostenibles diversos sistemas sociotécnicos, y que además fomenta la reflexión, produciendo cambios de creencias, valores, comportamientos, formas de entender el entorno y cómo transformarlo.
5. **Consenso y conflicto:** exploración de alternativas sostenibles a través de procesos participativos amplios que consideren diferentes rutas y permitan la discusión.
6. **Inclusión:** reconocimiento e inclusión de agentes sociales que usualmente se quedan al margen de las decisiones políticas al no considerarse "grupos representativos".

En el reporte del Consejo CTCl que analiza el Ecosistema Nacional de CTCl, se toman algunos de estos elementos descritos. Se identifican tres nuevas demandas para la CTCl, en un contexto marcado por profundas transformaciones: aportar en la transición hacia modelos de desarrollo sostenibles, constituirse en un factor clave para la resiliencia del país frente a disrupciones y proveer una base de comprensión y generación de nuevas oportunidades para el desarrollo económico y el bienestar social[4]. Estas surgen a partir del reconocimiento de su rol crítico en la transición social, económica y ambiental que enfrentamos.

Todas estas propuestas, en torno al rol clave de la CTCl en la transición hacia un desarrollo sostenible, que derivan en la necesidad de revisar las actuales lógicas de generación y uso del conocimiento y de diseño e implementación de las políticas asociadas, tiene como consecuencia la necesidad de revisar el concepto de Ecosistema CTCl. Esto implica revisar cómo se define un Ecosistema CTCl, qué atributos debe tener y cómo debe funcionar para poder diseñar formas de M&E apropiadas. Este aspecto se desarrolla en la siguiente sección.



2.2 El Ecosistema Nacional de CTCl y sus atributos

Asociado al punto desarrollado anteriormente, es que se presenta una comprensión particular de qué componentes tiene un Ecosistema CTCl, qué atributos son importantes y cómo debe funcionar. Estos elementos son esenciales para definir indicadores para el M&E del Ecosistema CTCl. El Consejo CTCl ha avanzado en un enfoque para ello, que se resume y complementa a continuación[3], [4], [11].

En los estudios y la investigación en materia de innovación se ha avanzado desde una comprensión lineal de la innovación a una comprensión sistémica y no lineal. Inicialmente se planteaba que los procesos de investigación, desarrollo e innovación ocurrían de forma lineal secuencial y eran desarrollados por distintos actores. En esta lógica, la generación de conocimiento ocurre en ambientes académicos disciplinares, donde se plantean problemas e interrogantes a resolver que son de su propio interés. Estos ambientes tienden a ser homogéneos y con una organización jerárquica rígida. Este modo de producción de conocimiento lo denominaron Gibbons et al., (1994) como Modo 1, para contrastar con el Modo 2 que integra distintos tipos de actores y se genera en ambiente más heterogéneos[30]. Por otra parte, en esta comprensión lineal, las empresas eran las llamadas a tomar este conocimiento y transformarlo en productos o servicios que pudieran comercializar. El proceso es guiado por la ciencia (*science push*), asumiendo que a través de la comercialización del descubrimiento científico se crearían nuevas oportunidades de negocio y existirían mejoras en la productividad, lo que aportaría al crecimiento económico en el largo plazo. Las definiciones que propone la OCDE, en el Manual de Frascati, nacen inicialmente basadas en este modelo lineal de innovación, en él se definen y delimitan categorías: la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental[31].

En esta comprensión se plantea una clara diferenciación de roles y responsabilidades. Los investigadores buscan el avance del conocimiento científico (atendiendo sólo incidentalmente al potencial valor comercial de su descubrimiento), publican su trabajo y asumen que aquellos que utilicen este conocimiento lo harán de forma responsable. El sector público por su parte se encarga de financiar la investigación. El sector privado tiene el rol de transformar el descubrimiento científico en innovación que llegue al mercado y contribuya en el largo plazo al crecimiento económico y la competitividad.

A partir de los años 80 los estudios de innovación adoptan una comprensión sistémica y no lineal, abandonando el enfoque anterior. Esta nueva visión fue capturada en el concepto de sistemas de innovación. Un sistema de innovación se puede definir como sistemas abiertos, evolutivos y complejos que abarcan las relaciones dentro y entre organizaciones, instituciones y estructuras socioeconómicas que determinan la velocidad y la dirección de la innovación y el desarrollo de competencias que emanan de procesos de aprendizaje basados en la ciencia y la experiencia[32]. En esta comprensión sistémica, el conocimiento y la innovación se generan a través de la interacción entre los distintos actores (cada vez más diversos), en múltiples formatos, direcciones y combinaciones posibles. Se abandona así la creencia que cada actor sólo podía cumplir un rol, ya que estos procesos de I+D+i ocurren en muchos casos en la interacción de los distintos actores y en distintas direcciones.

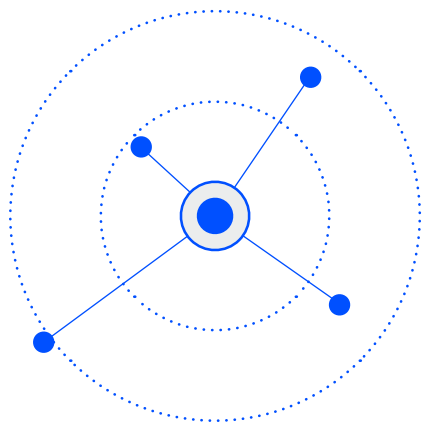
Se asumen formas de producción de conocimiento más diversas y con más actores, ya que integra el rol de la demanda en la generación de conocimiento (*market pull*), y surgen con más fuerza los roles asociados a transferencia tecnológica¹ y propiedad intelectual². Se plantea que el conocimiento no sólo se produce mediante la investigación básica, sino que también y crecientemente en el contexto de su aplicación; desdibujando las fronteras entre las categorías (investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental). Se reconoce que las distintas disciplinas pueden asociarse en la generación de nuevo conocimiento, y que existe heterogeneidad de actores y diversidad organizacional. También mayor necesidad de “*accountability*” para hacerse cargo de preocupaciones éticas y medioambientales de los potenciales impactos de la CTCI. Esto es lo que Gibbons denomina modo 2 de producción de conocimiento[30].

Se desafía el supuesto de linealidad entre investigación e innovación, asumiendo que el conocimiento se genera a través de la interacción entre los distintos actores, y que estos a su vez son más diversos. La innovación implica un proceso de aprendizaje interactivo y la construcción de capacidades para absorber y adaptar el conocimiento, las que a menudo son influenciadas por la proximidad física y cognitiva (importancia del conocimiento tácito)[33]. El buen desempeño radica, no sólo en la existencia de capacidades, sino que también en la alineación de los objetivos y capacidades de los distintos actores.

Se reconoce además que el sistema CTCI está inmerso en contextos particulares (económicos, sociales y ambientales) propios de cada país y territorio, que serán determinantes en su funcionamiento. Es por ello que se habla también de sistemas regionales de innovación, haciendo hincapié en la importancia de las condiciones locales para su desempeño[34]. Esto cuestiona el que sea posible copiar estrategias y modelos de otros países o regiones como Silicon Valley.

¹ La transferencia de tecnología es un proceso de colaboración que permite que los descubrimientos científicos, los conocimientos y la PI fluyan desde los creadores, como las universidades o las instituciones de investigación, hasta los usuarios públicos y privados. El objetivo es transformar las invenciones y los resultados científicos en productos y servicios nuevos que benefician a la sociedad. La transferencia de tecnología está estrechamente vinculada con la transferencia de conocimientos. Fuente: <https://www.wipo.int/technology-transfer/es/index.html>

² La propiedad intelectual (PI) se relaciona con las creaciones de la mente: invenciones, obras literarias y artísticas, así como símbolos, nombres e imágenes utilizados en el comercio. La legislación protege la PI, por ejemplo, mediante las patentes, el derecho de autor y las marcas, que permiten obtener reconocimiento o ganancias por las invenciones o creaciones. Fuente: <https://www.wipo.int/about-ip/es/>



El enfoque de sistemas de innovación es el que predomina hoy en las estrategias y políticas de CTCl en nuestro país (no necesariamente en el tipo de instrumentos). En la última estrategia del Consejo Nacional de CTCl se adopta este enfoque con algunas consideraciones adicionales, llegando al concepto Ecosistema CTCl (en vez de sistema de innovación). Se usa la sigla CTCl con el fin de hacer visible las actividades de generación de conocimiento a través de la investigación de todas las disciplinas, al desarrollo y la transferencia tecnológica y de conocimiento, al igual que a las actividades de innovación, y, además, tener coherencia con la institucionalidad pública de CTCl en nuestro país (Comité de Ministros de CTCl, Ministerio de CTCl y Consejo Nacional de CTCl).

Se usa el término “ecosistema” en vez de “sistema” para enfatizar una serie de atributos que se consideran importantes en un Ecosistema CTCl robusto y resiliente, que son similares a los atributos de los ecosistemas naturales sanos. Estos son: el valor de la diversidad de actores, la importancia de las redes dada la interdependencia entre los múltiples factores del sistema y la complejidad de sus interacciones (muchas veces difíciles de predecir), así como la vinculación con el contexto particular (económico, social y ambiental) o “sustrato” en que se inserta, todas características propias de los ecosistemas naturales.

Esta comprensión de Ecosistema CTCl se recoge en la última Estrategia del Consejo CTCl, donde se plantea que “Lo esencial en el Ecosistema [CTCl] es el flujo, intercambio y transferencia de conocimiento entre sus nodos, a partir de los diferentes propósitos e intereses de sus actores, en las más diversas combinaciones posibles, pero dentro de los marcos normativos y éticos establecidos por la sociedad. Así, el conocimiento puede fluir tanto desde quienes lo crean hacia quienes lo aplican, o desde quienes transforman lo anterior en innovaciones que generan valor, hacia los emprendedores, o desde todos ellos hacia quienes lo crean, a partir de nuevas preguntas que éstos plantean” ... “Su lógica de operación [de la CTCl] es no lineal, por lo que no resulta obvio anticipar la forma en que el conocimiento que alimenta a un nodo se traduce posteriormente en productos, nuevas preguntas, servicios o nuevos marcos de comprensión en otro nodo, ni cómo estos se transforman luego en resultados tangibles e intangibles, ni menos, de qué manera todo ello impactará en la sociedad y viceversa”[3].

Para efectos de este reporte, el Ecosistema CTCl se define como: un sistema abierto, dinámico y complejo compuesto por una red interdependiente de actores —incluyendo instituciones de I+D+i, universidades, empresas, organismos públicos, organizaciones de la sociedad civil, individuos que desempeñan actividades de CTCl y sistemas de conocimiento local— que interactúan bajo un marco institucional, normativo y cultural determinado.

TABLA 1. DIFERENCIAS ENTRE LÓGICA DE SISTEMA DE INNOVACIÓN VERSUS ECOSISTEMA CTCI

Aspecto	Enfoque de Sistema CTCI	Enfoque de Ecosistema CTI
Origen conceptual	Basado en la teoría de los Sistemas Nacionales de Innovación (Freeman, 1987; Lundvall, 1992)[32], [35], que enfatiza la interacción entre actores institucionales diversos, y la producción de conocimiento e innovación en modelos sistémicos no lineales.	Se construye sobre el enfoque sistémico anterior, pero incorpora aportes de las ciencias ecológicas (Holling, 2001)[36] —que destacan la diversidad, la resiliencia y los ciclos de retroalimentación— y de los sistemas sociotécnicos (Geels, 2002; Geels & Schot, 2007)[37], [38], que analizan la coevolución entre tecnología, actores e instituciones.
Metáfora central	“Máquina” o “sistema productivo” con entradas (insumos), procesos y salidas (resultados).	“Ecosistema” vivo e interdependiente, donde los componentes coevolucionan, se adaptan y mantienen su resiliencia mediante retroalimentaciones y aprendizaje colectivo.
Lógica dominante y unidad de análisis	Lógica sistémica (no lineal), centrada en la articulación de capacidades, redes e insumos que sustentan los flujos de conocimiento entre actores e instituciones. La unidad de análisis suele ser nacional o sectorial.	Lógica sistémica, adaptativa y compleja, donde los distintos componentes aprenden, se transforman y coevolucionan. El foco está en las interacciones dinámicas y en la capacidad del ecosistema para sostener innovación, diversidad y resiliencia. Incluye la retroalimentación entre actores, entornos y territorios como parte integral del análisis.
Implicancias para el monitoreo y evaluación	Enfatiza indicadores de insumos, procesos y resultados, comparables a nivel internacional.	Requiere complementar indicadores cuantitativos con métricas relacionales y cualitativas que capturen interdependencias, colaboración, aprendizaje colectivo e impacto transformador. Además, se busca capturar atributos propios de los ecosistemas que les dan robustez y resiliencia (diversidad, interconexión, distribución y una estrecha vinculación con su entorno “sustrato”).

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE INSUMOS ENTREGADOS POR EL CONSEJO CTCI Y LITERATURA REVISADA.

La idea central en el uso del concepto Ecosistema CTCl es que la forma de analizarlo (ya sea para monitorear su estado y evolución o para evaluar el desempeño de las intervenciones en este) debe considerar:

- **Una visión sistémica e integral:** considerando todos los componentes del Ecosistema Nacional de CTCl, promoviendo el análisis de las interacciones entre los distintos elementos y reconociendo así su complejidad y dinamismo, propios de los sistemas adaptativos complejos. Los sistemas adaptativos complejos son sistemas que implican muchos componentes que se adaptan o aprenden a medida que interactúan[39]. Esta perspectiva implica entender que el Ecosistema CTCl no puede ser concebido como un conjunto de piezas aisladas, sino como una red de agentes diversos que coevoluciona en interacción constante, generando propiedades emergentes que no pueden predecirse únicamente a partir de sus partes.

Una visión sistémica también requiere reconocer que estos ecosistemas no operan en el vacío, sino que se configuran y evolucionan en interacción con su entorno social, económico, institucional y ambiental[40]. Atendiendo el objetivo de comprender el contexto actual, el Consejo CTCl desarrolla periódicamente reportes de prospectiva y anticipación que tienen como objetivo identificar grandes fenómenos de cambio global que están marcando nuestra época. Junto con ello publican reportes sobre el efecto de estos fenómenos en nuestro país y realizan ejercicios participativos que profundizan esta comprensión[41], [42], [43], [44], [45].

Tomando en consideración estos aspectos se deben entender los indicadores como *proxys* y no como una realidad absoluta, estos deben ser interpretados tomando en cuenta el contexto y las propias debilidades o limitaciones de cada indicador.

- **Dar cuenta de aspectos más allá de inputs y outputs, que son clave en el proceso de desarrollo de la CTCl, incorporando indicadores cuantitativos y cualitativos:** centrar el M&E de la CTCl únicamente en *inputs* (como gasto en I+D o número de investigadores) y *outputs* (como publicaciones o patentes) resulta insuficiente para comprender la dinámica real de los Ecosistemas de CTCl. La literatura ha mostrado que estos indicadores tradicionales son útiles como aproximaciones generales, pero no permiten explicar las causalidades ni los factores que impulsan estrategias o políticas efectivas[40], esenciales para poder aplicar metodologías de evaluación como la Teoría de Cambio. Los métodos de análisis basados solo en la estructura o los resultados cuantificables de un sistema de innovación han demostrado ser limitados, por lo que es necesario incluir una mirada a los procesos y a las funciones que cumplen los distintos actores, como la creación de redes, la orientación de la búsqueda tecnológica o la formación de mercados[46]. De este modo, avanzar hacia un marco de M&E más integral permite reflejar el carácter complejo, sistémico y transformativo de la innovación. Esto enfatiza la importancia del proceso y no sólo del resultado final, reconociendo que existe una ruta de transformación que depende de capacidades de reflexión y aprendizaje.
- **Dar cuenta de los atributos deseables para un Ecosistema CTCl robusto y resiliente, que pueda contribuir de forma efectiva al desarrollo sostenible.** Un Ecosistema CTCl robusto y resiliente es aquel que es capaz de responder, adaptarse y anticiparse frente a desafíos y cambios del entorno. La capacidad de responder se traduce en la capacidad de cumplir sus funciones esenciales bajo distintos escenarios y de atender las necesidades emergentes del entorno. La capacidad de adaptarse alude a la habilidad de

reorganizarse ante perturbaciones —internas o externas— preservando sus atributos estructurales y funcionales. La capacidad de anticiparse comprende la destreza sistemática de identificar riesgos probables y oportunidades futuras, así como de prepararse frente a riesgos inciertos, aportando capacidades, conocimiento y estrategias con una visión a largo plazo.

Esta robustez del Ecosistema CTCI dependerá de su composición y de una serie de atributos, semejante a lo que ocurre con los ecosistemas naturales. Los atributos que le otorgan robustez al Ecosistema CTCI y que lo habilitan a contribuir a un desarrollo sostenible son que este sea: diverso, interconectado, distribuido, y vinculado con su contexto[4]. A su vez se requiere que su funcionamiento sea direccionado y reflexivo. A continuación se explican estos atributos en detalle.

ATRIBUTOS PROPIOS DEL ECOSISTEMA CTCI

Diverso

Se comprende este atributo como diversidad multidimensional, ya que se expresa en distintos ámbitos: diversidad de actores, diversidad de disciplinas; tipos de conocimientos y saberes; y diversidad de roles dentro de las actividades de CTCI.

El aporte de la CTCI al desarrollo sostenible requiere de nuevas formas de producción de conocimiento y desarrollo de tecnología en innovación. En muchos casos, el abordar desafíos complejos, requiere de enfoques transdisciplinarios, es decir, además de la integración de investigación de distintas ciencias (Ciencias naturales; Ingeniería y tecnología; Ciencias médicas y de la salud; Ciencias agrícolas y veterinarias; Ciencias sociales; Humanidades y artes), eliminando las fronteras entre éstas, requiere de la incorporación de conocimiento que proviene de

actores “no académicos”. Estableciendo objetivos comunes y promoviendo el desarrollo de conocimiento y teorías integradas entre las ciencias y la sociedad[47]. Este enfoque reconoce la importancia de fortalecer las distintas disciplinas del saber y de habilitar espacios de co-creación, donde pueden participar actores diversos, tanto del mundo académico, empresarial, del emprendimiento, de la comunicación y divulgación, de la sociedad civil, del sector público, entre otros.

La inclusión de actores diversos, además de permitir integrar distintas perspectivas, conocimientos y experticia para enfrentar desafíos económicos, sociales y ambientales que son complejos, fortalece la capacidad de abordar escenarios de alta incertidumbre. La consideración de otras fuentes de conocimiento, como los conocimientos locales y basados en la práctica y experiencia incluye, por ejemplo, el conocimiento de los pueblos indígenas, que, desde su conexión espiritual con la tierra y su ocupación ancestral, han desarrollado un complejo cuerpo de conocimientos respecto a la relación de sus comunidades con los entornos en los cuales habitan o con los que tienen contacto. También incluye los conocimientos y prácticas que provienen de comunidades locales (ej. pequeña agricultura y minería) que viven fruto de la tierra y conocen sus particularidades[6]. La diversidad tiene como base necesaria la inclusión de grupos que están subrepresentados en la CTCI, como es el caso de las mujeres, reconociendo la riqueza que aporta cada individuo al ecosistema.

La diversidad en el Ecosistema CTCI también se traduce en reconocer el valor de actores que desempeñan distintas actividades dentro de este, como: entidades o personas dedicadas a la investigación y desarrollo (I+D+i) (desarrolladores de I+D+i), entidades o personas que conectan actores, realizan transferencia de conocimiento y tecnología o habilitan el emprendimiento (conectores); empresas o

personas dedicadas a la innovación y/o el emprendimiento (empresas que hacen I+D+i y emprendedores de base científico tecnológica); entidades públicas que entregan financiamiento, articulan y/o direccionan recursos (instituciones públicas habilitadoras); y entidades de la sociedad civil que desarrollan I+D+i o desempeñan otros roles[4].

Esta diversidad multidimensional también se expresa en reconocer la importancia de los distintos roles en el Ecosistema CTCl, incluyendo actores que desarrollen I+D, transferencia tecnológica y de conocimientos, vinculación, adopción tecnológica, divulgación y comunicación, formación de personas, gestión, innovación, emprendimiento, entre otros.

En el contexto del M&E del Ecosistema CTCl, este atributo implica que la definición de indicadores debe considerar visibilizar la existencia de distintos tipos de actores y roles, la diversidad de disciplinas, la inter y transdisciplina y la diversidad en productos que se generan a partir de la CTCl. Por ejemplo, una falencia en los indicadores tradicionales es que habitualmente solo contabilizan investigadores y técnicos, sin considerar otros roles importantes dentro del Ecosistema CTCl como gestores tecnológicos, comunicadores y divulgadores.

Interconectado

Un ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCl) no sólo debe ser diverso, sino también estar interconectado y articulado, de modo que sus distintos actores puedan compartir objetivos comunes y generar sinergias para alcanzarlos. Frente a desafíos complejos, se hace evidente la necesidad de una articulación multisectorial que convoque distintos intereses y agendas. Un caso ejemplar es la crisis hídrica, que requiere la coordinación de múltiples sectores económicos, organismos públicos —incluidos ministerios y agencias estatales—, y una vinculación activa con organizaciones de la sociedad civil.

En el ámbito de la investigación, ha ganado fuerza la importancia de la apertura y conexión. Conceptos como la democratización del conocimiento y la ciencia abierta ilustran esta tendencia. La ciencia abierta no solo promueve el acceso libre a los resultados y datos científicos, y la infraestructura que los soporta, sino que también incluye otros dos pilares fundamentales: el diálogo abierto con otros sistemas de conocimiento y la participación activa de actores sociales. Estos pilares reflejan la necesidad de una mayor articulación dentro del Ecosistema CTCl y entre éste y la sociedad[4]. Asimismo, se reconoce que la colaboración, tanto nacional como internacional, enriquece las actividades científicas y fortalece las capacidades del Ecosistema.

En el campo del desarrollo tecnológico y la innovación, la existencia de plataformas de colaboración público-privada y una interacción temprana con las comunidades del territorio permite que se genere pertinencia, desarrollo local e integración de distintos tipos de conocimientos e intereses. Esto genera a su vez una mayor probabilidad de éxito en la transferencia de conocimiento y la adopción de tecnologías e innovaciones.

Lo anterior desafía la lógica tradicional de la transferencia tecnológica desde las Universidades, donde los desarrollos surgen de un entorno principalmente académico de I+D y al llegar a cierto nivel de desarrollo es que se establecen puentes con la industria u otros tipos de actores para transferir este desarrollo (ej. a través del licenciamiento que es gestionado por oficinas de transferencia y licenciamiento). Sigue predominando en las políticas la lógica lineal de transferencia, más que un enfoque de sistema. Sin embargo, actualmente se plantea crecientemente la necesidad de co-creación y co-diseño desde etapas iniciales de investigación para alinear objetivos y expectativas de forma temprana, involucrar a usuarios y comunidades y vincularse al contexto en que se desplegaran estos desarrollos para que

sean pertinentes. La Red de Gestores Tecnológicos de Chile (RedGT) ha impulsado diagnósticos y propuestas orientadas a fortalecer mecanismos de articulación entre universidades, centros de investigación y el sector productivo. En sus reportes, la RedGT subraya que el modelo lineal de transferencia no resulta suficiente para asegurar pertinencia ni impacto, lo que hace necesario avanzar hacia esquemas más colaborativos, con participación temprana de empresas y otros actores en las etapas iniciales de investigación y desarrollo[48]. Así mismo, argumentan que no toda transferencia debe y/o puede implicar una contraprestación económica. Es importante considerar que, en numerosos casos, la transferencia implica resolver problemas concretos de la sociedad, con valor público, más allá de ingresos inmediatos por licencias.

La calidad y robustez de las conexiones dentro del ecosistema se traducen en prácticas como la innovación abierta que generan nuevas oportunidades. Esta se basa no sólo en recursos y conocimientos internos de una organización, como su personal o sus capacidades de I+D, sino también en fuentes externas: clientes, competidores, agencias colaboradoras e incluso, público general. Este enfoque no solo potencia la innovación, sino que facilita la integración de una perspectiva justa y responsable, asegurando una distribución equitativa de sus beneficios, lo que es clave para contribuir al desarrollo territorial inclusivo.

La conexión y articulación de actores del Ecosistema CTCI es fundamental para su robustez y resiliencia, capaz de dar respuesta, adaptarse a su entorno y anticiparse. Se reconoce que la CTCI es esencial para crear capacidad de resiliencia y adaptación a las crisis en los países, para responder a los riesgos conocidos y a las incertidumbres desconocidas. Un ecosistema interconectado tiene mejores capacidades de respuesta ante emergencias o crisis. La OCDE

plantea que un ejemplo elocuente de esta afirmación es la respuesta global frente a la pandemia de COVID-19, en la cual las redes científicas internacionales existentes permitieron una rápida generación y circulación de conocimientos, clave para el desarrollo de vacunas y tratamientos. Este tipo de respuesta solo es posible cuando, en “tiempos normales”, se han tejido redes de colaboración sólidas entre quienes deben movilizarse rápidamente para hacer frente a situaciones de crisis, así como una sólida capacidad de «inteligencia estratégica» para identificar, supervisar y evaluar los riesgos emergentes y las respuestas[1]. La experiencia chilena durante la pandemia de COVID-19 demostró que la capacidad de respuesta de la CTCI depende fuertemente de la articulación temprana entre instituciones y de la cooperación internacional. En el ámbito nacional, Torres et al. (2024) destacan que “el proceso de vacunación en Chile estuvo acompañado de una colaboración transdisciplinaria que incluyó universidades, organismos gubernamentales, centros de investigación e industria, generando evidencia oportuna y herramientas innovadoras para la toma de decisiones”[49]. Del mismo modo, la creación de la Red Genómica COVID-19 resultó fundamental para coordinar capacidades dispersas, ya que “la Red de Genómica COVID-19 de Chile es un esfuerzo colaborativo multicéntrico que integra biobancos y laboratorios de todo el país para estandarizar y compartir muestras y datos”[50]. Esta experiencia confirmó que la resiliencia del sistema científico depende de redes abiertas y colaborativas, tanto dentro del país como en el plano internacional[49]. Es importante, además, garantizar que estas relaciones incluyen a los distintos actores y que las capacidades se distribuyen territorialmente para permitir una respuesta científica y tecnológica inclusiva a las crisis futuras.

En cuanto al M&E del Ecosistema CTCl, esta dimensión relacional debe reflejarse en la definición de indicadores adecuados. Es esencial contar con indicadores que permitan evidenciar cuán conectado y articulado está el Ecosistema CTCl, tanto a nivel nacional como internacional. Para ello, se pueden considerar aspectos como: la densidad y alcance de las redes de colaboración científica, los formatos de gobernanza, la coherencia y articulación interinstitucional, los acuerdos de cooperación, entre otros.

Distribuido

La distribución territorial e institucional de capacidades es fundamental para fortalecer la resiliencia del Ecosistema CTCl, ya que genera redundancia funcional y diversificación. La redundancia funcional es la existencia de múltiples especies, componentes o elementos que cumplen funciones similares o iguales dentro de un sistema, ya sea en un ecosistema, un organismo o un sistema técnico. Este fenómeno confiere mayor robustez y resiliencia al sistema, ya que la pérdida de uno de sus elementos puede ser compensada por otros que realizan la misma función, permitiendo que el sistema mantenga su funcionamiento.

Adicionalmente, la distribución territorial es importante para promover la producción de conocimiento situado, es decir, conocimiento que toma en cuenta las características específicas de los sistemas socioecológicos locales y las necesidades e intereses del entorno. Este enfoque permite comprender mejor los efectos que fenómenos globales pueden tener en contextos particulares, además de abordar desafíos y aprovechar oportunidades propias de cada territorio. Contar con un Ecosistema CTCl distribuido territorialmente es clave, por ejemplo, para valorar y aprovechar el patrimonio natural y cultural único de cada región, generando así conocimiento e innovación que contribuyan al bienestar de las comunidades locales y a su desarrollo a largo plazo.

Asimismo, una base territorial amplia de capacidades permite desarrollar tecnologías, innovaciones y emprendimientos ajustados a los contextos locales, lo que favorece un desarrollo más inclusivo, equitativo y sostenible. Esta adecuación contextual no solo mejora la efectividad de las soluciones, sino que también incrementa su legitimidad y aceptación social.

En cuanto al M&E del Ecosistema CTCl, esta dimensión implica que los indicadores que se definan a nivel de Ecosistema CTCl nacional deben considerar la distribución de las capacidades y actividades de CTCl en las regiones y visibilizar la existencia de concentración de éstas en ciertos territorios frente a otros rezagados.

Se recomienda que se puedan desarrollar adaptaciones de esta propuesta de M&E nacional para crear sistemas de M&E de Ecosistemas Regionales o locales de CTCl. Esta recomendación permite llegar al nivel de detalle necesario para comprender la región o territorio sin ampliar demasiado la cantidad de indicadores desagregando todos los indicadores en un M&E del Ecosistema Nacional de CTCl. Más importante aún, permite incorporar indicadores que sean pertinentes a cada contexto regional o local, por ejemplo, haciendo énfasis en ciertas dimensiones que sean más críticas en dicho contexto (capacidades humanas, infraestructura, etc.). Así como también, incorporar indicadores para dar cuenta de características propias del desarrollo de la CTCl local (ej. oportunidades únicas como el desarrollo de ciencia antártica o ventajas para la observación astronómica, presencia de sectores productivos específicos, entre otras).

Vinculado con su contexto:

Un Ecosistema CTCl que contribuya al desarrollo sostenible debe estar vinculado a las condiciones particulares del territorio en que se sitúa y las necesidades y actores de su entorno. Este entorno, además, será determinante en su posibilidad de desarrollarse y tener impacto. Los Ecosistemas CTCl no operan en el vacío, sino que se configuran y evolucionan en interacción con su entorno social, económico, institucional y ambiental[40]. En la misma línea, “cada conjunto de actores interconectados cuyas acciones colectivas producen un resultado de desarrollo particular es un sistema local... cada ecosistema de innovación está moderado por factores contextuales como la capacidad institucional, la cultura y los marcos regulatorios”[33]. Estas aproximaciones enfatizan que comprender un ecosistema de CTCl implica observar tanto las interacciones entre actores como las condiciones específicas del territorio en que se desenvuelven.

Para dar cuenta de la vinculación del Ecosistema CTCl con su entorno es necesario incorporar indicadores en el M&E que permiten caracterizarlo. Por ejemplo, incluir indicadores asociados a los marcos normativos, las estructuras de incentivos, las capacidades institucionales, entre otros. Además, es posible incluir indicadores que permitan analizar qué tan conectado se encuentra el ecosistema con actores “no tradicionales de la CTCl” y posibles usuarios(as) del conocimiento.

Adicionalmente, para dar cuenta del contexto que rodea al Ecosistema CTCl, y en el que este se desempeña, es necesario incorporar una capa adicional de información que en esta propuesta no se incluye. Esta capa es la caracterización general de las dimensiones económicas, sociales y ambientales del contexto del país, región o territorio (el sustrato en que se desarrolla el Ecosistema CTCl). Este constituye un set adicional de indicadores que debe acompañar el

grupo de indicadores propuestos para el Ecosistema CTCl propiamente tal y se recomienda que sea a nivel nacional, regional o local dependiendo a qué escala se quiere M&E el Ecosistema CTCl.

Atributos orientadores del Ecosistema CTCl

Para que un Ecosistema CTCl pueda contribuir de forma efectiva al desarrollo sostenible del país, además de ser robusto, lo que depende de su composición y los atributos descritos anteriormente, su funcionamiento debe ser direccionado y reflexivo. A continuación, se explican estos dos atributos en detalle.

Direccionado

La contribución del Ecosistema CTCl para transitar al desarrollo sostenible requiere de direccionamiento hacia objetivos asociados a este propósito. El conocimiento, la tecnología y la innovación no son neutras y pueden tener tanto efectos positivos como negativos. Es por ello que se requiere direccionar, al menos una parte importante de la CTCl, hacia objetivos deseados, ya sea para abordar los objetivos propios del desarrollo sostenible (ODS), como para aprovechar oportunidades provistas por ventajas competitivas y características propias del país o territorio[3]. Esta direccionalidad también se puede expresar en el desarrollo de la CTCl bajo ciertas consideraciones valóricas y éticas socialmente acordadas, como puede ser el desarrollo ético de la inteligencia artificial.

Este direccionamiento se manifiesta tanto en la investigación como en la adopción y desarrollo tecnológico e innovación, de hecho, no implica una menor valoración por el conocimiento fundamental o la “investigación básica”. Lo que sí implica, es que hay un tipo de investigación de base que está orientada a comprender fenómenos naturales y sociales que están vinculados a ciertas prioridades, como, por ejemplo, la geografía, la física y la historia asociada a

desastres naturales. Implica contar con investigación orientada que provea de conocimiento que permita comprender los sistemas socioecológicos locales, sobre la cual las posibilidades de convertir sistemas productivos o sociales, o crear nuevos, que serán la base de una transición a un desarrollo sostenible. No es posible desarrollar actividades humanas, sean estas productivas o sociales -sistemas de salud, de ordenamiento territorial, de educación, etc.- sostenibles, sin conocer los sistemas socioecológicos sobre los cuales estos funcionan, pudiendo integrar de forma efectiva y sistémica las dimensiones ambientales, sociales y económicas[51].

En materia de adopción, desarrollo tecnológico e innovación, el direccionamiento es fundamental, ya que los sistemas que sustentan y que proveen servicios a la sociedad como energía, alimentación, transporte, salud y educación, tienden a seguir la trayectoria que ya poseen (*path dependence*) y que históricamente ha creado serios problemas ambientales y sociales. Muchos elementos del sistema como las tecnologías utilizadas, la infraestructura instalada y las prácticas sociales generan restricciones al cambio (lo que se conoce como *lock-in*)[52]. Esto dificulta movilizar estos sistemas hacia modelos sostenibles por lo que es esencial apoyar espacios o nichos de cambio donde se están generando alternativas sostenibles de la mano de la CTCl (nuevas tecnologías, prácticas, instalación de infraestructura habilitante, cambios culturales, etc.)[53]. Para ello es necesario un direccionamiento estratégico de la políticas y actividades de CTCl. Por ejemplo, promover I+D asociada a energías limpias versus I+D asociada a energías con altas emisiones contaminantes, o bien habilitar espacios para desarrollo de innovaciones que desafían las prácticas dominantes (ej. agroecología).

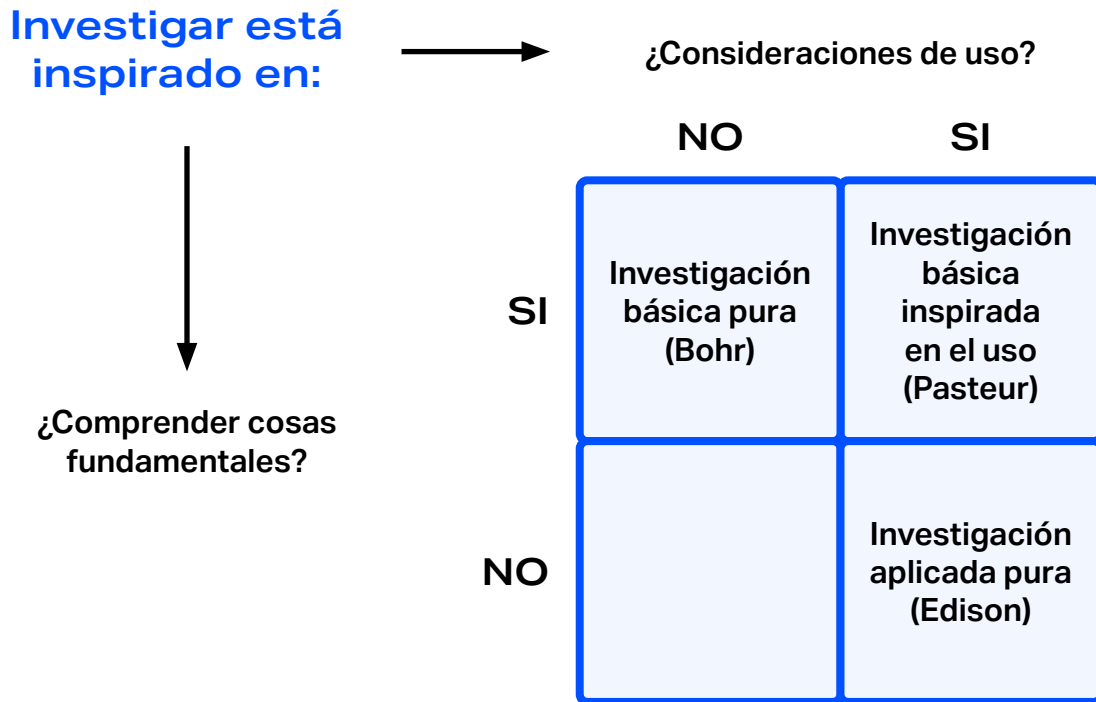
En cuanto al M&E del Ecosistema CTCl, esta dimensión genera la necesidad de incluir indicadores que permitan visibilizar y medir la direccionalidad de las actividades y políticas de CTCl. Por ejemplo, observar si los programas y el financiamiento público entregado tienen cierto direccionamiento y en qué ámbitos u objetivos se direcciona.

Asociado a ello es que resulta de utilidad considerar la clasificación de la I+D que propone Donald Stokes, en su libro *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation* (1997)[54], este propone un esquema que clasifica la investigación científica en función de dos dimensiones: (1) Búsqueda de entendimiento fundamental (¿el objetivo es ampliar el conocimiento básico?) y (2) Consideración de uso (¿la investigación busca resolver problemas prácticos?).

Con esas dos dimensiones, genera cuatro cuadrantes (ver figura 3):

- Cuadrante de Bohr: investigación básica pura (alta búsqueda de entendimiento, baja consideración de uso). Ej.: física atómica de Niels Bohr.
- Cuadrante de Edison: investigación aplicada (alta consideración de uso, baja búsqueda de entendimiento). Ej.: inventos de Thomas Edison.
- Cuadrante de Pasteur: investigación "inspirada por el uso" (alta búsqueda de entendimiento + alta consideración de uso). Ej.: Louis Pasteur, que investigaba mecanismos fundamentales de microbiología mientras resolvía problemas concretos como la pasteurización o vacunas.
- Cuadrante vacío: ni busca entendimiento ni aplicaciones (prácticamente irrelevante)[54].

FIGURA 3: PASTEUR'S QUADRANT: BASIC SCIENCE AND TECHNOLOGICAL INNOVATION

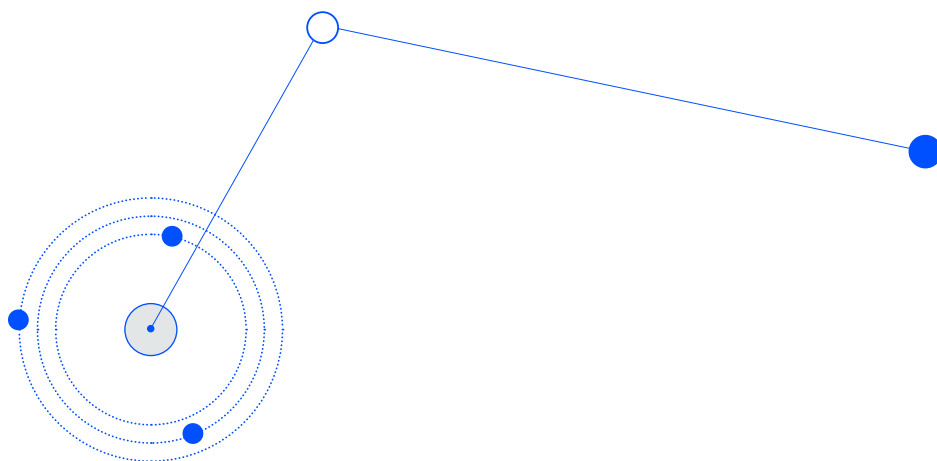


FUENTE: TRADUCIDO DE D. STOKES, 1997[54].

La clasificación propuesta para dar cuenta de la direccionalidad en el M&E es la siguiente:

- **Investigación orientada:** incluye aquella investigación con una consideración de un uso, que puede buscar el entendimiento fundamental de un fenómeno o sistema sociotécnico de interés asociado a un desafío u oportunidad particular o bien puede buscar el desarrollo de una tecnología o innovación de interés.
- **Investigación por curiosidad (no orientada):** incluye aquella investigación que busca el entendimiento fundamental de un fenómeno o tema sin una consideración de uso, guiada por la curiosidad de la persona que investiga.

Esta clasificación, a diferencia de la clasificación en investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental, no se basa en una concepción lineal de la I+D sino que permite reforzar la idea de direccionalidad. Busca enfatizar la importancia de la investigación orientada (clasificada generalmente como investigación básica) que busca una comprensión más profunda de ciertos fenómenos o sistemas pero con una orientación hacia un uso específico, por ejemplo, investigación para entender las características y el comportamiento de cuencas hídricas para generar mejores políticas para la gestión del recurso hídrico.



El atributo de direccionalidad implica, además, que los indicadores que se definan para el M&E deben ser coherentes con las diversas contribuciones que se esperan de la CTCI al desarrollo sostenible y no sólo aquellas orientadas al avance del conocimiento y al desarrollo económico. La contribución al desarrollo económico, mediante aumentos de la productividad y competitividad, y la diversificación productiva, son aportes fundamentales a la dimensión económica del desarrollo sostenible. Estos han sido los aportes dominantes tanto en el monitoreo como en la evaluación, y, por cierto, en las políticas de CTCI. Sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, las contribuciones al desarrollo sostenible son más diversas si consideramos aquellas enfocadas a integrar la dimensión social y ambiental. Esto está siendo reconocido de forma creciente en documentos internacionales y nacionales y se refleja en los marcos de políticas CTCI emergentes como la innovación transformativa[55]. Es necesario considerar contribuciones de la CTCI al desarrollo en aspectos como generación de conocimiento e innovación para la preservación y restauración de ecosistemas y para abordar desafíos sociales diversos (ej. en salud y educación), y para comprender las múltiples interacciones entre las dimensiones social, ambiental y económico, entre otros.

Las contribuciones diversas de la CTCI se traducen mediante distintos tipos de resultados o productos derivados de las actividades de CTCI. Los que han sido considerados predominantemente en los mecanismos de M&E de la CTCI son, en el caso de la investigación, las publicaciones científicas y, en el caso del desarrollo tecnológico y la innovación, la generación de activos de propiedad intelectual, generación de emprendimientos de base científico-tecnológica y aumento de productividad en las empresas. Si bien, todos ellos son contribuciones clave de un Ecosistema CTCI, no son las únicas. En el ámbito de la I+D existen múltiples tipos de resultados. Sólo por mencionar algunos podemos nombrar el aporte con conocimiento y evidencia a las políticas públicas, la generación de material y plataformas para la comunicación y divulgación del conocimiento, obras escritas en formatos distintos a las publicaciones científicas (pertinentes para ciertas disciplinas), repositorios o bancos de información científica, artefactos artísticos, literarios, digitales, entre muchos otros.

También es necesario considerar que, en el desarrollo de tecnología y la innovación, existen resultados que no necesariamente se traducen en productos para el mercado, sino que en agregar valor en otros espacios, estos se deben considerar en el desa-

rollo de indicadores. Por ejemplo, en el caso de la innovación pública se busca la generación e implementación de cambios significativos en el quehacer de los servicios del Estado, con el objetivo de resolver problemas relevantes de la sociedad, que respondan a las necesidades y expectativas de la ciudadanía, aprovechando las capacidades y potencial de cada institución[56]. También es el caso de otros tipos de innovación, como la innovación social, que consiste en el desarrollo de productos, procesos, servicios o modelos novedosos, sustentables e inclusivos que busquen la solución a problemáticas o necesidades sociales, incluyendo aquellas dirigidas a la población más vulnerable. Esta construcción se da mediante un trabajo colaborativo en la cual se vincula la sociedad civil y potenciales beneficiarios, donde el valor generado es distribuido en la sociedad, sin desmedro de la generación de beneficio privado[57].

Finalmente, cabe destacar que al analizar una contribución particular del Ecosistema CTCl será necesario incorporar variables que trascienden a la CTCl como tal y se asocian a objetivos de desarrollo. Por ejemplo, indicadores que den cuenta de las tendencias de patentamiento en tecnologías limpias o desarrollo de investigación en determinada enfermedad. En este caso estos indicadores deben ser definidos de acuerdo al objetivo planteado y son seleccionados caso a caso. En esta propuesta no se incorporan este tipo de indicadores ya que deben ser elegidos de acuerdo a las orientaciones y objetivos que se incluyan en estrategias o políticas específicas que se quiera monitorear y evaluar.

Reflexivo:

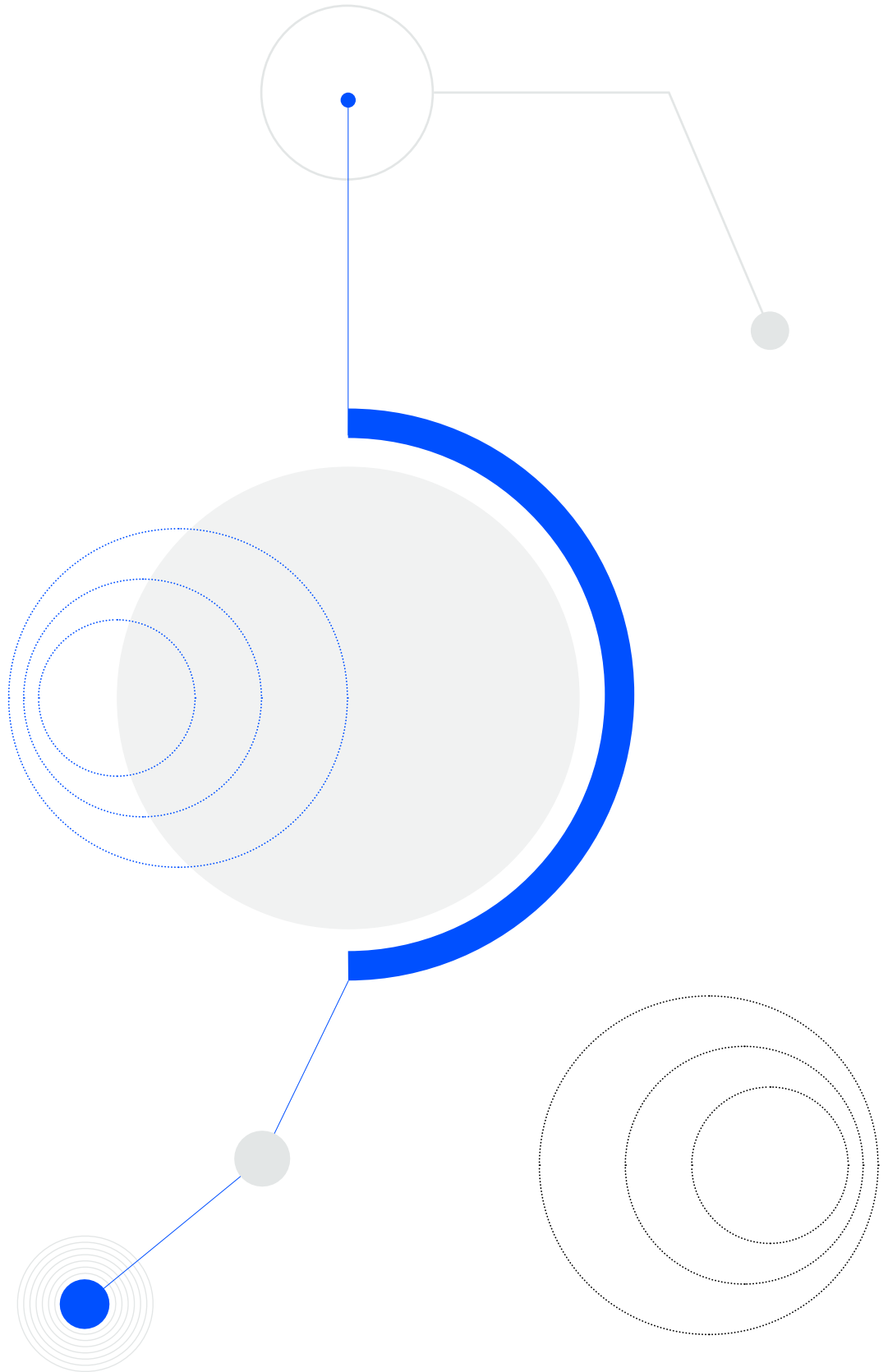
Un Ecosistema CTCl debe ser reflexivo en su funcionamiento, es decir, debe contar con capacidades de autoevaluación, aprendizaje colectivo e institucional que permita un ajuste dinámico de las políticas y del ecosistema en su conjunto. La reflexividad implica

desarrollar mecanismos de evaluación continua, aprendizaje institucional y ajuste de estrategias, lo que evita caer en trayectorias rígidas o en políticas que se mantienen pese a perder efectividad.

Por ejemplo, la literatura sobre innovación transformativa subraya que los Ecosistemas de CTCl necesitan ser capaces de interrogar sus propios supuestos, prácticas y objetivos, generando procesos de aprendizaje colectivo entre actores públicos, privados y sociales. Schot y Steinmueller (2018) señalan, “la política de innovación debe volverse reflexiva, cuestionando no sólo la eficacia de los instrumentos, sino también la formulación de los problemas, la inclusión de las partes interesadas y los objetivos que se persiguen”[58]. En la misma línea, Kuhlmann y Rip (2018) destacan que las políticas de innovación deben desarrollar “capacidades reflexivas para abordar retos sociales controvertidos, desarrollos no lineales y bifurcaciones”[59].

En el campo de la prospectiva y la gobernanza anticipatoria, esta capacidad reflexiva se reconoce como un componente indispensable para que los ecosistemas científicos y de innovación puedan ajustar sus prioridades, responder a crisis inesperadas y mantenerse alineados con los objetivos de desarrollo sostenible. La OCDE (2020), por su parte, afirma que la gobernanza anticipatoria requiere de capacidad institucional de aprendizaje continuo y experimentación y poder adaptar políticas a medida que las condiciones del entorno cambian[60].

En el marco del M&E del Ecosistema CTCl, la reflexividad implica incluir indicadores que den cuenta de la existencia de mecanismos de aprendizaje institucional, capacidades de prospectiva y anticipación y de la apertura del sistema a integrar nuevas visiones, actores y conocimientos.



PROPUESTA DE DIMENSIONES E INDICADORES

En esta sección se proponen dimensiones e indicadores para el monitoreo del Ecosistema Nacional de CTCl que, a su vez, sirvan como base para realizar evaluaciones del desempeño del Ecosistema CTCl. La propuesta se basa en los elementos, fundamentos y análisis desarrollados en las secciones anteriores del documento, incluyendo el análisis de indicadores usados en índices de innovación, reportes internacionales y nuevas metodologías (Anexo 2) y en entrevistas realizadas (Anexo 1).

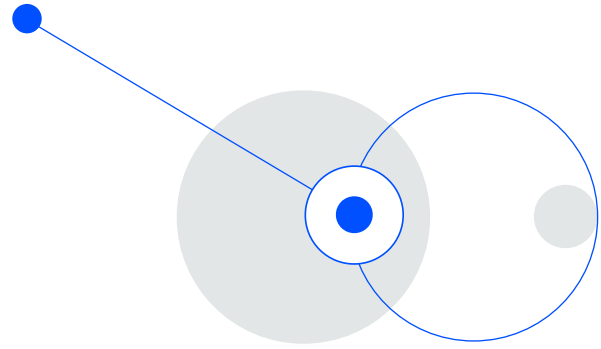
Esta propuesta para el M&E del Ecosistema CTCl se desarrolló considerando como objetivo el levantar información de base para:

- Caracterizar de forma integral y sistémica el Ecosistema CTCl
- Observar evolución temporal de los componentes y del Ecosistema CTCl
- Comparar el Ecosistema CTCl local con otras regiones o países
- Informar la generación de orientaciones estratégicas y diseño de políticas basadas en las características del ecosistema (evidencia)
- Aportar información útil para evaluar el efecto de intervenciones (políticas y programas) en el Ecosistema

Para la selección de categorías, dimensiones e indicadores se tomó en cuenta una serie de consideraciones que son relevantes de mencionar.

1. Se buscó adoptar definiciones y estándares internacionales con el fin de permitir la comparación con otros países o territorios, sin dejar de lado métricas que son pertinentes a nivel nacional y no son comparables.
2. Se privilegió, cuando era posible, el uso de indicadores donde existen fuentes de información oficiales que se actualizan de forma periódica. Esto permite analizar indicadores en el tiempo para ver la evolución temporal del Ecosistema CTCl.
3. Se buscó tener una mirada sistémica y holística abordando todas las diferentes dimensiones del Ecosistema CTCl, lo que dificulta una mirada en profundidad de cada dimensión en particular y hace necesario incorporar información adicional para ese objetivo.
4. Se plantean indicadores asociados a la CTCl, sin entrar en análisis temáticos específicos, por ejemplo, se incluyen indicadores de publicaciones y patentes, pero no estos productos asociados a un tema específico (ej. publicaciones y patentes asociadas a transición energética). En el material revisado se observa que los reportes de CTCl están crecientemente incorporando, junto con los indicadores tradicionales, análisis temáticos donde usan indicadores específicos para evidenciar la contribución de la CTCl al desarrollo sostenible³. Se recomienda que los análisis temáticos sean realizados caso a caso, dado que deben responder a las orientaciones y objetivos planteados en las estrategias o políticas de CTCl a monitorear y evaluar. Se incorpora un ejemplo de cómo usar los indicadores propuestos para medir la contribución de la CTCl al crecimiento sostenible, obtenido del reporte publicado por la OCDE que propone métricas para ello[61].

³ Por ejemplo, en el caso de la OCDE el último reporte STI Outlook plantea el rol de la CTCl en las transiciones sostenibles, usando indicadores como presupuestos públicos para I+D en energías bajas en carbono y porcentaje de patentes en tecnologías relacionadas con el cambio climático[1]. En el caso de la RICYT su reporte del estado de la Ciencia ha ido incorporando dossier temáticos (el último en bioeconomía) donde analizan cantidad de publicaciones en el tema y exponen casos de interés[61].



5. Finalmente, se incluyen indicadores de productos y resultados y no se incluyen indicadores de impacto (componentes utilizados en la Teoría de Cambio, ver sección anterior). El motivo de esto es que los indicadores para evaluar el impacto dependerán de los objetivos que se busquen con las estrategias y políticas de CTCl. Por ejemplo, si estas apuntan a que la CTCl contribuya en el aspecto productivo se incorporarán indicadores asociados a aumentos de productividad y crecimiento económico. Si se apunta a contribuciones de la CTCl en la dimensión medioambiental se pueden incorporar indicadores como disminución de emisiones de CO₂ per cápita. Si se apunta a la dimensión social se consideran indicadores como disminución de la pobreza. En el enfoque de CTCl que contribuye al desarrollo sostenible serán necesarios indicadores que consideren las tres dimensiones. Se recomienda incorporar la categoría de impacto acorde a los objetivos y necesidades específicas y al contexto, siempre teniendo en cuenta que el impacto depende de múltiples factores que van más allá del desempeño del Ecosistema CTCl. Como referencia se pueden ver los indicadores de impacto usados en el *innovation tracker* del Índice Global de Innovación (Anexo 2).

Para efectos de esta propuesta para el M&E del Ecosistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (Ecosistema CTCl), este se

define como un sistema abierto, dinámico y complejo compuesto por una red interdependiente de actores —incluyendo instituciones de I+D+i, universidades, empresas, organismos públicos, organizaciones de la sociedad civil, individuos que desempeñan actividades de CTCl y sistemas de conocimiento local— que interactúan bajo un marco institucional, normativo y cultural determinado. Este ecosistema desarrolla y orienta procesos de generación, circulación, apropiación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico. Esta noción de ecosistema se enmarca dentro de un enfoque de política que busca impulsar la CTCl y su impacto en el desarrollo sostenible.

Esta definición enfatiza una forma de analizar el Ecosistema CTCl. Primero, parte por el análisis de los componentes del ecosistema (sus actores, sus interrelaciones y atributos), los que haciendo un paralelo con un ecosistema natural, serían equivalentes a las especies que existen dentro del ecosistema (y sus atributos como la biodiversidad y complejidad). Segundo, un análisis de los procesos y dinámicas que ocurren dentro del Ecosistema CTCl, en este caso las actividades CTCl (desarrollo de capacidades institucionales; desarrollo de capacidades humanas; investigación; desarrollo tecnológico, adopción tecnológica y transferencia de conocimiento; innovación y emprendimiento de base científico-tecnológica y; vinculación con la sociedad). En un paralelo con los ecosistemas naturales, estas serían las funciones y procesos biogeoquímicos que ocurren en un ecosistema natural. En tercer lugar,

las condiciones habilitantes del Ecosistema, que son aquellas que dan condiciones para el desarrollo del Ecosistema CTCl y que posibilitan sus múltiples contribuciones al desarrollo sostenible (es decir serán los que permitirán resultados a largo plazo e impacto a nivel sistémico). Siguiendo con el paralelo con los ecosistemas naturales, estas serían condiciones como las características del suelo en que se sitúa el ecosistema natural. En cuarto lugar, análisis de los productos y resultados que emanan del sistema, que están dados por todos los elementos anteriores, y que en los ecosistemas naturales equivaldrían a los servicios ecosistémicos provistos por un ecosistema natural (purificación del aire, producción de agua limpia, regulación del clima por parte de los bosques, entre otros).

Esta forma de comprender y analizar el Ecosistema CTCl busca acentuar la necesidad de considerar las interacciones entre los distintos elementos de Ecosistema CTCl y reconocer su complejidad y dinamismo, propios de los sistemas adaptativos complejos. Los sistemas adaptativos complejos son sistemas que implican muchos componentes que se adaptan o aprenden a medida que interactúan[39]. Esta perspectiva implica entender que el Ecosistema CTCl no puede ser concebido como un conjunto de piezas aisladas, sino como una red de agentes diversos que coevoluciona en interacción constante, generando propiedades emergentes que no pueden predecirse únicamente a partir de sus partes.

Dado que estos Ecosistemas CTCl no operan en el vacío, sino que se configuran y evolucionan en interacción con su entorno externo, es que se requiere además considerar el contexto social, económico, institucional y ambiental del lugar donde se sitúan (“*landscape*” en literatura de transiciones). Ejemplos de estos indicadores son: PIB per cápita, índice de Gini, emisiones de CO₂ per cápita, inversión extranjera directa, contribución de las energías

renovables al suministro total de energía primaria, entre otras[11]. En un paralelo con ecosistemas naturales, estas podrían ser las condiciones climáticas en que se desarrolla este ecosistema, que si bien es un factor externo afecta en cómo este se desarrolla, y también es afectado por él. Al igual que en ecología, donde los sistemas vivos no solo producen “servicios” hacia afuera, sino que esos servicios retroalimentan el sistema (por ejemplo, los bosques regulan su propio clima), el Ecosistema CTCl también genera cambios en este contexto y existe permanente retroalimentación. Los indicadores que se utilicen para caracterizar el contexto serán a nivel nacional en el caso de un sistema de M&E del Ecosistema Nacional y en un sistema de M&E a nivel regional o local (que puede utilizar el modelo propuesto como ejemplo) se debe caracterizar el contexto a nivel regional o local.

Otra diferencia de esta forma de comprensión y análisis, respecto de los enfoques lineales empleados en marcos tradicionales e indicadores clásicos, es que el foco no está en los *inputs* y *outputs* del Ecosistema CTCl. El modelo propuesto adopta un orden endógeno y sistémico, que busca reconocer la interacción y retroalimentación entre todos los componentes, procesos, resultados, condiciones habilitantes del Ecosistema CTCl y su contexto.

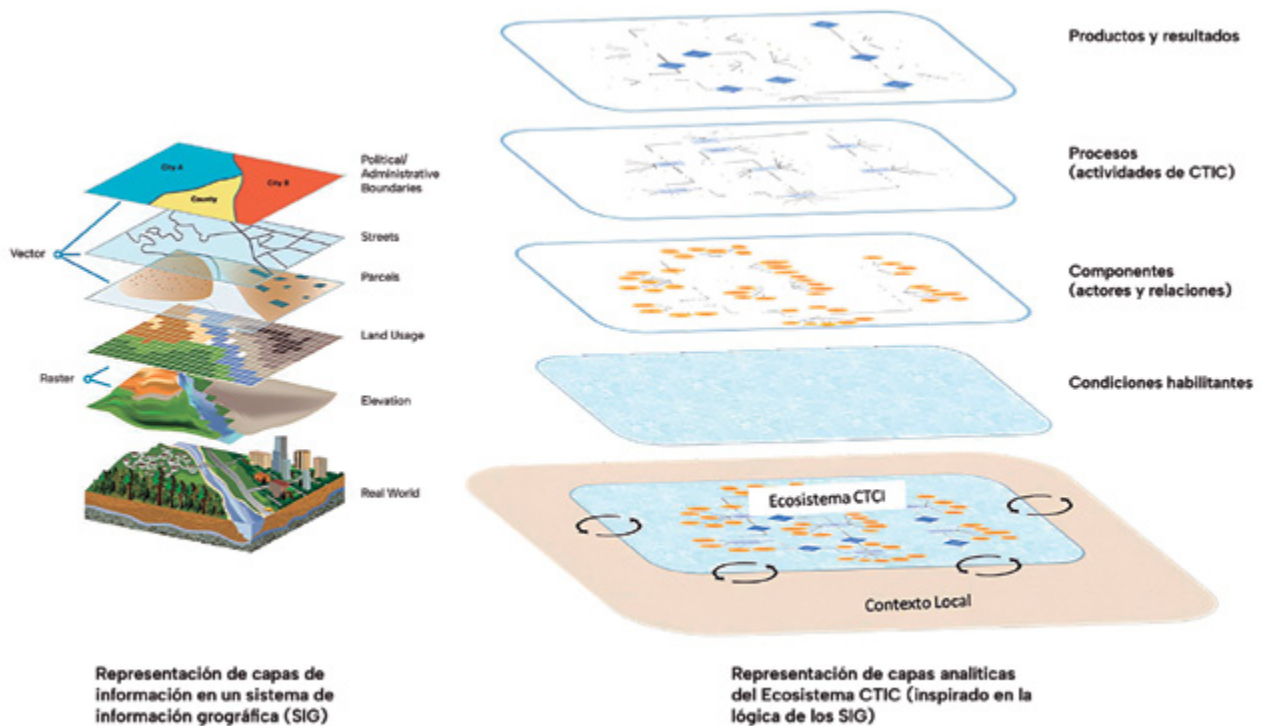
Esto se alinea con la literatura sobre sistemas nacionales de innovación[32], [35] y con la visión más contemporánea de sistemas sociotécnicos de innovación transformativa[37], [58], que conciben la innovación como un proceso sociotécnico complejo y adaptativo.

Para representar visualmente el Ecosistema CTCl se utiliza una analogía funcional basada en capas de información, inspirada en la lógica empleada por los sistemas de información geográfica (SIG). En los SIG, las distintas capas de información —como suelo, vegetación, uso del territorio o infraestructura—

se superponen para ofrecer una visión integral del territorio a partir de dimensiones complementarias. De modo análogo, el modelo del Ecosistema CTCI organiza la información en capas analíticas interrelacionadas — condiciones habilitantes; componentes; procesos; y productos y resultados—, cada una de las cuales aporta una perspectiva específica sobre la estructura, dinámica y desempeño del sistema. Ver figura 4.

Esta analogía permite segmentar el análisis para abordar la complejidad del Ecosistema CTCI sin fragmentarlo conceptualmente: cada capa representa una parte del sistema, pero sólo adquiere sentido en interacción con las demás. De esta forma, el modelo refuerza la modularidad del análisis, la interdependencia entre niveles y la posibilidad de integrar múltiples dimensiones en una lectura unificada del ecosistema.

DIAGRAMA DE REPRESENTACIÓN DE CAPAS DE INFORMACIÓN PARA EL M&E DEL ECOSISTEMA CTCI Y COMPARACIÓN CON MODELO DE CAPAS EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



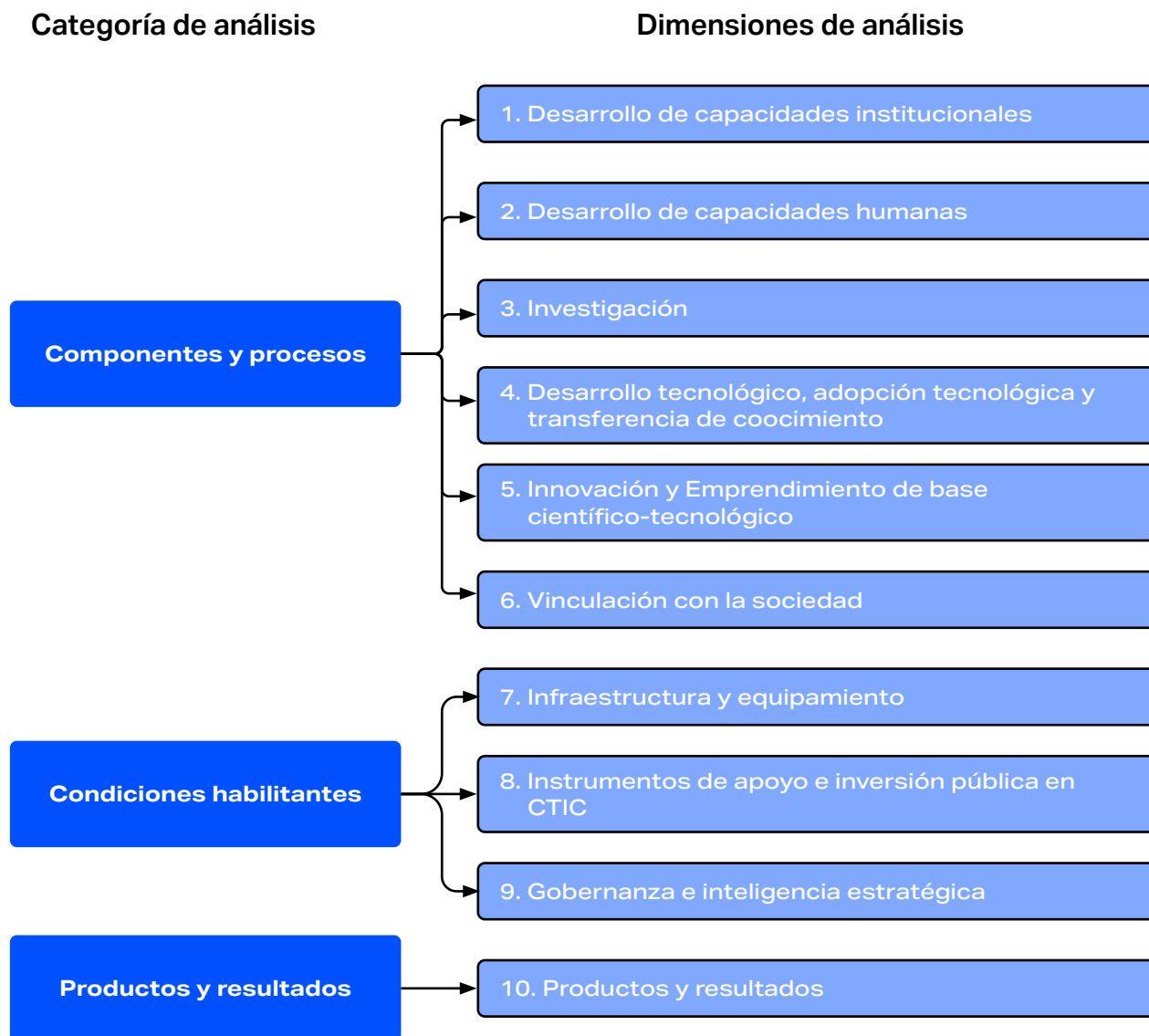
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para el sistema de monitoreo y evaluación (M&E) del Ecosistema CTCl, se integran en una única categoría de análisis las capas de componentes y procesos, mientras que se mantienen separadas las capas de condiciones habilitantes y productos y resultados, conformando así tres grandes categorías:

1. Componentes y procesos (actores, sus atributos, relaciones y actividades de CTCl).
2. Condiciones habilitantes.
3. Productos y resultados.

Esta decisión metodológica busca facilitar la operacionalización del sistema de M&E, ya que permite construir indicadores que capturen simultáneamente las características de los actores del ecosistema y las actividades que desarrollan. En la práctica, ambos niveles —componentes y procesos— suelen medirse a partir de las mismas fuentes estadísticas y bases de datos, lo que refuerza la coherencia analítica. Por ejemplo, el indicador “número de empresas que realizan innovación” puede complementarse con otros derivados de la misma fuente, como “tipo de innovación implementada” o “relaciones de cooperación establecidas con otros actores”, todos ellos obtenidos a partir de la Encuesta Nacional de Innovación en Empresas. De esta forma, la integración de categorías contribuye a optimizar el uso de información existente y a facilitar una mirada más integral.

En cada una de las tres categorías del sistema de M&E se definen dimensiones de análisis, orientadas a agrupar indicadores en torno a temas o ámbitos específicos. Estas dimensiones se presentan en la figura siguiente. No se incluye en esta propuesta los indicadores que dan cuenta del contexto local donde se sitúa el Ecosistema CTCl, esto debe ser incorporado como un aspecto complementario a las dimensiones e indicadores propuestas que son propias del Ecosistema CTCl.

FIGURA 5. PROPUESTA DE CATEGORÍAS Y DIMENSIONES DE ANÁLISIS PARA EL M&E DEL ECOSISTEMA NACIONAL DE CTCI


La propuesta incluye 10 dimensiones, 32 subdimensiones y 242 indicadores en total, el listado completo se presenta en planilla complementaria a este reporte. En la siguiente sección, se presenta el detalle asociado a cada categoría y dimensión, junto con el listado de indicadores propuestos para cada una de ellas. Junto con esto, se incluyen fuentes de información que fueron identificadas en el proceso.

La desagregación que se utiliza en algunos de los indicadores (sexo, región, áreas del conocimiento, sector de la institución -Estado, Empresas, Instituciones Privadas sin Fines de Lucro (IPSFL) e Instituciones de Educación Superior-, objetivo socioeconómico, funciones principales de los Institutos Tecnológicos Públicos), se detalla en el Anexo 3.

En la propuesta se han considerado indicadores del Ecosistema CTCl desagregados a nivel regional para dar cuenta de la dimensiones territorial y la distribución de capacidades y actividades de CTCl. Es decir, se incorporan indicadores que permiten dar cuenta en general de la realidad regional versus la nacional para identificar aspectos como la concentración de capacidades en ciertas regiones del país. Esta desagregación regional solo permite tener un panorama muy general de las regiones, por ello, se recomienda desarrollar un sistema de M&E a nivel regional para cada región que pueda recoger en detalle las particularidades de ese territorio y su ecosistema CTCl, para ello serán necesarios indicadores adicionales que pueden ser diferentes para cada región y que aquí no se incluyen.

Los indicadores en negritas son aquellos que están presentes en índices o bases de datos de indicadores tradicionales de CTCl y su uso permite hacer comparaciones con otros países. Estas comparaciones deben siempre considerar los diferentes contextos de los países o territorios que se están comparando dado que serán determinantes en el desempeño de un Ecosistema CTCl. Por ejemplo, el nivel de inversión empresarial en I+D de los países depende de su estado de desarrollo[62], la estructura de su matriz productiva, las condiciones socioeconómicas, entre muchas otras variables.

En las tablas con los indicadores propuestos en la sección siguiente, se señala además cuando un indicador está asociado a uno o más atributos del Ecosistema CTCl que se quiere relevar (diverso, interconectado, distribuido, vinculado con su contexto, direccionado y reflexivo). Para definir si un indicador contribuye a dar cuenta de alguno de estos atributos se utilizan los criterios expuestos a continuación.

- **Diverso:** se considera que un indicador contribuye a dar cuenta de este atributo cuando permite ver diversidad en: tipos de actores y roles dentro del Ecosistema CTCl (incorporando roles tradicionalmente no presentes en los indicadores CTCl); áreas del conocimiento; objetivos socioeconómicos y sexo de los actores del Ecosistema CTCl.
- **Interconectado:** se considera que un indicador contribuye a dar cuenta de este atributo cuando permite ver qué tan conectados están los distintos actores dentro del Ecosistema CTCl y cuánto colaboran, incluyendo tanto a organizaciones como a individuos. Esta conexión y colaboración puede ser a nivel nacional o internacional.
- **Distribuido:** se considera que un indicador contribuye a dar cuenta de este atributo cuando permite ver la distribución territorial de capacidades, actividades, productos y resultados de la CTCl. En este caso se propone observar esta distribución a nivel de regiones del país. Progresivamente se recomienda avanzar a sistemas de M&E de Ecosistemas CTCl a nivel de región, comuna o territorio de interés.
- **Vinculado con su contexto:** se considera que un indicador contribuye a dar cuenta de este atributo cuando permite caracterizar las condiciones de entorno en que se desarrolla el Ecosistema CTCl, incluyendo marcos normativos, las estructuras de incentivos, las capacidades institucionales de CTCl, entre otros. Además, indicadores que permitan analizar qué tan conectado se encuentra el Ecosistema con actores no tradicionales de la CTCl y posibles usuarios(as) del conocimiento.
- **Direccionado:** se considera que un indicador contribuye a dar cuenta de este atributo cuando permite visibilizar y medir la direccionalidad de las actividades y políticas de CTCl, es decir que tan orientadas se encuentran hacia determinados objetivos o propósitos.

- **Reflexivo:** se considera que un indicador contribuye a dar cuenta de este atributo cuando permite observar capacidades que permiten que el ecosistema sea reflexivo, por ejemplo, capacidades de prospectiva y anticipación. Así como también, indicadores para observar el desarrollo de actividades que incentiven el aprendizaje y la reflexión como las actividades de monitoreo y evaluación.

A continuación se presentan los indicadores por categoría y dimensión. Dado que los indicadores más conocidos se encuentran en la Categoría 3.Productos y Resultados, se presenta esta categoría primero, seguida de la Categoría 1.Componentes y Procesos y 2.Condiciones Habilitantes.

Categoría 3. Productos y resultados

Esta categoría comprende los productos y resultados generados a partir de las actividades del Ecosistema CTCI. No se incluyen indicadores de impacto, los cuales exceden el alcance de este sistema de M&E. Los productos (outputs) corresponden a los bienes, servicios, prácticas o conocimientos directamente generados por las actividades de CTCI, reflejando el desempeño inmediato del sistema y su capacidad de ejecución. Los resultados (outcomes) se refieren a los cambios observables en capacidades, comportamientos, actividades, relaciones o contextos institucionales que surgen como consecuencia de las actividades de CTCI y de los productos generados. Los impactos, en cambio, representan cambios estructurales, culturales o sistémicos de largo plazo que ocurren cuando los resultados del Ecosistema CTCI se consolidan y se combinan con factores externos, generando transformaciones en los ámbitos social, económico y ambiental. En la siguiente tabla se explican las diferencias entre productos, resultados e impacto, basados en marcos conceptuales de teoría de cambio e innovación transformativa[1], [58], [63].

TABLA 2. DIFERENCIAS ENTRE PRODUCTOS, RESULTADOS E IMPACTO

Tipo	Definición	Temporalidad	Ejemplos
Productos (Outputs)	Son los bienes, servicios, prácticas o conocimientos directamente generados por las actividades de CTCl. Reflejan el desempeño inmediato del sistema y su capacidad de ejecución.	Corto o mediano plazo	Publicaciones, patentes, prototipos, startups de base científica.
Resultados (Outcomes)	Son los cambios observables en capacidades, comportamientos, actividades, relaciones o contextos institucionales que derivan de las actividades de CTCl y sus productos.	Mediano o largo plazo	Adopción de innovación en sectores productivos, uso de evidencia científica en políticas públicas, colaboración intersectorial.
Impactos	Son cambios estructurales, culturales o sistémicos de largo plazo que se producen cuando los resultados del Ecosistema CTCl se consolidan y se combinan con factores externos, generando transformaciones en los ámbitos social, económico y ambiental. Estos cambios reflejan la influencia del Ecosistema CTCl en el desarrollo, pudiendo tener efectos positivos o negativos según el contexto y las dinámicas que los acompañen.	Largo plazo	Cambios en patrones de producción y consumo sostenibles, reducción de desigualdades territoriales, transición hacia economías bajas en carbono, mejoras en el bienestar social y ambiental.

A continuación se presenta la tabla con los indicadores seleccionados para esta dimensión. Los indicadores en negritas corresponden a indicadores estándar que se miden a nivel internacional y permiten la comparación con otros países. Después de la tabla de indicadores propuestos para cada

dimensión, se muestra un recuadro con un ejemplo de cómo se podrían adaptar estos indicadores para dar cuenta de la contribución de la CTCl al crecimiento sostenible, este ejemplo puede replicarse para otros objetivos de desarrollo que se quieran monitorear y evaluar.

TABLA 3. DIMENSIÓN 10: PRODUCTOS Y RESULTADOS

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
10. Productos y resultados	Publicaciones y producción de conocimiento (productos)	Cantidad total de publicaciones indexadas y citas (incluye todos los tipos de publicaciones indexadas: artículos de investigación, proceeding papers, revisiones, resumen de reuniones, revisión de libros, cartas, libros, críticas, entre otros)	Dataciencia ANID: Muestra la cantidad de publicaciones con dominio Chile según tipo por año. Publicaciones WoS (Ediciones: ISSHP, ISTP, AHCI, SSCI, SCI), Scopus, SciELO Chile.	X					
		Cantidad total de publicaciones científicas y citas por región (incluye todos los tipos de publicaciones indexada: artículos de investigación, proceeding papers, revisiones, resumen de reuniones, revisión de libros, cartas, libros, críticas, entre otros)		X		X			
		Cantidad total de publicaciones indexadas según tipo (artículos de investigación, proceeding papers, revisiones, resumen de reuniones, revisión de libros, cartas, libros, críticas, entre otros)		X					
		Cantidad total de publicaciones indexadas por cada mil investigadores(as) Jornada Completa Equivalente (JCE)	Dataciencia y Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en Investigación y Desarrollo (I+D)*				X		
		Cantidad total de publicaciones indexadas según área del conocimiento Field of Science (FOS) y porcentaje del área respecto al total de publicaciones							

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
10. Productos y resultados	Publicaciones y producción de conocimiento (productos)	Cantidad total de publicaciones indexadas según área del conocimiento <i>Field of Science</i> (FOS) y porcentaje del área respecto al total de publicaciones	Dataciencia	X					
		Porcentaje de publicaciones indexadas en acceso abierto: proporción de artículos científicos de autores chilenos publicados en revistas o repositorios Open Access (<i>Gold, Green, Hybrid</i>).	Se puede usar Web of Science, Scopus, SciELO Chile (usados por Dataciencia ANID) o usar plataformas abiertas como Open Alex que son gratuitas		X				
		Porcentaje de publicaciones indexadas que incluyen colaboración entre instituciones nacionales			X				
		Porcentaje de publicaciones indexadas que incluyen colaboración internacional			X				
		Interdisciplina: co-publicaciones entre distintas áreas científicas (inter-FOS) en publicaciones científicas indexadas con al menos un autor con filiación chilena		X	X				
	Publicaciones y producción de conocimiento (productos)	Interdisciplina: Citas en artículos científicos entre distintas áreas del conocimiento (FOS) en publicaciones científicas indexadas con al menos un autor con filiación chilena		X	X				
		Número de reportes con información científica orientados a informar la elaboración de normas, leyes o políticas.		X		X	X		

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
10. Productos y resultados	Publicaciones y producción de conocimiento (productos)	Número de solicitudes de patentes presentadas por residentes en una oficina nacional o regional de patentes (ej. Oficina Europea de Patentes) por mil millones de PIB por paridad de compra (PPP).	INAPI: Estadísticas en la web		X		X		
		Número de solicitudes internacionales de patentes bajo el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT) por mil millones de PIB PPP.			X		X		
		Número de solicitudes de modelos de utilidad presentadas por residentes por mil millones de PIB PPP.			X		X		
		Número de diseños industriales de residentes presentadas en oficinas nacionales o regionales (ej. Oficina Europea de Patentes) por mil millones de PIB PPP.			X		X		
		Número de solicitudes de patentes de invención presentadas por residentes en una oficina nacional o regional de patentes (ej. Oficina Europa de Patentes) por sector tecnológico (clasificación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI))			X	X		X	X
		Número de solicitudes de patentes de invención presentadas por residentes en una oficina nacional o regional (ej. Oficina Europa de Patentes) de patentes por región de residencia de inventor(a)				X	X	X	

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
10. Productos y resultados	Publicaciones y producción de conocimiento (productos)	Número de solicitudes de modelos de utilidad por país solicitante, tipo de solicitante (residente/no residente)	INAPI: Estadísticas en la web		X		X		
		Número de solicitudes de modelos de utilidad por país solicitante, tipo de solicitante (residente/no residente) por región			X	X	X		
		Número de obras científicas (base de datos, proyecto de ingeniería, entre otras) protegidos por derecho de autor.	El Observatorio cultural cuenta con datos desagregados sólo de 2018-2019 observatorio. cultura.gob.cl	X			X		
Creatividad en línea (productos)		Número de dominios de código de país (".cl") por cada mil habitantes entre 15 y 69 años.	NIC Chile (Universidad de Chile)	X			X		
		Commits en GitHub/millón hab. 15-69: Suma de cambios confirmados (commits) en proyectos públicos de GitHub por millón de habitantes entre 15 y 69 años. GitHub es el mayor alojamiento de código fuente del mundo, y un «commit» es el término utilizado para referirse a un cambio en esta plataforma. Se pueden guardar (o enviar) uno o varios commits a proyectos (o repositorios). Por lo tanto, «commits recibidos en GitHub» se refiere al número de cambios por lotes recibidos por proyectos disponibles públicamente en GitHub dentro de una economía específica.		X			X		

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
10. Productos y resultados	Fortalecimiento de capacidades CTCI (Resultados)	Aumento del presupuesto público para CTCI, nacional y por región	Informe de Análisis y Evolución del Presupuesto CTCI: 2013 - 2023			X			
	Fortalecimiento de colaboración (Resultados)	Aumento de colaboración entre instituciones nacionales en base a análisis de redes de coautoría de publicaciones científicas (número de instituciones en la red, cantidad de vínculos y centralidad de instituciones)	Se puede usar Web of Science, Scopus, SciELO Chile (usado por Dataciencia ANID) o usar plataformas abiertas como Open Alex que son gratuitas	X	X				
		Aumento de colaboración entre instituciones nacionales e internacionales en base a análisis de redes de coautoría de publicaciones científicas (número de instituciones en la red, cantidad de vínculos y centralidad de instituciones)		X	X				
	Percepción social de la CTCI (Resultados)	Nivel percibido de cuánto ha aportado la ciencia, tecnología, conocimiento e innovación en el desarrollo de Chile en los últimos dos años	Encuesta de percepción social de la CTCI		X		X		X
Percepción de riesgo que implica la CTCI: ¿Cuánto riesgo traerá para nuestro mundo el desarrollo de la ciencia y la tecnología en los próximos 20 años?				X		X		X	

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
10. Productos y resultados	Percepción social de la CTCI (Resultados)	Porcentaje de la población encuestada en los distintos perfiles (Cercanos/as a la ciencia, Alejado/a pero con interés y Desligado/a de la ciencia)	Encuesta de percepción social de la CTCI		X		X		X
		Porcentaje de la población encuestada en los distintos perfiles (Cercanos/as a la ciencia, Alejado/a pero con interés y Desligado/a de la ciencia) según sexo		X	X		X	X	
		Porcentaje de la población encuestada en los distintos perfiles (Cercanos/as a la ciencia, Alejado/a pero con interés y Desligado/a de la ciencia) según región			X	X	X	X	
	Usos de la CTCI (Resultados)	Número total y porcentaje de nuevas leyes o normas que utilizan evidencia científica (convocan expertos, solicitan reportes especializados y/o citan evidencia científica).		X		X		X	
		Tasa de explotación de patentes: patentes en uso / patentes concedidas. Patentes en uso son aquellas que están siendo utilizadas para producir bienes o servicios, licenciadas, o que generan ingresos por derechos de propiedad intelectual.	Un dato que puede ser usado como proxy para patentes en uso es el de patentes vigentes (INAPI)		X		X		

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
		Exportaciones de alta tecnología (Porcentaje del comercio total): incluye productos técnicos con una alta intensidad de I+D, según la clasificación de Eurostat, que se basa en la Standard International Trade Classification (SITC) Revisión 4 y la definición de la OCDE. Los productos pertenecen a los siguientes sectores: aeroespacial; ordenadores y máquinas de oficina; electrónica y telecomunicaciones; farmacia; instrumentos científicos; maquinaria eléctrica; química; maquinaria no eléctrica; y armamento.	United Nations Comtrade Database; y World Trade Organization and United Nations Conference on Trade and Development		X		X	X		
		Importaciones de alta tecnología (Porcentaje comercio total): idem anterior.	World Trade Organization and United Nations Conference on Trade and Development, Trade in Commercial Services database (https://stats.wto.org/)		X		X	X		

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
		Exportaciones de servicios de telecomunicaciones, computación e información como porcentaje del comercio total (Porcentaje del comercio total): según la Clasificación ampliada de servicios de la balanza de pagos de la OCDE (EBOPS 2010), codificada como SI: Servicios de telecomunicaciones, informática e información. Los valores se basan en la clasificación de la sexta edición (2009) del Manual de Balanza de Pagos y Posición de Inversión Internacional del Fondo Monetario Internacional y en la base de datos de la balanza de pagos. El comercio total se define como la suma de las importaciones totales de bienes del código G y servicios comerciales del código SOX (excluidos los bienes y servicios gubernamentales no incluidos en otra parte) más las exportaciones totales de bienes del código G y servicios comerciales del código SOX (excluidos los bienes y servicios gubernamentales no incluidos en otra parte), dividida por 2. Según la sexta edición del Manual de Balanza de Pagos del Fondo Monetario Internacional, la partida «Bienes» abarca las mercancías generales, las exportaciones netas de bienes en régimen de comercio y el oro no monetario. La categoría «servicios comerciales» se define como la suma de «servicios» menos «bienes y servicios gubernamentales no incluidos en otra parte».	World Trade Organization and United Nations Conference on Trade and Development, Trade in Commercial Services database (https://stats.wto.org/)		X		X	X		
		Importación de servicios TIC (Porcentaje comercio total): idem anterior			X		X	X		

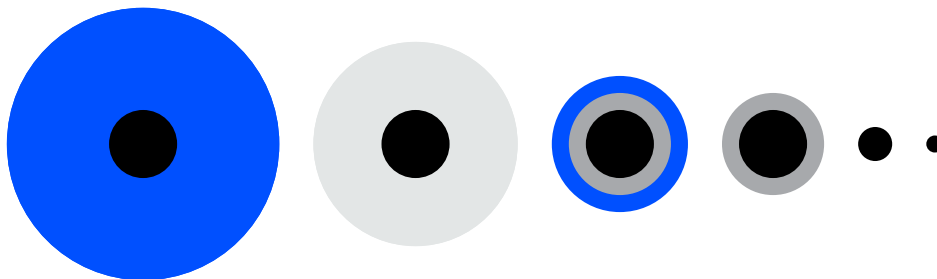
NOTA: *LA ENCUESTA DE PERSONAL Y GASTO EN I+D TUVO UN AJUSTE METODOLÓGICO POR LO QUE NO ES POSIBLE COMPARAR LOS RESULTADOS DE LOS AÑOS DE REFERENCIA DE 2021 EN ADELANTE CON LOS AÑOS ANTERIORES.

Ejemplo de cómo usar o complementar los indicadores de esta categoría para dar cuenta de la contribución de la CTCI al crecimiento sostenible

El informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) *Measuring Science and Innovation for Sustainable Growth (2025)*[61] propone indicadores de productos del Ecosistema CTCI vinculados al crecimiento sostenible, centrados en la producción de conocimiento y en la generación de tecnologías verdes. En el caso de las publicaciones, utiliza el indicador de porcentaje de publicaciones en las temáticas de energía y ciencias ambientales sobre el total de publicaciones científicas, calculado a partir de conteos fraccionales de artículos en revistas clasificadas por Elsevier bajo los campos ASJC de *agricultural and biological sciences; environmental science; earth and planetary science; y energy*. Este método permite medir tanto el volumen como la intensidad de la producción científica por país y dominio de investigación, con atribución fraccional según la filiación institucional de los autores. Con este enfoque, el informe compara economías según la proporción que estas áreas representan dentro de su producción científica total, mostrando un proxy de la orientación temática de los sistemas nacionales de investigación hacia los objetivos de sostenibilidad.

En el caso de las patentes, la OCDE propone medir la proporción de patentes verdes sobre el total de patentes concedidas (*green patents*) y la intensidad científica de las invenciones verdes (*science linkage of green inventions*), entendida como el grado en que las patentes citan literatura científica. Las patentes verdes se clasifican mediante la ENV-TECH *classification* desarrollada por la OCDE o el esquema Y02/Y04S de la Oficina Europea de Patentes (EPO), que agrupan las tecnologías de mitigación y adaptación al cambio climático en distintos sectores (energía, transporte, industria, agricultura, agua y residuos). De acuerdo al informe, “el seguimiento de la proporción de publicaciones científicas y patentes verdes ayuda a monitorear la contribución científica y tecnológica a las transiciones ambientales y energéticas, revelando dónde la producción de conocimiento se está alineando con las prioridades de sostenibilidad”. De esta manera, las publicaciones y patentes verdes constituyen productos inmediatos del ecosistema CTCI, que permiten observar la orientación del conocimiento científico y tecnológico hacia la sostenibilidad y las transiciones energéticas.

El informe también propone indicadores de resultados e impactos esperados, tomando como referencia los OECD *Green Growth Indicators* (GGIs). Estos indicadores capturan el grado en que las economías logran mantener el crecimiento económico mientras reducen el consumo de recursos naturales y las emisiones contaminantes, un proceso que la OCDE describe como *decoupling* o desacoplamiento. Según el documento, “los Indicadores de Crecimiento Verde proporcionan un marco armonizado para hacer un seguimiento del progreso de los países en el desacoplamiento del crecimiento económico y la degradación ambiental, ofreciendo una base coherente para evaluar cómo la ciencia y la innovación impulsan la eficiencia y la sostenibilidad”. Dentro de estos indicadores se incluyen cambios en la productividad del carbono (*carbon productivity*), la productividad energética (*energy productivity*) y la productividad material (*material productivity*), calculadas como el PIB generado por unidad de CO₂ emitido, energía consumida o materiales no energéticos utilizados. El informe precisa que “la productividad del carbono (PIB generado por unidad de CO₂ emitido) y la productividad energética (PIB por unidad de energía utilizada) son indicadores centrales para evaluar cómo la innovación contribuye a desvincular el crecimiento económico de la presión ambiental”, mientras que “la productividad material complementa la productividad del carbono y la energética como una medida más amplia de la eficiencia en el uso de recursos”. Estas métricas se construyen a partir de las cuentas ambientales y económicas armonizadas bajo el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica, lo que permite su comparación internacional y su integración con los sistemas estadísticos de innovación y productividad económica.



Categoría 1. Componentes y Procesos

Esta categoría se refiere a los componentes del ecosistema (actores, sus interrelaciones y atributos) y los procesos (actividades de CTCl). Las seis dimensiones de esta categoría corresponden a las principales actividades de CTCl: desarrollo de capacidades institucionales; desarrollo de capacidades humanas; investigación; desarrollo tecnológico, adopción tecnológica y transferencia de conocimiento; innovación y emprendimiento de base científico-tecnológica; y vinculación con la sociedad. Para cada una de ellas se definen indicadores organizados en subdimensiones.

Cabe destacar que se incluyen indicadores que dan cuenta de las capacidades existentes y de los procesos en sí, pero no de los productos y resultados que emanan de estos. Los productos y resultados de las actividades de CTCl se analizan en la categoría 3. Productos y Resultados. Por ejemplo, en componentes se incluye la dimensión investigación, donde se analiza el financiamiento disponible y los proyectos adjudicados; pero las publicaciones científicas se analizan en la categoría Productos y Resultados. Lo anterior permite analizar los resultados en su conjunto sin asociarlos directamente a un tipo de actividad, a modo de ejemplo, en la categoría Productos y Resultados se analizan los activos de propiedad intelectual, estos pueden ser el fruto de las distintas actividades del Ecosistema CTCl en su conjunto (investigación, desarrollo tecnológico e innovación).

A continuación se presentan las tablas con los indicadores seleccionados para cada dimensión. Los indicadores en negritas corresponden a indicadores estándar que se miden a nivel internacional y permiten la comparación con otros países. Después de las tablas de indicadores propuestos para todas las dimensiones de esta categoría, se muestra un recuadro con un ejemplo de cómo se podrían adaptar estos indicadores para dar cuenta de la contribución de la CTCl al crecimiento sostenible, este ejemplo puede replicarse para otros objetivos de desarrollo que se quieran monitorear y evaluar.

TABLA 4. DIMENSIÓN 1: DESARROLLO DE CAPACIDADES INSTITUCIONALES

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
1. Desarrollo de capacidades institucionales	Centros de I+D+i	Número y listado de centros de I+D+i según actividad principal (investigación por curiosidad, investigación orientada, desarrollo tecnológico e innovación, híbrido)	ANID, CORFO	X				X	
		Número y listado de centros de I+D+i según objetivo socioeconómico (<i>Nomenclature for the Analysis and Comparison of Scientific Programmes and Budgets-NABS</i>)	ANID, CORFO	X				X	
		Número y listado de centros de I+D+i según región de sede principal	ANID, CORFO			X			
		Número y listado de Institutos Tecnológicos y de Investigación Pública (ITIP) según objetivo socioeconómico (<i>Nomenclature for the Analysis and Comparison of Scientific Programmes and Budgets-NABS</i>)		X			X	X	
		Número y listado de Institutos Tecnológicos y de Investigación Pública (ITIP) según vocación principal (Investigación científica y aplicada; Desarrollo tecnológico; Transferencia tecnológica; Servicios tecnológicos especializados; etc.)	“Centros de I+D e ITP. Principales características y desafíos” (Sierra, 2021)	X			X	X	

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
1. Desarrollo de capacidades institucionales	Instituciones de Educación Superior	Número total de instituciones de educación superior (IES) según tipo (Universidades, Centros de Formación Técnica e Institutos profesionales)	Ministerio de Educación y Comisión Nacional de Acreditación	X					
		Número total de instituciones de educación superior (IES) según tipo y región de sede principal		X		X			
		Número total y porcentaje de instituciones de educación superior (IES) acreditadas por la Comisión Nacional de Acreditación en Investigación, Creación y/o Innovación					X		X
	Otras instituciones	Listado de miembros de la Asociación Chilena de Venture Capital	Asociación Chilena de Venture Capital	X	X		X		
		Número y listado de instituciones no tradicionales de CTCI (ej. ONG, hospitales, organizaciones sociales) que participan en proyectos de CTCI financiados con fondos públicos		X	X		X		
	Organizaciones conectoras	Número y listado de oficinas de transferencia y licenciamiento, hubs de transferencia tecnológica, nodos de aceleración de impacto territorial y otros conectores, según tipo y región		X	X	X	X		
		Número de sociedades y asociaciones en CTCI según tipo	Catastro Nacional de Sociedades y Asociaciones en CTCI, Minciencia.	X	X				

TABLA 5. DIMENSIÓN 2: DESARROLLO DE CAPACIDADES HUMANAS

En lugar de la noción de ‘capital humano’, se propone utilizar el título “Capacidades humanas” para esta dimensión. Este concepto se alinea con el enfoque de capacidades, que entiende a las personas como sujetos de derechos con talentos, conocimientos y habilidades en permanente desarrollo[64]. Asimismo, organismos internacionales han avanzado en esta dirección: la UNESCO enfatiza el fortalecimiento de capacidades humanas como condición para orientar los sistemas de educación y ciencia hacia la sostenibilidad y la innovación inclusiva[65]; el PNUD plantea que la innovación debe estar al servicio de la ampliación de las capacidades y libertades humanas, y no únicamente del crecimiento económico[66]; y la OCDE utiliza la noción de *skills* y *human capacities* en sus informes sobre políticas de ciencia, tecnología e innovación, destacando la importancia de la formación y las trayectorias de investigadores y trabajadores altamente calificados[1]. Dentro de esta dimensión se distinguen dos subdimensiones: formación de capacidades, que aborda la educación, la adquisición de competencias y el fortalecimiento de habilidades en ciencia, tecnología, conocimiento e innovación; y trayectorias laborales en CTCl, que pone énfasis en la inserción, movilidad y desempeño laboral de las personas.

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCl					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
2. Desarrollo de capacidades humanas	Formación de capacidades humanas	Matrícula en educación terciaria (Porcentaje bruto): Proporción de matrícula total en educación terciaria respecto de la población correspondiente a esa edad	Servicio de Información de Educación Superior (SIES) del Ministerio de Educación						
		Matrícula en educación terciaria (Porcentaje bruto): Proporción de matrícula total en educación terciaria respecto de la población correspondiente a esa edad según región			X				
		Matrícula en educación terciaria (Porcentaje bruto): Proporción de matrícula total en educación terciaria respecto de la población correspondiente a esa edad según sexo		X					

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
2. Desarrollo de capacidades humanas	Formación de capacidades humanas	Porcentaje de graduados de universidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas del total de graduados	Servicio de Información de Educación Superior (SIES) del Ministerio de Educación	X				X	
		Graduados de universidades según área del conocimiento (FOS)		X					
		Graduados de universidades según área del conocimiento (FOS) por región		X			X		
		Graduados de universidades según área del conocimiento (FOS) por sexo		X					
		Proporción de estudiantes extranjeros respecto del total de estudiantes matriculados en educación terciaria (Movilidad entrante en educación terciaria)		X	X				
		Matrícula de posgrado según tipo de programa: doctorado y magíster y área del conocimiento (FOS)		X					
		Matrícula de posgrado según tipo de programa: doctorado y magíster por región				X			
		Matrícula de posgrado según tipo de programa: doctorado y magíster por sexo		X					
		Graduados de posgrado (doctorado y magíster) por área del conocimiento (FOS) o interdisciplinarios		X	X				

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
2. Desarrollo de capacidades humanas	Formación de capacidades humanas	Graduados de posgrado (doctorado y magíster) por región			X				
		Graduados de posgrado (doctorado y magíster) por sexo	X						
		Número de becas financiadas y monto total entregado por agencias públicas (ANID y CORFO) según tipo de formación (cursos de especialización asociados a CTCI, diplomado, magíster y doctorado)	ANID y CORFO	X	X				
		Número de becas financiadas y monto total entregado por agencias públicas (ANID y CORFO) según tipo de formación (cursos de especialización asociados a CTCI, diplomado, magíster y doctorado) y según objetivo socioeconómico (<i>Nomenclature for the Analysis and Comparison of Scientific Programmes and Budgets-NABS</i>) o no orientado	ANID y CORFO	X	X			X	
		Número de becas de doctorado según tipo (nacionales e internacionales)							
		Número de becas de doctorado según tipo (nacionales e internacionales) y según disciplina FOS		X				X	
		Número de becas de doctorado según tipo (nacionales e internacionales) y según sexo		X					
		Número y porcentaje de becas de doctorado según tipo (nacionales e internacionales) orientadas y no orientadas		X				X	

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
2. Desarrollo de capacidades humanas		Personas graduadas con becas de doctorado/magíster nacional y extranjero según país de la institución	ANID	X	X				
		Personas graduadas con becas de doctorado/magíster nacional y extranjero según área del conocimiento (FOS)		X					
		Personas graduadas con becas de doctorado/magíster nacional y extranjero según sexo		X					
	Trayectorias laborales en CTCI	Personas con grado de doctor cada 1000 empleados (25-64 años)	OECD Research and Innovation Careers Observatory (ReICO)						
		Cantidad de personas con doctorado residentes en Chile	Encuesta de Trayectoria de Profesionales con Doctorado (CDH)						
		Cantidad de personas con doctorado residentes en Chile según área del conocimiento (FOS)		X					
		Cantidad de personas con doctorado residentes en Chile según nacionalidad		X	X				
		Cantidad de personas con doctorado residentes en Chile según sexo		X					
		Cantidad de personas con doctorado residentes en Chile según país de obtención del grado		X	X				

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
2. Desarrollo de capacidades humanas	Trayectorias laborales en CTCI	Tasa de empleo y tipo de contrato de personas con doctorado residentes en Chile	Encuesta de Trayectoria de Profesionales con Doctorado (CDH)						
		Tasa de empleo y tipo de contrato de personas con doctorado residentes en Chile según sexo		X					
		Porcentaje de las personas con doctorado en Chile trabajando en cada sector de empleo (administración pública, sector empresarial, educación superior, otros de educación, instituciones privadas sin fines de lucro)		X	X		X		
		Porcentaje de las personas con doctorado en Chile trabajando en cada sector de empleo según sexo		X	X		X		
		Porcentaje de las personas con doctorado en Chile que están realizando I+D en su empleo			X				
		Porcentaje de las personas con doctorado en Chile que están realizando I+D en su empleo según sector de empleo		X	X		X		
		Porcentaje de las personas con doctorado en Chile que están realizando I+D en su empleo según sexo		X	X				

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
2. Desarrollo de capacidades humanas	Trayectorias laborales en CTCI	Personal I+D total en jornadas completas equivalentes (JCE) según sector ejecutor	Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en Investigación y Desarrollo (I+D)*	X			X		
		Personal I+D total en JCE según tipo de personal y sexo							
		Personal investigador en JCE por cada mil personas ocupadas/ comparación internacional							
		Personal investigador en JCE por cada mil personas ocupadas/ comparación internacional							
		Personal investigador en JCE según área del conocimiento FOS							
		Personal investigador en JCE según sector							
		Personal investigador en JCE según sexo							
		Personal investigador en JCE por región							

Porcentaje de personas que investigan que cambiaron el sector de la institución en que investigan (academia, estado y empresa) de acuerdo a cambios de lugar de empleo declarado o cambio de filiación institucional

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTCI						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
2. Desarrollo de capacidades humanas	Trayectorias laborales en CTCI	Flujo neto de autores científicos entre regiones (en base a filiación en publicaciones científicas)								
		Flujo neto de autores científicos entre países (en base a filiación en publicaciones científicas)	OECD Research and Innovation Careers Observatory (ReICO)							
		Número de personas dedicadas a la comunicación y divulgación científica según sexo y región								
		Número de personas dedicadas a la Gestión tecnológica según sexo y región								
		Número de personas inventoras residentes en Chile que solicitan o registran marcas y patentes según sexo y región	Boletines INAPI							

NOTA: *LA ENCUESTA DE PERSONAL Y GASTO EN I+D TUVO UN AJUSTE METODOLÓGICO POR LO QUE NO ES POSIBLE COMPARAR LOS RESULTADOS DE LOS AÑOS DE REFERENCIA DE 2021 EN ADELANTE CON LOS AÑOS ANTERIORES.

TABLA 6. DIMENSIÓN 3: INVESTIGACIÓN Y DIMENSIÓN 4: DESARROLLO TECNOLÓGICO, ADOPCIÓN TECNOLÓGICA Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

Las dimensiones 3 y 4 se presentan juntas dado que comparten la subdimensión financiamiento para I+D.

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
3. Investigación	Actividades de investigación	Número de proyectos de investigación financiados y monto total entregado según instrumento	ANID Github						
		Número de proyectos de investigación financiados y monto total entregado según instrumento y área del conocimiento FOS (incluye multidisciplinario)		X	X				
		Número de proyectos de investigación financiados y monto total entregado según instrumento por región de ejecución				X			
		Número de proyectos de investigación financiados y monto total entregado según instrumento por sexo de persona responsable del proyecto		X					
		Número de proyectos de investigación financiados y monto total entregado para investigación asociativa o individual (de acuerdo al instrumento)		X	X				
		Número de proyectos de investigación financiados y monto total entregado para investigación por curiosidad u orientada (de acuerdo al instrumento)					X	X	

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
3. Investigación	Actividades de investigación	Colaboración: Porcentaje de proyectos financiados por ANID que incluyen mas de un tipo de actor (Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional)**	ANID Github		X		X			
		Colaboración: Número de relaciones entre instituciones de educación superior e instituciones de otros sectores en proyectos financiados por ANID (sectores: Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional)**			X		X			
		Colaboración: Número de relaciones entre Estado e instituciones de otros sectores en proyectos financiados por ANID (sectores: Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional)**			X		X			
		Colaboración: Número de relaciones entre IPSFL e instituciones de otros sectores en proyectos financiados por ANID (sectores: Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional)**			X		X			

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
3. Investigación	Actividades de investigación	Colaboración: Número de relaciones entre empresas e instituciones de otros sectores en proyectos financiados por ANID (sectores: Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional)**	ANID Github		X		X			
		Colaboración: Número de relaciones entre instituciones internacionales e instituciones de otros sectores en proyectos financiados por ANID (sectores: Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional)**			X		X			
		Colaboración: Número de relaciones entre instituciones de educación superior e instituciones de otros sectores en proyectos financiados por ANID (sectores: Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional)**			X		X			
		Colaboración: Número de proyectos financiados por ANID y montos asociados que incluyen mas de un tipo de actor (Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional)**			X		X			
	Financiamiento para I+D	Gasto total bruto en I+D como Porcentaje del PIB	Encuesta sobre Gasto y Personal en Investigación y Desarrollo (I+D)*							

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
4. Desarrollo tecnológico, adopción tecnológica y transferencia de conocimiento	Financiamiento para I+D	Gasto total en I+D/ personal investigador en jornada completa equivalente por región	Encuesta sobre Gasto y Personal en Investigación y Desarrollo (I+D)*			X			
		Monto total de presupuesto público para I+D y como Porcentaje del PIB (GBARD)	Créditos Presupuestarios Públicos para I+D (Government Budget Allocations for Research and Development - GBARD)						
		Monto total de presupuesto público para I+D y como Porcentaje del PIB (GBARD) según ministerio financiante				X	X		
		Monto total de presupuesto público para I+D (GBARD) según objetivo socioeconómico (<i>Nomenclature for the Analysis and Comparison of Scientific Programmes and Budgets-NABS</i>)				X	X		
		Monto total de presupuesto público para I+D (GBARD) según sector de ejecución				X			
		Monto total de presupuesto público para I+D (GBARD) según región				X			
		Porcentaje del presupuesto público que es entregado como aporte basal o como fondos concursable del total		ANID, Mineduc, CORFO					X
		Porcentaje del presupuesto público entregado según tipo de beneficiario (diferenciando quien recibe los recursos si es una persona u organización)	ANID, Mineduc, CORFO						

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
4. Desarrollo tecnológico, adopción tecnológica y transferencia de conocimiento	Capacidades de desarrollo tecnológico, adopción tecnológica y transferencia de conocimiento	Porcentaje de personas que investigan empleadas en el sector empresarial en Jornadas Completas Equivalentes del total del personal que investiga (Talento investigador en empresas)	Encuesta sobre Gasto y Personal en Investigación y Desarrollo (I+D)*		X		X			
		Número de publicaciones que han sido citadas en patentes y porcentaje con respecto al total de publicaciones	Lens.org		X		X			
		Número de ensayos clínicos realizados en Chile por año de inicio y fase (1-4)	ClinicalTrials.gov (NIH - EE.UU.) o ICTRP - International Clinical Trials Registry Platform (OMS)		X		X			
		Porcentaje de proyectos de investigación aplicada que se adjudican fondos para continuar o escalar su desarrollo			X		X	X		
		Número de Repositorios de información científico tecnológica y volumen de información disponible de acceso abierto (ver Espacio Ciencia)			X		X			
		Número y Porcentaje de Universidades y centros de I+D+i que han adoptado políticas de Open Access			X		X			

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
	Capacidades de desarrollo tecnológico, adopción tecnológica y transferencia de conocimiento	Gasto en software (Porcentaje del PIB): El gasto en software informático incluye el valor total del software empaquetado adquirido o alquilado, como sistemas operativos, sistemas de bases de datos, herramientas de programación, utilidades y aplicaciones. Se excluyen los gastos destinados al desarrollo interno de software y al desarrollo externalizado de software personalizado. Los datos son una combinación de cifras reales y estimaciones. Los datos se presentan como porcentaje del PIB.	IHS Markit, Information and Communication Technology Database		X		X	X		

Nota: *La Encuesta de Personal y Gasto en I+D tuvo un ajuste metodológico por lo que no es posible comparar los resultados de los años de referencia de 2021 en adelante con los años anteriores; **Actualmente la clasificación por tipo de actor incluye: Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional, se recomienda desagregar la categoría IPSFL para diferencias centros de I+D+i de ONG y otras organizaciones de la sociedad civil, pudiendo identificar colaboración con instituciones “no tradicionales” de CTIC.

TABLA 7. DIMENSIÓN 5: INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO DE BASE CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
5. Investigación Innovación y Emprendimiento de base Científico-Tecnológica	Innovación empresarial	Puntaje y posición de Chile en el Índice Global de Innovación (<i>Global innovation Index</i>)	Global Innovation Index							X
		Gasto empresarial total en I+D como porcentaje del PIB	Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en Investigación y Desarrollo (I+D)*		X		X			
		Porcentaje del gasto total en I+D financiado por empresas y por el Estado			X		X			
		Cantidad de empresas que realizan I+D y gasto total en I+D en empresas			X		X			
		Cantidad de empresas que realizan I+D y gasto total en I+D en empresas según tamaño de empresa		X	X		X			
		Cantidad de empresas que realizan I+D y gasto total en I+D en empresas según región			X	X	X			
		Monto total de gasto en I+D en empresas por sector económico (clasificación CIIU rev. 4) en pesos y como porcentaje del total		X	X		X	X		
		Cantidad de empresas ejecutando proyectos bajo la Ley I+D y montos certificados		Datainnovación CORFO		X		X		
		Cantidad de empresas ejecutando proyectos bajo la Ley I+D y montos certificados según tamaño de empresa			X	X		X		
		Cantidad de empresas ejecutando proyectos bajo la Ley I+D y montos certificados según sector económico				X		X	X	

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
5. Investigación Innovación y Emprendimiento de base Científico-Tecnológica	Innovación empresarial	Montos de financiamiento para innovación empresarial desde otras fuentes: bancos, fundaciones/corporaciones, otros	Encuesta Nacional de Innovación en Empresas		X		X			
		Cantidad y porcentaje de empresas que innovan respecto al total de empresas					X			
		Cantidad y porcentaje de empresas que innovan respecto al total de empresas según tamaño de empresa		X			X			
		Cantidad y porcentaje de empresas que innovan respecto al total de empresas según sector económico		X			X	X		
		Cantidad y porcentaje de empresas que innovan respecto al total de empresas según región				X	X			
		Porcentaje de empresas que innovaron según innovaciones de producto y de procesos de negocios		X			X			
		Porcentaje de empresas innovadoras que realizan actividades innovativas y nivel de gasto promedio según tipo de actividad (adquisición de maquinaria, equipos y software; I+D intramuro; capacitación para la innovación, etc.)		X			X			
		Fuentes de financiamiento usadas por empresas para innovar					X			
		Porcentaje de empresas que cooperó en sus actividades innovativas del total que realizó actividades innovativas e innovó (cooperación total, instituciones nacionales, instituciones extranjeras)			X		X			

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
5. Investigación Innovación y Emprendimiento de base Científico-Tecnológica	Innovación empresarial	Porcentaje de cooperación de acuerdo al tipo de actor (proveedores; clientes; IES; competidores; empresas del mismo grupo; consultores, laboratorios o institutos de I+D; institutos de investigación públicos o de gobierno) nacionales o extranjeras.	Encuesta Nacional de Innovación en Empresas		X		X			
		Porcentaje de cooperación de acuerdo al tipo de actor (proveedores; clientes; IES; competidores; empresas del mismo grupo; consultores, laboratorios o institutos de I+D; institutos de investigación públicos o de gobierno) nacionales o extranjeras según región			X	X	X			
		Porcentaje de empresas que percibieron obstáculos a la innovación según tipo de obstáculo					X		X	
		Número y montos de proyectos financiados por CORFO según instrumento								
		Número y montos de proyectos financiados por CORFO por instrumento según región de ejecución	Data Innovación CORFO			X				
		Número y montos de proyectos financiados por CORFO por instrumento según sexo de quien dirige el proyecto		X						
		Número de proyectos y monto de los Top 10 mercados objetivos de proyectos financiados por CORFO					X	X		

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
5. Investigación Innovación y Emprendimiento de base Científico-Tecnológica		Número de proyectos y monto de los Top 10 mercados objetivos de proyectos financiados por CORFO según región	Data Innovación CORFO			X	X	X		
		Colaboración: Porcentaje de proyectos financiados por CORFO que incluyen mas de un tipo de actor		X	X		X			
		Colaboración: Número de relaciones entre los distintos tipos de instituciones en proyectos CORFO		X	X		X			
		Colaboración: Número de actores, Número de enlaces y frecuencia de enlaces identificados a través de CORFO Conecta (reemplazaría al anterior)	Reporte Resultados de CORFO CONECTA: Análisis exploratorio de resultado de redes	X	X		X			
Emprendimiento de base Científico-tecnológica		Evolución de la intención emprendedora en Chile general y según sexo		X			X			
		Actividad emprendedora según motivación para emprender general y según sexo	Global Entrepreneurship Monitor (GEM)***	X			X			
		Distribución de la actividad emprendedora según nivel de estudios general y según sexo		X			X			
		Número total de empresas de base Científico-Tecnológica					X			
		Número total de empresas de base Científico-Tecnológica según región	Estudio de caracterización de Empresas de Base Científico-Tecnológica en Chile			X	X			
		Número total de empresas de base Científico-Tecnológica según sector		X			X	X		

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
5. Investigación Innovación y Emprendimiento de base Científico-Tecnológica	Emprendimiento de base Científico-tecnológica	Número total de empresas de base Científico-Tecnológica según antigüedad	Estudio de caracterización de Empresas de Base Científico-Tecnológica en Chile	X			X		
		Número total de empresas de base Científico-Tecnológica según sexo de líder		X			X		
		Número total de empresas de base Científico-Tecnológica según tecnología predominante		X			X		
		Origen de la idea en la que se basan las Empresas de Base Científico-Tecnológica (EBCT), según tecnología predominante		X	X		X		
		Número startups apoyadas por ANID y CORFO	ANID, CORFO				X		
		Montos de inversión de capital de riesgo y Número de tratos asociados	Asociación Chilena de Venture Capital - Impact Report/ Reportes CORFO		X		X		
		Número de startups en el portafolio de miembros de Asociación Chilena de Venture Capital (VC)					X		
		Número de startups en el portafolio de miembros de Asociación Chilena de VC según región				X	X		
		Número de startups en el portafolio de miembros de Asociación Chilena de VC según sexo persona emprendedora		X			X		

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
5. Investigación Innovación y Emprendimiento de base Científico-Tecnológica	Innovación pública	Índice de innovación pública: índice de desempeño de las instituciones	Índice de Innovación pública del Laboratorio de Gobierno				X		X
		Índice de innovación pública: porcentaje de madurez metodológica de las instituciones					X		X
		Puntaje y posición de Chile en el Índice de Gobierno Digital de la OCDE	Digital Government Index, DGI de la OCDE				X		X
	Número de programas de CTIC y montos de financiamiento asociado a innovación pública	ANID, Minciencia, Labgob (ej. desafíos de innovación pública)				X	X		
	Número y Porcentaje de licitaciones clasificadas como Compra Pública Innovadora		X	X		X	X		
	Porcentaje del gasto público en adquisiciones que corresponde a innovación (compra pública innovadora)		X	X		X	X		
Innovación social		Alianzas multiactor que incluyen a organizaciones sociales o comunidades (asociadas a innovación)			X	X			
		Número de programas de CTIC y montos de financiamiento asociado a resolver problemas sociales	ANID, Minciencia				X	X	

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
5. Investigación Innovación y Emprendimiento de base Científico-Tecnológica	Innovación social	Número de empresas postuladas a premios Avonni que son certificadas por el sistema B según rubro o desagregado por sector económico (CIU)	Premios Avonni, Sistema B				X	X	
		Número de proyectos o empresas chilenas reconocidas en rankings o premios internacionales de innovación social (Ej. Ashoka Fellows, premios LATAM a la innovación social)			X		X	X	

NOTA: *LA ENCUESTA DE PERSONAL Y GASTO EN I+D TUVO UN AJUSTE METODOLÓGICO POR LO QUE NO ES POSIBLE COMPARAR LOS RESULTADOS DE LOS AÑOS DE REFERENCIA DE 2021 EN ADELANTE CON LOS AÑOS ANTERIORES; ***EL GLOBAL ENTREPRENEURSHIP MONITOR (GEM) RECOGE ESTADÍSTICAS ASOCIADAS AL EMPRENDIMIENTO EN GENERAL Y NO DIFERENCIA EL EMPRENDIMIENTO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO COMO UNA CATEGORÍA APARTE, POR ELLO ESTOS INDICADORES DEBEN SER INTERPRETADOS CON ESA CONSIDERACIÓN

TABLA 8. DIMENSIÓN 6: VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
6. Vinculación con la sociedad		Número de iniciativas para la vinculación con la sociedad creados (talleres, laboratorios ciudadanos, plataformas digitales) por tipo y por región			X	X	X			
		Número de proyectos financiados para la apropiación social de la CTIC y montos totales adjudicados	ANID, Minciencia (ej. proyectos de ciencia ciudadana)	X	X		X			
		Número de proyectos financiados para la apropiación social de la CTIC financiados y montos totales adjudicados por región	ANID, Minciencia (ej. proyectos de ciencia ciudadana)	X	X	X	X			
		Nivel de participación de la comunidad en últimas estrategias nacionales y políticas nacionales de CTIC: 0= No existe participación 1 = Información (los actores sociales sólo reciben información). 2 = Consulta (se recogen opiniones, pero sin incidencia). 3 = Colaboración (actores participan en la definición de ciertos aspectos). 4 = Co-decisión (aportes sociales generan cambios en diseño/objetivos).	Consejo CTIC, Minciencia, Minecon			X		X		X
		Porcentaje de Estrategias Regionales de CTIC que incluyen procesos de participación de la comunidad			X	X	X			

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
6. Vinculación con la sociedad		Porcentaje de uso de herramientas digitales para aprender sobre ciencias según tipo	Encuesta de percepción social de la CTIC		X		X			
		Porcentaje de uso de herramientas digitales para aprender sobre ciencias según tipo por sexo		X	X		X			
		Porcentaje de uso de herramientas digitales para aprender sobre ciencias según tipo por región			X	X	X			

Ejemplo de cómo se podrían usar o complementar los indicadores de esta categoría para dar cuenta de la contribución de la CTCI al crecimiento sostenible

El reporte *Measuring Science and Innovation for Sustainable Growth* de la OCDE, publicado en octubre de 2025, presenta una serie de propuestas para medir la contribución de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTCI) al crecimiento sostenible. A partir de este documento, se entregan a continuación ejemplos de cómo complementar o adaptar los indicadores propuestos para reflejar este objetivo[61].

El informe de la OCDE subraya que el fortalecimiento institucional es esencial para dirigir la ciencia y la innovación hacia el desarrollo sostenible. En esta dimensión se propone medir la incorporación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la planificación institucional, a través del número o proporción de organismos que incluyen explícitamente los ODS en sus estrategias de investigación e innovación (*institutions with sustainability-oriented research strategies*). Estos programas se identifican mediante el análisis de documentos estratégicos y presupuestarios institucionales, clasificando como “orientados a sostenibilidad” aquellos que declaran metas o componentes asociados a objetivos ambientales, energéticos o sociales. La OCDE sugiere que esta desagregación se realice por tipo de institución (universidad, centro público o agencia) y por nivel de financiamiento dedicado a temas de sostenibilidad (*sustainability-oriented research programmes*).

La OCDE destaca la necesidad de desarrollar talento especializado en áreas relacionadas con la transición verde. Entre los indicadores que se plantean se encuentran el número de investigadores y estudiantes de doctorado en energía y medio ambiente (*researchers in energy and environmental fields*). La medición se basa en la clasificación internacional de la UNESCO para actividades científicas y tecnológicas, considerando los códigos de campos de investigación (*Frascati Fields of Science and Technology -FOS-*) vinculados a Ciencias Ambientales, Energía, Ciencias de la Tierra y Ciencias Ambientales Afines e Ingeniería de Energías Renovables (*Environmental Sciences, Energy, Earth and Related Environmental Sciences y Renewable Energy Engineering*). Usar estas áreas es un proxy para la contribución a la transición ecológica y energética, sin embargo, se reconoce la debilidad de esto dado que existen aproximaciones inter y transdisciplinarias que requieren de capacidades que quedarían excluidas en este análisis (*“interdisciplinary and transdisciplinary approaches to sustainability may not be fully captured by current field-based classifications”*). En los indicadores presentados anteriormente se sugiere usar la clasificación por áreas del conocimiento o *fields of science* (FOS) para observar la dimensión de desarrollo de capacidades humanas, tanto la formación de personas como la existencia de personal de investigación. Teniendo el indicador desagregado con este criterio es posible analizar cualquier área del conocimiento que sea de interés.

La OCDE propone medir el esfuerzo en investigación dirigida a sostenibilidad, utilizando la proporción del gasto total en I+D asignado a áreas de energía y medio ambiente (*share of R&D expenditure on environmental and energy research*). Esta información se obtiene a partir de la clasificación de Objetivos Socioeconómicos del Manual de Frascati usada para medir el Gasto en I+D (NABS). En los indicadores propuestos en las tablas anteriores se incorpora un indicador del porcentaje de presupuesto público para I+D según objetivo socioeconómico. Esto permite focalizar el análisis en el objetivo socioeconómico que sea de interés.

Por otra parte, el reporte propone usar como indicador el conteo de citas a artículos científicos en los documentos de patentes verdes (*green patents*). Dado que esto revela la interdependencia entre la investigación científica y el desarrollo de tecnologías verdes. Los dos enfoques más ampliamente adoptados para identificar las innovaciones patentadas relevantes para la sostenibilidad medioambiental son: el sistema de clasificación de tecnologías relacionadas con el medio ambiente (ENV-TECH) desarrollado por la OCDE y el sistema de etiquetado Y02/Y04S para tecnologías de mitigación y adaptación al cambio climático implementado por la Oficina Europea de Patentes. En los documentos de estas patentes se analiza la cantidad de citas a artículos científicos, esto da cuenta de la transferencia y uso de conocimiento científico en el desarrollo de tecnologías verdes. También permiten analizar qué tipo de conocimiento es el que está aportando al desarrollo de este tipo de tecnologías al profundizar en qué artículos científicos se están citando (de que área o temática). En los indicadores propuestos en las tablas anteriores se incluye el indicador de porcentaje de publicaciones que son citadas en patentes, esto da cuenta de la capacidad de transferencia de conocimiento para su uso en desarrollo tecnológico en general (sin foco en sostenibilidad).

La OCDE además recomienda medir el porcentaje de empresas que desarrollan productos o procesos con objetivos ambientales (*firms with green innovation activities*), el gasto en innovación para fines ambientales (*innovation expenditure for environmental objectives*), y la adopción de certificaciones ambientales como ISO 14001 o ISO 50001. Estas métricas provienen de encuestas de innovación (aplicadas en ciertos casos y países) y registros de certificación.

Por otra parte, se plantea la importancia de poder monitorear innovaciones impulsadas por usuarios, comunidades o actores no tradicionales, ya que son “críticas para impulsar las transiciones medioambientales, garantizando la inclusión y la legitimidad en la difusión de soluciones verdes”. Se reconoce que capturar la innovación social e impulsada por los usuarios en favor de la sostenibilidad requerirá infraestructuras de datos novedosas y enfoques de encuestas que vayan más allá de las estadísticas tradicionales de I+D e innovación empresarial. En los indicadores propuestos se recomienda analizar la colaboración en proyectos de I+D con financiamiento público, entre distintos tipos de actores. Para ello se sugiere usar las mismas categorías de la Encuesta de Personal y Gasto en I+D (Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional), pero desagregando la categoría IPSFL para diferencias centros de I+D+i de ONG y otras organizaciones de la sociedad civil, pudiendo identificar colaboración con instituciones "no tradicionales" de CTCI. Esto tiene como fin observar la participación de otro tipo de actores que se reconoce tienen un rol importante en el desarrollo de CTCI que contribuya al desarrollo sostenible.

Categoría 2. Condiciones habilitantes

Esta categoría se refiere a condiciones de contexto dentro del Ecosistema CTCI que son determinantes para su desempeño y que habilitan sus múltiples contribuciones al desarrollo sostenible (es decir serán los que permitirán resultados e impacto). La categoría incluye 3 dimensiones: infraestructura y equipamiento; instrumentos de apoyo e Inversión pública en CTCI y gobernanza e inteligencia estratégica.

En las tablas siguientes se presentan los indicadores para cada dimensión. Los indicadores en negritas corresponden a indicadores estándar que se miden a nivel internacional y permiten la comparación con otros países. Después de las tablas de indicadores propuestos para todas las dimensiones de esta categoría, se muestra un recuadro con un ejemplo de cómo se podrían adaptar estos indicadores para dar cuenta de la contribución de la CTCI al crecimiento sostenible, este ejemplo puede replicarse para otros objetivos de desarrollo que se quieran monitorear y evaluar.

TABLA 9. DIMENSIÓN 7: INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC						
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo	
7. Infraestructura y equipamiento	Infraestructura digital y conectividad	Porcentaje de Hogares con acceso a internet/ acceso, nacional y regional	Encuesta sobre acceso, usos y usuarios de Internet en Chile		X	X	X			
		Suscripciones Banda Ancha Móvil (cada 100 habitantes), nacional y regional	ITU DataHub		X	X	X			
		Suscripciones Banda Ancha Fija (cada 100 habitantes), nacional y regional			X	X	X			
		Puntaje y posición de Chile en el Índice de Datos Abiertos (Open Data Index / OURdata OCDE)	Open Data Index / OURdata OCDE/ OECD Open Government Data		X		X		X	
	Infraestructura y equipamiento Científico-tecnológico	Número y metros cuadrados de Espacios de Innovación Abierta: Laboratorios de prototipado rápido (fablabs), makerspaces, living labs y pilotos de escala pre-industrial disponibles para emprendedores y PYMES.		X	X		X			
		Número de grandes Infraestructuras de Investigación o instalaciones únicas según temática y región		X		X				
		% de Grandes Infraestructuras de Investigación de acceso abierto		X	X					

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
7. Infraestructura y equipamiento	Infraestructura y equipamiento Científico-tecnológico	Número de Centros de equipamiento científico-tecnológico de uso compartido según temática y región		X		X			
		Cantidad y tipo de equipamiento científico-tecnológico según tipo y región	ANID (registro equipamiento FONDEQUIP)	X		X			

TABLA 10. DIMENSIÓN 8: INSTRUMENTOS DE APOYO E INVERSIÓN PÚBLICA EN CTIC

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
8. Instrumentos de apoyo e Inversión pública en CTIC	Instrumentos de política CTIC y financiamiento	Cantidad de instrumentos de política CTIC por dimensión sistémica (capital humano, capacidades institucionales, apropiación social del conocimiento, proyectos de investigación, investigación asociativa, investigación aplicada y transferencia, innovación y desarrollo de negocios)	Mapa de Instrumentos Minciencia	X				X	
		Montos de financiamiento adjudicados según dimensión de instrumentos		X				X	
		Cantidad de instrumentos según si incentivan oferta o demanda de CTIC			X			X	

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
8. Instrumentos de apoyo e Inversión pública en CTCI	Instrumentos de política CTCI y financiamiento	Cantidad de instrumentos según tipo (instrumentos económicos y financieros, instrumentos blandos e instrumentos regulatorios (Borrás & Edquist, 2013)[12].)		X				X	
		Cantidad de instrumentos y montos asociados que son orientados a objetivos económicos, sociales y/o ambientales				X	X		
		Cantidad de instrumentos y montos asociados que incluyen perspectiva de género		X					
		Cantidad de instrumentos y montos asociados que enfocados en creación de nichos, expansión e integración de nichos o desestabilización y apertura de regímenes (ver alcances transformativos en Anexo 2)				X	X	X	
		Comparación internacional del Porcentaje de financiamiento público I+D diferenciado según tipo de incentivo (financiamiento directo o incentivo tributario)	Base de datos de <i>R&D Tax Credit Database</i> de OCDE.	X		X			
		Número de proyectos y recursos públicos ejecutados según agencia	Datos administrativos de ANID y CORFO						
	Número de proyectos y recursos públicos ejecutados según agencia por región de ejecución			X					

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
8. Instrumentos de apoyo e Inversión pública en CTIC	Leyes, reglamentos, decretos y normas técnicas asociadas a CTIC	Listados y caracterización general de leyes y regulaciones (decretos, reglamentos y normas técnicas) relevantes asociadas a CTIC según año de creación y temática de alcance	Biblioteca Nacional del Congreso		X		X		
	Estructura de incentivos para el desarrollo de actividades de CTIC	Descripción de principales elementos que influyen en la estructura de incentivos para el desarrollo de actividades de CTIC	Comisión Nacional de Acreditación, Agencias como ANID y CORFO, Instituciones de Educación Superior				X		X

TABLA 11. DIMENSIÓN 9: GOBERNANZA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC							
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo		
9. Gobernanza e inteligencia estratégica	Institucionalidad y Gobernanza	Caracterización institucionalidad pública CTIC: organigrama y descripción de la estructura institucional pública vinculada a la CTIC a nivel nacional y regional			X	X				X	
		Articulación y coherencia entre organismos públicos: caracterización de mecanismos formales de articulación entre organismos públicos asociados a la CTIC para la coherencia intergubernamental (<i>Cross-government coherence</i>)			X					X	
		Mecanismo e instancias de coordinación público-privada: existencia de plataformas de diálogo con la industria, la academia y la sociedad civil para la definición de políticas o agendas funcionando			X		X				X
		Mecanismos formales de interfaz ciencia-política (observatorios, comités, unidades permanentes de evaluación)			X		X	X			X
	Estrategias y políticas públicas	Caracterización de mecanismos de elaboración de estrategias y políticas de CTIC y su articulación (de acuerdo a mandatos legales y normativos de los organismos públicos encargados)						X			X
		Número y porcentaje de estrategias y políticas CTIC que incorporan orientación hacia desafíos de desarrollo sostenible						X	X		X

Dimensión	Subdimensión	Indicadores e información	Fuente de información disponibles	Atributos del Ecosistema CTIC					
				Diverso	Interconectado	Distribuido	Vinculado	Direccionado	Reflexivo
9. Gobernanza e inteligencia estratégica	Madurez de la transformación digital del sector público	<p>Nivel de madurez del país en los cuatro pilares del <i>GovTech Maturity Index (GTMI)</i> en comparación con la región y promedio OCDE</p> <p>El GTMI analiza cuatro pilares de la <i>GovTech</i> de una economía: sus sistemas gubernamentales básicos, la prestación de servicios públicos digitales, la participación ciudadana digital y los facilitadores de la <i>GovTech</i>. Se lanzó por primera vez en 2020 y se actualizó en 2022; ahora se está preparando la tercera edición.</p>				X	X	X	
	Madurez de la transformación digital del sector público	Acuerdos internacionales relacionados con CTIC según temática y país(es)		X		X			
	Colaboración internacional	Integración estratégica en redes globales: Membresía y participación activa en organizaciones multilaterales (ej. OCDE, UNESCO, CGIAR), y programas de cooperación internacional (ej. Horizon Europe, Becas ELAP).		X		X		X	

Ejemplo de cómo se podrían usar o complementar los indicadores de esta categoría para dar cuenta de la contribución de la CTCl al crecimiento sostenible

La OCDE, en su informe *Measuring Science and Innovation for Sustainable Growth (2025)*[61], introduce por primera vez la medición de la huella ambiental de la infraestructura científica. Se sugiere medir el consumo energético y las emisiones asociadas a laboratorios y centros de investigación (*energy use and emissions of research facilities*) y el uso de materiales críticos en infraestructura científica (*critical materials use in research infrastructure*). Su último informe indica que la evaluación de la huella medioambiental de las infraestructuras de investigación, incluido su consumo energético y el uso de materiales críticos, es esencial para evaluar la sostenibilidad de las operaciones científicas. Estos indicadores se calculan mediante auditorías energéticas y reportes institucionales, desagregados por tipo de instalación y tamaño[61].

Además, plantea que la gobernanza sostenible de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación debe incorporar mecanismos formales de transparencia y rendición de cuentas basados en marcos internacionales de sostenibilidad. El reporte sostiene que “la integración de los reportes ESG (*Environmental, Social and Governance*) y de los marcos de divulgación de sostenibilidad en la gobernanza de la investigación y la innovación se está convirtiendo en una dimensión esencial de los sistemas de innovación responsables”. En este contexto, se propone utilizar los reportes ESG como instrumentos de medición que permitan observar cómo las instituciones científicas, tecnológicas y de innovación gestionan los riesgos ambientales y sociales, alinean sus actividades con valores sociales más amplios y fortalecen su responsabilidad pública. El informe identifica los principales estándares internacionales de referencia —*Global Reporting Initiative (GRI)*, *Sustainability Accounting Standards Board (SASB)* y *Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD)*— y señala que estos pueden ser utilizados como base para recopilar y armonizar información comparable entre países y tipos de instituciones. Asimismo, la OCDE propone medir la adopción institucional de estos marcos de reporte, contabilizando el número de organizaciones que publican informes de sostenibilidad conforme a dichos estándares y desagregando la información por tipo de entidad (universidad, centro público, agencia, empresa) y nivel de aplicación (institucional, programa o proyecto). Según el informe, “las prácticas de reporte ESG y de sostenibilidad pueden servir como un indicador indirecto de la capacidad institucional para gestionar riesgos ambientales y sociales, garantizar la rendición de cuentas y alinear las actividades de innovación con valores sociales más amplios”.

CONCLUSIONES

La definición de dimensiones e indicadores conlleva inevitablemente ciertas limitaciones que, aunque no se abordan en detalle en este reporte, es importante reconocer. En el caso de los indicadores tradicionales, la disponibilidad, calidad y frecuencia de actualización de las fuentes de información continuarán siendo desafíos permanentes para cualquier sistema de monitoreo y evaluación. En el caso de los indicadores no tradicionales o emergentes, la dificultad radica en que la información no suele recopilarse de manera sistemática, por lo que el esfuerzo requerido para obtenerla y mantenerla debe considerarse un criterio relevante al decidir su incorporación caso a caso. Asimismo, existen dimensiones del ecosistema en las que será más pertinente recurrir a estudios de caso o narrativas cualitativas que permitan ilustrar los procesos y dinámicas que los indicadores, por sí solos, no logran capturar.

Es fundamental subrayar que los indicadores representan aproximaciones a la realidad y no verdades absolutas. Su interpretación debe realizarse en conjunto con otros indicadores y fuentes de información, y siempre a la luz del contexto en el que se producen los fenómenos observados. Este enfoque es especialmente relevante al formular conclusiones que sirvan de base para recomendaciones de política pública, al realizar comparaciones internacionales o al definir metas estratégicas, ámbitos en los que los indicadores pueden orientar, pero nunca sustituir, el juicio analítico y la comprensión contextual. En este sentido, las dimensiones e indicadores

de esta propuesta se refieren al Ecosistema CTCI propiamente tal, pero no incluyen las dimensiones e indicadores para dar cuenta del contexto local en que se sitúa el Ecosistema CTCI, incluyendo el contexto económico, social y ambiental nacional, las deben ser incorporadas como una capa complementaria.

Por otra parte, se puede observar que los indicadores propuestos no se centran en una temática o desafío en particular, como podría ser CTCI para la transición energética o para el crecimiento sostenible. Algunos de los indicadores propuestos que están desagregados en áreas del conocimiento, objetivos socioeconómicos u otra clasificación pueden entregar información de utilidad para un análisis centrado en una temática o desafío específico. Sin embargo, cada tema o desafíos requerirá además de nuevos indicadores complementarios. Después de cada categoría de indicadores, se incluye un ejemplo de cómo adaptar y complementar estos indicadores para medir la CTCI para el crecimiento sostenible en base a lo planteado por el reporte de la OCDE *Measuring Science and Innovation for Sustainable Growth*[61]. Comprendiendo las múltiples contribuciones que puede hacer la CTCI al desarrollo sostenible, en su dimensión económica, social y ambiental, es imposible abordarlas todas en un solo sistema de M&E, por lo cual es pertinente generar un set de indicadores ad hoc a temática o desafío particular. Muchos de estos indicadores pueden derivar de las dimensiones e indicadores aquí propuestos.

Se recomienda que esta propuesta de monitoreo y evaluación sea objeto de revisión y actualización periódica, de modo que pueda responder adecuadamente a los cambios del contexto nacional e internacional, y a las prioridades que emerjan en cada etapa del desarrollo del ecosistema. Resulta deseable que este proceso de revisión se realice mediante la participación de una base amplia de actores del Ecosistema CTCl, lo que permitirá enriquecer la propuesta, fortalecer su legitimidad y generar aprendizaje colectivo. Si bien esta etapa de discusión no formó parte del presente trabajo, constituye un paso natural y necesario en la consolidación de un sistema de monitoreo y evaluación dinámico, colaborativo y orientado al aprendizaje continuo.

Por último, es importante destacar que las formas de monitoreo y evaluación tienen un papel decisivo, ya que no solo observan al Ecosistema CTCl, sino que también lo transforman. Aquello que se mide adquiere relevancia pública, y lo que no se mide corre el riesgo de permanecer invisible. De igual modo, lo que se evalúa genera incentivos que influyen directamente en las prácticas y decisiones de los actores. En este sentido, el monitoreo y la evaluación deben comprenderse no sólo como instrumentos técnicos, sino como una política pública con capacidad transformadora. Su función trasciende la rendición de cuentas: constituye un espacio para articular actores, generar aprendizaje colectivo y orientar estratégicamente el sistema.

REFERENCIAS

—

1. OECD, OECD Science, *Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling Transitions in Times of Disruption*. in OECD Science, Technology and Innovation Outlook. OECD, 2023. doi: 10.1787/0b55736e-en.
2. OECD, '*OECD Agenda for Transformative Science, Technology and Innovation Policies*', OECD Science, Technology and Industry Policy Papers 164, 2024. doi: 10.1787/ba2aaf7b-en.
3. Consejo CTCI, '*Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo de Chile - 2022*', Consejo de CTCI, Santiago, Chile, Estrategia Nacional de CTCI, 2022.
4. M. J. Menéndez and K. Villarroel, '*Análisis del Ecosistema CTCI en Chile en un Contexto de Grandes Transformaciones*', Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, 2024.
5. Biblioteca del Congreso Nacional, '*Biblioteca del Congreso Nacional | Ley Chile*', www.bcn.cl/leychile. Accessed: Oct. 09, 2022. [Online]. Available: <https://www.bcn.cl/leychile>
6. Consejo CTCI, '*Orientaciones estratégicas para la transición económico - productiva hacia un Desarrollo Sostenible. Profundización de la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo - 2022, como marco para la Política de Desarrollo Productivo Sostenible*', Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, 2024.
7. G. Olivares, G. Moguillansky, F. Cabrera, and J. P. Cárdenas, '*Cartografía del Conocimiento en Chile*', Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile.
8. C. Alvia Palavicino, '*Revisión de Sistemas de Evaluación de Impacto No Académico de la Investigación a Nivel Internacional*', 2018. [Online]. Available: www.cnid.cl
9. C. Alvia and M. J. Menéndez, '*Desafíos de Monitorear la Contribución de la CTCI a Grandes Retos: Aplicación al Desafío de la Sostenibilidad del Recurso Hídrico en Chile*', Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, 2018. [Online]. Available: <http://www.cnid.cl/wp-content/uploads/2019/01/Informe-Monitoreo-.pdf>
10. R. Fernández, P. Cárcamo, C. Robayo, and J. M. Pino, '*Elaboración de un Mapa de Fuentes de Información para Caracterizar el Ecosistema de CTCI*', Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, 2021.
11. Bravo, María José, Cona, Francisca, Alegría, Juan José, Sarmiento, Hernan, and Maldonado, Jazmine, '*Panorama del Ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en Chile de los últimos diez años*', Instituto Milenio Fundamentos de los Datos Dirección de Innovación y Transferencia Tecnológica, Santiago, Chile, 2024. [Online]. Available: <https://docs.consejotci.cl/documento/panorama-del-ecosistema-de-ciencia-tecnologia-conocimiento-e-innovacion-en-chile-de-los-ultimos-diez-anos/>

12. S. Borrás and C. Edquist, 'The choice of innovation policy instruments', *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 80, no. 8, pp. 1513-1522, Oct. 2013, doi: 10.1016/j.techfore.2013.03.002.
13. C. Rosemberg et al., 'Consultoría para generar recomendaciones y capacidades para la evaluación sistémica de políticas de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación', Technopolis, 2024. [Online]. Available: docs.consejoctci.cl
14. E. Ortegón, NU. CEPAL. ILPES, J. F. Pacheco, and A. Prieto, Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. in Serie Manuales - CEPAL, no. 42. s.l: CEPAL, 2005.
15. Dirección de Presupuestos, 'Metodología para la Elaboración de Matriz de Marco Lógico'. División de Control de Gestión Pública, 2020.
16. M. Garcia and L. Rice, 'Guía de Diseño y Evaluación de Proyectos Sociales'. Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021. [Online]. Available: <http://sociedadcivil.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/wp-content/uploads/2021/12/Guia-Dise%C3%B1o-y-Evaluacion-de-Proyectos-Sociales-MDSF.pdf>
17. M. van Es, I. Guijt, and I. Vogel, 'Hivos ToC Guidelines: Theory of Change Thinking in Practice', Hivos, 2015. [Online]. Available: <http://www.hivos.org>
18. INGENIO (CSIC-UPV) et al., 'Evaluación formativa y políticas regionales de innovación transformadoras. El caso de la Agenda Compartida del Bages', *Ekonom. Rev. Vasca Econ.*, vol. 104, no. 2, pp. 100-125, Dec. 2023, doi: 10.69810/ekz.1463.
19. D. Hicks and P. Wouters, 'The Leiden Manifesto for research metrics', *Nature*, vol. 520, pp. 429-431, 2015.
20. OECD, *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2020: Times of Crisis and Opportunity*. Paris: OECD Publishing, 2021. doi: 10.1787/75f79015-en.
21. 'The Declaration on Research Assessment', DORA. Accessed: Apr. 24, 2025. [Online]. Available: <https://sfdora.org/>
22. J. Wilsdon et al., 'The Metric Tide: Report of the Independent Review of the Role of Metrics in Research Assessment and Management', 2015, Unpublished. doi: 10.13140/RG.2.1.4929.1363.
23. CNIC, Hacia una estrategia nacional de innovación para la competitividad. Parte II. Santiago, Chile: Consejo Nacional de Innovación de Competitividad, 2008. [Online]. Available: <http://www.cnid.cl/wp-content/uploads/2008/05/Hacia-una-estrategia-nacional-de-innovación-vol-II.2008.pdf>
24. CNIC, 'Orientaciones Estratégicas para la Innovación: Surfeando hacia el futuro Chile en el Horizonte 2025', Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, Santiago, Chile, 2013.

25. CNID, 'Ciencias, Tecnología e Innovación para un Nuevo Pacto de Desarrollo Sostenible e Inclusivo', Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, Estrategia Nacional de CTCl, 2017. [Online]. Available: <https://docs.consejoctci.cl/#/content=>
26. S. A. Solarin, C. Lafuente, L. A. Gil-Alana, and M. J. G. Blanch, 'Inequality Persistence of 21 OECD Countries from 1870 to 2020: Linear and Non-Linear Fractional Integration Approaches', *Soc. Indic. Res.*, vol. 164, no. 2, pp. 711-725, Nov. 2022, doi: 10.1007/s11205-022-02982-x.
27. United Nations Department of Economic and Social Affairs, The Sustainable Development Goals Report 2023: Special Edition. in *The Sustainable Development Goals Report*. United Nations, 2023. doi: 10.18356/9789210024914.
28. OECD, Net Zero+: Climate and Economic Resilience in a Changing World. OECD, 2023. doi: 10.1787/da477dda-en.
29. University of Sussex and COLCIENCIAS, Orientaciones para la formulación de políticas regionales de innovación transformativa en Colombia. 2018, p. 57.
30. M. Gibbons, C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott, and M. Trow, The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies. in SAGE Publications. 1994. [Online]. Available: <http://www.schwartzman.org.br/simon/gibbons.pdf>
31. OECD, 'Manual de Frascati 2015: GUÍA PARA LA RECOPIACIÓN Y PRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EXPERIMENTAL', Man. Frascati 2015, 2015, doi: 10.1787/9789264310681-es.
32. B.-Å. Lundvall, National systems of innovation towards a theory of innovation and interactive learning. Towards a theory of innovation and interactive learning. in London, Pinter. 1992.
33. W. M. Cohen and D. A. Levinthal, 'Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation', *Adm. Sci. Q.*, vol. 35, no. 1, p. 128, Mar. 1990, doi: 10.2307/2393553.
34. B. T. Asheim and M. S. Gertler, 'The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems', in *The Oxford Handbook of Innovation*, 1st edn, J. Fagerberg and D. C. Mowery, Eds, Oxford University Press, 2009, pp. 291-317. doi: 10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0011.
35. C. Freeman, 'The "National System of Innovation" in historical perspective', *Camb. J. Econ.*, vol. 19, pp. 5-24, 1995.
36. C. S. Holling, 'Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems', *Ecosystems*, vol. 4, no. 5, pp. 390-405, Aug. 2001, doi: 10.1007/s10021-001-0101-5.

37. F. W. Geels, 'From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory', *Res. Policy*, vol. 33, no. 6-7, pp. 897-920, Sept. 2004, doi: 10.1016/j.respol.2004.01.015.
38. F. W. Geels and J. Schot, 'Typology of sociotechnical transition pathways', *Res. Policy*, vol. 36, no. 3, pp. 399-417, Apr. 2007, doi: 10.1016/j.respol.2007.01.003.
39. J. H. Holland, 'Studying Complex Adaptive Systems', *J. Syst. Sci. Complex.*, vol. 19, no. 1, pp. 1-8, Mar. 2006, doi: 10.1007/s11424-006-0001-z.
40. R. Yawson, 'The Ecological System of Innovation: A New Architectural Framework for a Functional Evidence-Based Platform for Science and Innovation Policy', Jan. 04, 2019. doi: 10.31124/advance.7367138.v1.
41. J. Álvarez, 'Reportes de futuro: Tres Preocupaciones Urgentes para Chile', Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, Documento Técnico 6, 2018. [Online]. Available: <https://docs.consejoctci.cl>
42. J. Alvarez, 'Reportes de Futuro 2022: Documento 'Técnico'', Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, Documento Técnico, 2022. [Online]. Available: <https://docs.consejoctci.cl/>
43. K. Araujo, A. Figueroa, V. Garretón, M. Salazar, and J. M. Piquer, 'Chile crea futuro: Reportes de expertos para cuatro grandes fenómenos de cambio', Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, 2023.
44. Consejo Nacional de CTCI, 'Chile Crea Futuro al 2050: Informe final ejercicio de anticipación', Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, Documento Técnico, 2023. [Online]. Available: <https://docs.consejoctci.cl/>
45. I. González, K. Villarroel, and S. Díaz, 'Reporte de Futuros - 2024: Cartografías de lo desconocido: Seis fenómenos de transformación global', Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, 2024.
46. M. P. Hekkert, R. A. A. Suurs, S. O. Negro, S. Kuhlmann, and R. E. H. M. Smits, 'Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change', *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 74, no. 4, pp. 413-432, May 2007, doi: 10.1016/j.techfore.2006.03.002.
47. M. J. Menéndez, J. Alvarez, and M. S. Ugarte, 'Lineamientos para una Política Nacional de Centros de Investigación', Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, 2016. [Online]. Available: <https://docs.consejoctci.cl/wp-content/uploads/2020/09/Lineamientos-para-una-Politica-Nacional-de-centros-de-investigacion.2016.pdf>

48. Red de Gestores Tecnológicos de Chile, 'REFLEXIONES EN TORNO A LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN CHILE: EVOLUCIÓN HISTÓRICA EN CHILE, ESCENARIO ACTUAL, DESAFÍOS Y PROPUESTAS', Santiago, Chile, 2020.
49. J. P. Torres et al., 'Transdisciplinary research before, during and after COVID-19 vaccination in Chile: a virtuosic collaboration with future perspectives', *Front. Public Health*, vol. 12, p. 1354645, Apr. 2024, doi: 10.3389/fpubh.2024.1354645.
50. I. A. Signore et al., 'The Chilean COVID-19 Genomics Network Biorepository: A Resource for Multi-Omics Studies of COVID-19 and Long COVID in a Latin American Population', *Genes*, vol. 15, no. 11, p. 1352, Oct. 2024, doi: 10.3390/genes15111352.
51. Consejo CTCI, 'Orientaciones estratégicas para la transición económico - productiva Hacia un Desarrollo Sostenible. Profundización de la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo - 2022, como marco para la Política de Desarrollo Productivo Sostenible'. 2024. [Online]. Available: <https://docs.consejotctci.cl/documento/orientaciones-estrategicas-para-la-transicion-economico-productiva-hacia-un-desarrollo-sostenible/>
52. G. Cecere, N. Corrocher, C. Gossart, and M. Ozman, 'Lock-in and path dependence: an evolutionary approach to eco-innovations', *J. Evol. Econ.*, Jan. 2015, doi: 10.1007/s00191-014-0381-5.
53. J. Schot, P. Kivimaa, and J. Torrens, 'Transformando la Experimentación: Intervenciones Experimentales en Materia de Políticas y Sus Alcances Transformadores'. 2019.
54. D. E. Stokes, 'Pasteur's quadrant : basic science and technological innovation', Washington, D.C. : Brookings Institution Press, 1997.
55. M. J. Menéndez and K. Villarroel, 'Revisión de Marcos de Políticas Públicas de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación', 2023.
56. 'Innovacion-publica'. Accessed: June 16, 2024. [Online]. Available: <https://www.lab.gob.cl/innovacion-publica>
57. Ministerio de Ciencias, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 'Política Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación', Santiago, Chile, 2020. [Online]. Available: https://minciencia.gob.cl/politicactci/documentos/Politica-Nacional-CTCi_Chile-2020.pdf
58. J. Schot and W. E. Steinmueller, 'Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change', *Res. Policy*, vol. 47, no. 9, pp. 1554-1567, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.respol.2018.08.011.
59. S. Kuhlmann and A. Rip, 'Next-Generation Innovation Policy and Grand Challenges', *Sci. Public Policy*, vol. 45, no. 4, pp. 448-454, Aug. 2018, doi: 10.1093/scipol/scy011.

60. 'Anticipatory innovation governance: Shaping the future through proactive policy making', OECD Working Papers on Public Governance 44, Dec. 2020. doi: 10.1787/cce14d80-en.
61. OECD, Measuring Science and Innovation for Sustainable Growth. OECD Publishing, 2025. doi: 10.1787/3b96cf8c-en.
62. ClioDinámica Consulting SpA, 'Análisis Dinámico de la Fase de Desarrollo Económico de Chile en Comparación con Fases Experimentadas por Países Desarrollados', Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, Estudios, 2015. [Online]. Available: <https://docs.consejoctci.cl/documento/analisis-dinamico-de-la-fase-de-desarrollo-economico-de-chile-en-comparacion-con-fases-experimentadas-por-paises-desarrollados/>
63. A. Boni, S. Giachi, and J. Molas-Gallart, 'Towards a Framework for Transformative Innovation Policy Evaluation', Transformative Innovation Policy Consortium, 2019.
64. M. C. Nussbaum, Creating Capabilities. Harvard University Press, 2011. doi: 10.2307/j.ctt2jbt31.
65. 'UNESCO Science Report: the race against time for smarter development - UNESCO Biblioteca Digital'. Accessed: Oct. 06, 2025. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433>
66. U. Nations, 'Human Development Report 2001', United Nations, Jan. 2001. Accessed: Oct. 06, 2025. [Online]. Available: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2001>
67. WIPO, 'Global Innovation Index 2024 - Global Innovation Tracker'. Accessed: June 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/global-innovation-tracker.html>
68. European Commission. Directorate General for Research and Innovation., Regional Innovation Scoreboard 2023. LU: Publications Office, 2023. Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/70412>
69. 'Main Science and Technology Indicators', OECD. Accessed: June 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/en/data/datasets/main-science-and-technology-indicators.html>
70. OECD, 'Declaration on Transformative Science, Technology and Innovation Policies for a Sustainable and Inclusive Future'. 2025.

71. J. Villarroel and N. Albis, 'Medición de las capacidades de innovación territoriales a través de un Índice Regional de Innovación para Chile'.
72. C. R. Haddad and A. Bergek, 'Towards an integrated framework for evaluating transformative innovation policy', *Res. Policy*, vol. 52, no. 2, p. 104676, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.respol.2022.104676.
73. B. Ghosh, P. Kivimaa, M. Ramirez, J. Schot, and J. Torrens, 'Transformative Outcomes: assessing and reorienting experimentation with transformative innovation policy', *Transform. Innov. Policy Consort.*, vol. TIPCWP2020-02, p. 38, 2021.
74. F. W. Geels, 'Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study', 2002.
75. F. W. Geels, 'The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms', *Environ. Innov. Soc. Transit.*, vol. 1, no. 1, pp. 24-40, 2011, doi: 10.1016/j.eist.2011.02.002.
76. J. Markard, R. Raven, and B. Truffer, 'Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects', *Res. Policy*, vol. 41, no. 6, pp. 955-967, 2012, doi: 10.1016/j.respol.2012.02.013.
77. A. Boni, S. Belda-Miquel, and V. Pellicer-Sifres, 'Innovación transformadora. Propuestas desde la innovación social colectiva para el desarrollo humano', *Recer. Rev. Pensam. Anàlisi*, no. 23, pp. 67-94, June 2018, doi: 10.6035/recerca.2018.23.4.
78. J. Schot, R. Benedetti del Río, W. E. Steinmueller, and S. J. Keesman, 'Transformative Investment in Sustainability. An Investment Philosophy for the Second Deep Transition', 2022.
79. Martín Corvillo et al., Challenge-led system mapping. A knowledge management approach. in *Transitions Hub series*. Brussels: EIT Climate-KIC.
80. C. C. R. Penna, O. Y. Romero Goyeneche, and C. Matti, '(PDF) Exploring indicators for monitoring sociotechnical system transitions through portfolio networks', *ResearchGate*, Dec. 2024, doi: 10.1093/scipol/scad015.
81. P. Sierra Bosch, 'Centros de Investigación y Desarrollo e Institutos Tecnológicos Públicos. Principales características y desafíos', Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, Santiago, Chile, 2021.

ANEXOS

—

ANEXO 1. PRINCIPALES CONCLUSIONES DE LAS ENTREVISTAS

Se identificaron organismos internacionales o iniciativas (nacionales o internacionales) que realizan tareas de monitoreo y evaluación (M&E) en materia de CTCl y que estuvieran incorporando nuevos elementos acogiendo los cambios que se requieren para incorporar la visión de Ecosistema CTCl abordada previamente en el marco conceptual y las múltiples contribuciones que se esperan de la CTCl en la transición hacia un desarrollo sostenible. Cabe destacar que cada una de estos organismos o iniciativas tienen objetivos distintos y realizan M&E a distintos niveles (proyecto, organización o Ecosistema CTCl), sin embargo, los conceptos, criterios y aprendizajes son, en muchos casos, extrapolables al propósito de este trabajo.

Se entrevistaron personas de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), de *Climate Knowledge and Innovation Community (Climate KIC)*, Investigadores del Proyecto Maule Inteligente, Investigadores(as) del Consorcio de Políticas de Innovación Transformativa y profesionales de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) que trabajan en temas asociados a ciencia abierta.

El objetivo de las entrevistas fue entonces: recoger información para complementar el marco conceptual, identificar elementos importantes para definir dimensiones importantes a incluir y criterios para la selección de métricas, identificar casos a analizar en profundidad (próximo informe), publicaciones relevantes a revisar y nuevas personas a entrevistar en una lógica de bola de nieve.

Las entrevistas se realizaron online vía *Google Meet* y fueron de carácter semiestructurado, guiadas por una pauta común. Se abordaron tres aspectos: diagnóstico sobre las limitaciones del M&E; propuestas y aprendizaje institucional, casos e iniciativas que menciona como pertinentes a este estudio.

Las entrevistas fueron transcritas y analizadas cualitativamente utilizando una estructura común. A continuación se presentan las principales conclusiones a partir de entrevistas realizadas:

Limitaciones del enfoque tradicional de monitoreo

Existe consenso en que los sistemas actuales de M&E, centrados en indicadores clásicos como gasto en I+D, publicaciones o patentes, son insuficientes para comprender la dinámica real del ecosistema CTCl. Se los percibe como instrumentos *ex post*, con escasa capacidad para captar procesos, cambios institucionales o impactos en los territorios. “Nos enfocamos mucho en los outputs, pero lo importante es el proceso, qué se aprendió, qué se cambió”. Además, su dependencia de fuentes de datos tradicionales y su desfase temporal limitan su utilidad para la toma de decisiones en tiempo real. “Muchos de los indicadores están atrasados, llegan tarde y no nos permiten reaccionar a tiempo para la política”.

Transición hacia enfoques formativos, flexibles y orientados a la transformación

Las entrevistas evidencian una demanda por transitar desde modelos centrados en la rendición de cuentas hacia marcos de evaluación orientados al aprendizaje y la transformación. Se propone incorporar indicadores que midan procesos de cambio —como la colaboración, la adaptabilidad, el aprendizaje institucional y la direccionalidad de la política— complementando los indicadores de resultados. Se destaca el uso de teorías de cambio, mapas de impacto y evaluaciones formativas como herramientas que permiten acompañar la implementación de políticas y programas, más que evaluarlos sólo a posteriori. “Lo que importa no es solo medir el impacto, sino si el sistema está evolucionando hacia donde queremos”. “Hay que ir hacia una evaluación que acompañe la política, no que la castigue después”.

Diversificación metodológica y uso combinado de fuentes de información

Los distintos actores coinciden en que un sistema robusto debe combinar métodos cuantitativos y cualitativos, junto con fuentes de datos tradicionales y emergentes. Se mencionan enfoques como el análisis de redes de colaboración, la bibliometría temática orientada a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el uso de datos administrativos y el análisis automatizado de texto mediante herramientas de inteligencia artificial. También se propone integrar estudios de caso y evidencias cualitativas para capturar aprendizajes, contextos y resultados no observables a través de estadísticas convencionales.

Relevancia de la gobernanza participativa y del sentido político del M&E

El M&E se concibe no sólo como una herramienta técnica, sino también como un proceso político que debe involucrar a los distintos actores del ecosistema. Se reconoce que un sistema de M&E legítimo y útil requiere participación desde el diseño, anclaje institucional y un uso político claro del conocimiento generado. Por ello se plantea que el sistema de M&E debe construirse de manera participativa, con acuerdos sobre objetivos, métodos e indicadores, y con un propósito claro: informar y orientar la política pública. Para ello, se requiere institucionalizar el aprendizaje, generar capacidades analíticas estables y fortalecer la gobernanza de datos en los distintos niveles del sistema.

Nuevas dimensiones de análisis: ciencia abierta y pertinencia territorial

Surgen nuevos aspectos que deben incorporarse en el M&E, como las prácticas de ciencia abierta, la pertinencia territorial y la colaboración entre sectores. Estas dimensiones requieren métricas adaptadas a procesos culturales y organizacionales, por ejemplo, indicadores sobre gobernanzas institucionales, acceso a datos, interoperabilidad de repositorios o niveles de adopción de políticas de acceso abierto. También se destaca la necesidad de desarrollar indicadores regionalizados y sensibles a los contextos locales.

Aprendizajes de experiencias y utilidad de casos piloto

Las experiencias mencionadas —tanto nacionales como internacionales— muestran la utilidad de pilotos y laboratorios de aprendizaje institucional para diseñar nuevas métricas y generar capacidades. En las entrevistas se mencionan metodologías de evaluación como outcome mapping, Q-methodology y análisis de narrativas institucionales, como alternativas que complementan metodologías tradicionales. Casos como la implementación de plataformas regionales de indicadores, programas de innovación transformativa o políticas de ciencia abierta ilustran cómo es posible experimentar con alternativas para medir cambios culturales, institucionales y sistémicos que no son fáciles de capturar con las métricas tradicionales.

Hacia un sistema nacional de monitoreo como política transformadora

El conjunto de entrevistas sugiere que el monitoreo y la evaluación deben entenderse como parte constitutiva de la política de CTCl, no sólo como un mecanismo de control o rendición de cuentas. Un sistema nacional de monitoreo debería basarse en una gobernanza colaborativa, con infraestructura interoperable, financiamiento estable y capacidades técnicas que permitan generar inteligencia estratégica para la toma de decisiones. En última instancia, el M&E del ecosistema CTCl debe contribuir a orientar la acción pública hacia el aprendizaje colectivo, la sostenibilidad y el fortalecimiento institucional. “El monitoreo no debe ser tecnocrático, sino una política transformadora en sí misma”. “Tenemos que institucionalizar el aprendizaje dentro del ecosistema”

ANEXO 2. ANÁLISIS DE CASOS

A partir del trabajo realizado se propone el análisis de los siguientes casos a analizar. Se buscó abordar una mezcla entre instrumentos de larga trayectoria más tradicionales y enfoques emergentes en materia de M&E que permitieran definir dimensiones y criterios para la propuesta de M&E del Ecosistema CTCl balanceando dimensiones tradicionales y algunas emergentes.

Los Casos tradicionales propuestos para análisis de dimensiones e indicadores son:

1. Indicadores del *Global Innovation Index* (GII)
2. Indicadores del *European Innovation Scoreboard* (EIS)
3. Indicadores del *Science, Technology and Innovation Outlook* de la OECD
4. Indicadores del Índice Regional de Innovación de Chile

La siguiente tabla resume algunas de sus características

TABLA 12: CASOS TRADICIONALES A ANALIZAR Y SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Criterio	<i>Global Innovation Index</i> (GII)	<i>European Innovation Scoreboard</i> (EIS)	Indicadores del <i>OECD STI Outlook</i>	Índice Regional de Innovación (IRI-Chile)
Tipo	Índice	Índice	Indicadores por temática	Índice
Nivel de análisis	Nacional	Nacional (UE)	Sistémico/político	Regional (Chile)
Periodicidad	Anual	Anual	Bianual	Variable (2016 y 2022)
Indicadores	80	32	Estadísticos + cualitativos	28 adaptados + proxies

Criterio	<i>Global Innovation Index (GII)</i>	<i>European Innovation Scoreboard (EIS)</i>	Indicadores del <i>OECD STI Outlook</i>	Índice Regional de Innovación (IRI-Chile)
Dimensiones	7 pilares	12 dimensiones/ 4 bloques	Flexible por temas, ha cambiado en el tiempo	4 dimensiones / 10 subdimensiones
Objetivo principal	Benchmarking global	Comparación regional UE	Diagnóstico estratégico	Diagnóstico territorial
Orientación del enfoque	Cuantitativa, comparativa	Cuantitativa, regional	Cualitativa, sistémica	Cuantitativa, contextual
Fortalezas	Comparabilidad global, amplitud	Comparabilidad a nivel de UE	Profundidad política	Relevancia territorial
Limitaciones	Poco útil para políticas transformadoras	Foco en innovación tradicional	En indicadores menos tradicionales disminuye comparabilidad y varía periodicidad	Dependencia de datos disponibles

Los de enfoques emergentes propuestos para análisis de dimensiones e indicadores son:

5. *Transformative Outcomes* (Alcances Transformativos)
6. Análisis de Redes

A continuación, una descripción de cada uno de estos.

1. *Global Innovation Index (GII)*

El *Global Innovation Index* (GII) es una herramienta internacional de referencia que mide el desempeño innovador de más de 130 economías a nivel global. El Índice Global de Innovación (GII) fue lanzado en 2007 por el profesor Soumitra Dutta con el objetivo de identificar y determinar métricas y métodos que pudieran capturar una imagen lo más completa posible de la innovación en la sociedad.

“Hubo varias motivaciones para establecer este objetivo. En primer lugar, la innovación es importante para impulsar el progreso económico y la competitividad, tanto en las economías desarrolladas como en las economías en desarrollo. Muchos gobiernos están situando la innovación en el centro de sus estrategias de crecimiento. En segundo lugar, la definición de innovación se ha ampliado y ya no se limita a los laboratorios de investigación y desarrollo (I+D) y a los artículos científicos publicados. El concepto de innovación se ha vuelto más general y horizontal, y ahora incluye aspectos sociales, de modelos de negocio y técnicos. Por último, pero no por ello menos importante, reconocer y celebrar la innovación en los mercados emergentes es fundamental para inspirar a las personas, especialmente a la próxima generación de emprendedores e innovadores[67]”.

El GIÍ presenta una forma de evaluar de manera comparativa la capacidad y los resultados de innovación de los países, brindando información útil tanto para formuladores de políticas como para el sector privado, instituciones académicas y organismos multilaterales. Cabe destacar que el foco principal en el índice es analizar el impacto de la CTCl en el desempeño económico de los países y su competitividad, sin embargo se han ido incorporando análisis para dar cuenta del impacto de la innovación en otras dimensiones, por ejemplo en el calentamiento global y la pobreza. Las definiciones utilizadas para su elaboración se basan en el Manual de Oslo.

El índice es elaborado y publicado anualmente por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), en colaboración con instituciones como la Escuela de negocios INSEAD, el *Portulans Institute* y socios regionales, desde su primera edición en 2007. El GIÍ se estructura en dos grandes bloques: insumos y resultados de innovación. El subíndice de insumos evalúa cinco pilares: instituciones (que considera el entorno político, regulatorio y empresarial), capital humano e investigación (incluyendo educación e inversión en I+D), infraestructura (especialmente telecomunicaciones, logística y sostenibilidad), sofisticación del mercado (acceso a financiamiento e inversión) y sofisticación del negocio (enlace entre empresas e instituciones de conocimiento, clústeres de innovación y gasto en intangibles). Por su parte, el subíndice de resultados considera la producción de conocimiento y tecnología (como patentes, publicaciones científicas, exportaciones de alta tecnología) y la producción creativa (incluyendo marcas registradas, diseño, y bienes culturales y digitales). En la figura 1 se muestra la estructura del GIÍ.

Los indicadores se escalan en relación con otros indicadores comparables o mediante la división por el producto interior bruto (PIB) en dólares estadounidenses corrientes, el PIB en paridad de poder adquisitivo en dólares internacionales (PIB en PPP\$), la población, el comercio total, etc.

FIGURA 5. ESTRUCTURA DEL GLOBAL INNOVATION INDEX



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DEL SITIO WEB DELX GII.

En total, el índice incluye 78 indicadores: 63 variables son datos concretos, 10 son indicadores compuestos, y cinco son preguntas de encuestas del Estudio de Opinión Ejecutiva del Foro Económico Mundial (tres) y del Estudio Nacional de Expertos (NES) del *Global Entrepreneurship Monitor* (dos). Estos datos se someten a procesos de normalización estadística y se agregan mediante metodologías estandarizadas, lo que permite construir tanto un puntaje global como rankings comparativos. Asimismo, el índice calcula una métrica adicional llamada *Innovation Efficiency Ratio*, que mide cuán eficientemente un país transforma insumos en resultados de innovación.

El GII se destaca por su amplitud geográfica y temática, y por su capacidad de integrar múltiples

dimensiones de la innovación. A diferencia de otros índices centrados en economías avanzadas, el GII ofrece perfiles detallados de países en desarrollo y emergentes, ayudando a visualizar desigualdades estructurales y a diagnosticar brechas clave. Además, promueve una comprensión amplia de la innovación, incorporando tanto componentes tecnológicos como culturales y sociales. Por estas razones, el GII se ha consolidado como un instrumento clave para orientar estrategias nacionales de innovación y para monitorear el progreso hacia economías basadas en el conocimiento.

El GII ha tenido diversos cambios desde su creación. Existe una incorporación progresiva de indicadores de Tecnologías de la Información y las Comunica-

ciones (TIC), en 2011 se incluían indicadores básicos como el número de usuarios de Internet por cada 100 habitantes, y el número de suscripciones móviles. Hacia 2016 y especialmente desde 2020, se incorporaron indicadores más avanzados como: porcentaje de hogares con acceso a Internet, población cubierta por al menos una red 3G y 4G (desde 2021 se incorpora también 5G), costo del acceso a banda ancha fija y móvil como porcentaje del ingreso per cápita, tráfico mensual de datos móviles por suscripción (GB/mes), número de suscripciones activas de banda ancha móvil por cada 100 personas. Desde 2021 se agregan indicadores como “Commits en GitHub” y “Creación de aplicaciones móviles”, para capturar actividad digital descentralizada y producción tecnológica abierta. Estos cambios responden al reconocimiento de que la infraestructura digital es un habilitador clave de la innovación, especialmente en economías emergentes. Además, reflejan los avances tecnológicos en conectividad, reducción de costos y democratización del acceso a servicios digitales.

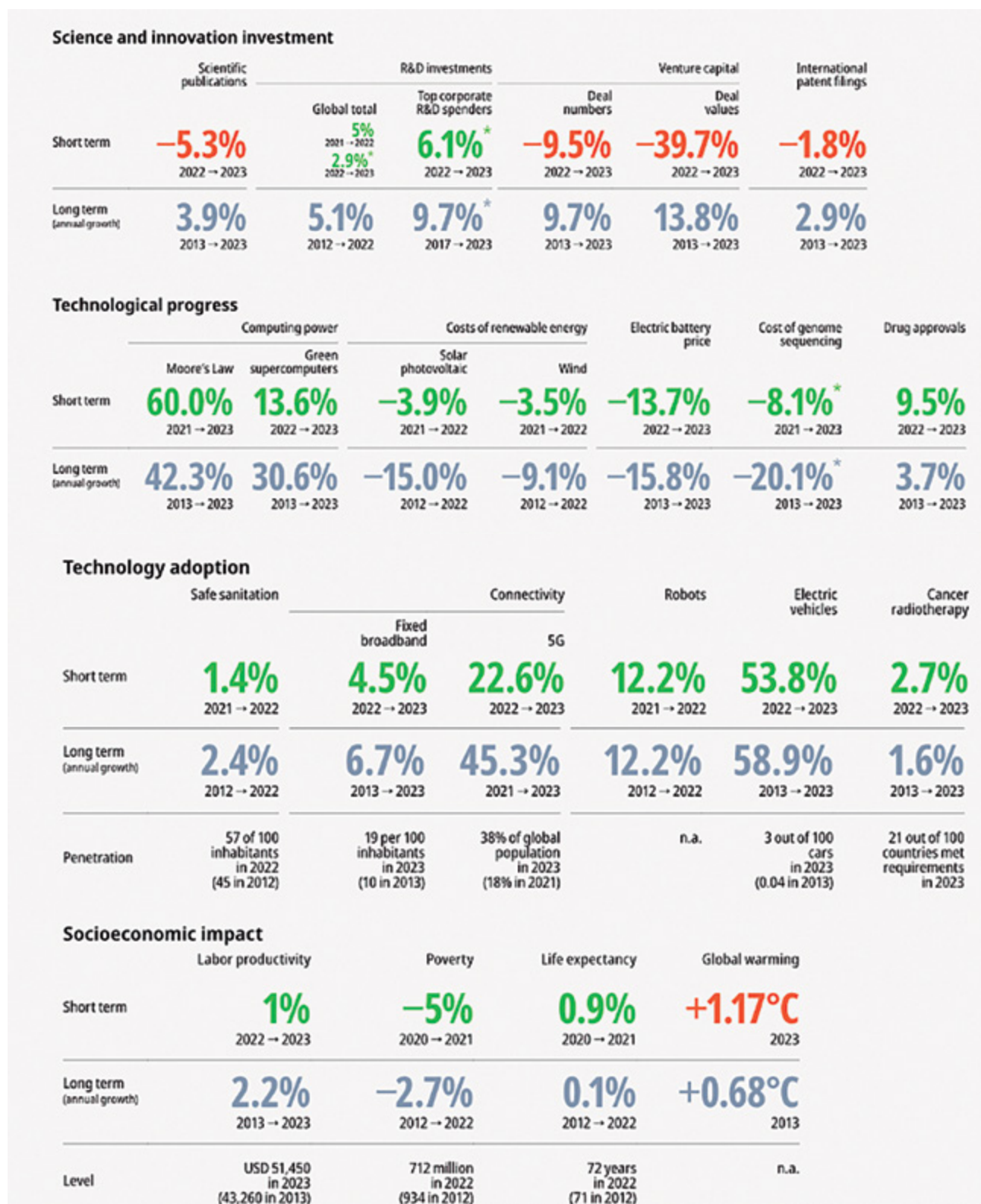
Desde el año 2014, el GII ha comenzado a integrar explícitamente indicadores vinculados a la sostenibilidad ambiental, especialmente en el Pilar 3 (Infraestructura). A lo largo de los años, esta dimensión se ha reforzado progresivamente. Entre los principales cambios destacan:

- En 2014 se incluye el subpilar “Sostenibilidad ecológica”, el cual inicialmente contemplaba indicadores como “GDP por unidad de energía” y la proporción de energía limpia utilizada.
- Desde 2015 se refuerza con la incorporación de “Certificaciones ISO 14001”, que miden la adopción de sistemas de gestión ambiental en empresas.
- La edición de 2018 puso énfasis en la transición energética en su tema central, motivando la evaluación de infraestructura energética verde.

- En 2023 y 2024 se incluyen nuevos indicadores como “Uso de energía baja en carbono”, lo que refleja una alineación con los compromisos climáticos internacionales.

En 2021 OMPI desarrolló el *Global Innovation Tracker*, que utiliza algunos de los datos del GII y los complementa con otros, que actualiza de forma dinámica a diferencia del reporte del GII que se publica una vez al año. En la siguiente figura se presenta el *Global Innovation Tracker* disponible online que muestra cambios en el corto y largo plazo en tres dimensiones: inversión global en ciencia e innovación, progreso tecnológico, adopción tecnológica e impacto socioeconómico.

FIGURA 6. GLOBAL INNOVATION TRACKER DASHBOARD



FUENTE: GLOBAL INNOVATION TRACKER- WIPO[67]

2. *European Innovation Scoreboard (EIS)*

El *European Innovation Scoreboard (EIS)*[68] es un instrumento desarrollado por la Comisión Europea con el propósito de proporcionar una evaluación comparativa del desempeño en innovación de los Estados miembros de la Unión Europea, así como de países asociados. Esta herramienta busca facilitar el monitoreo de las capacidades de innovación de cada país y orientar las decisiones políticas al identificar fortalezas y debilidades relativas, en función de un conjunto de indicadores comúnmente aceptados. Se publica anualmente y forma parte integral del marco de seguimiento de las políticas de investigación e innovación en Europa.

El EIS permite comparar el progreso de los países en relación con sus pares y clasifica sus niveles de desempeño en cuatro categorías: líderes en innovación, innovadores fuertes, innovadores moderados e innovadores emergentes. Esta clasificación se basa en un sistema robusto de indicadores que considera tanto las condiciones estructurales como los resultados observables de la actividad innovadora.

La metodología del EIS se sustenta en 32 indicadores, organizados en 12 dimensiones dentro de cuatro bloques principales: condiciones marco, inversiones, actividades de innovación e impactos. Estos se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 13. INDICADORES DEL EUROPEAN INNOVATION SCOREBOARD 2024

Categoría	Dimensión	Indicadores principales
Condiciones Marco	Recursos Humanos	Porcentaje de población con educación terciaria, Participación en aprendizaje permanente, Graduados en doctorado por cada 1.000 personas de 25-34 años
	Sistemas de Investigación Atractivos	Co-publicaciones científicas internacionales, Porcentaje de estudiantes de doctorado extranjeros, Citas científicas de alto impacto
	Digitalización	Porcentaje de individuos con habilidades digitales básicas, Empresas que ofrecen formación en TIC, Penetración de banda ancha de alta velocidad
Inversiones	Financiamiento y Apoyo	Capital de riesgo como porcentaje del PIB, Gasto público en I+D, Apoyo gubernamental a empresas para actividades de innovación
	Inversiones empresariales	Gasto empresarial en I+D, Empleo de especialistas en TIC, Gasto en innovación no relacionado con I+D
	Uso de Tecnologías de la Información	Empresas que realizan comercio electrónico, PYMEs que venden online, Uso de servicios en la nube
Actividades de Innovación	Innovadores	Porcentaje de PYMEs con innovaciones de producto/proceso, Innovación en marketing u organización
	Vinculaciones	Colaboraciones entre PYMEs innovadoras, Co-publicaciones público-privadas, Movilidad laboral en sectores de alta tecnología
	Activos Intelectuales	Solicitudes de patentes PCT, Solicitudes de marcas registradas, Diseños registrados
Impactos	Impacto en el Empleo	Empleo en actividades intensivas en conocimiento, Empleo en empresas innovadoras
	Impacto en Ventas	Exportaciones de productos de media y alta tecnología, Exportaciones de servicios intensivos en conocimiento
	Sostenibilidad Ambiental	Patentes en tecnologías ambientales como proporción del total, Emisiones de partículas finas por unidad de producción

Todos los indicadores son recolectados de fuentes oficiales como Eurostat, OCDE, el Banco Mundial y otras instituciones internacionales, y se presentan de forma normalizada para permitir la comparación entre países. El índice global para cada país se calcula como el promedio ponderado de los indicadores, y se expresa en forma de puntuación relativa respecto al promedio de la Unión Europea.

Una característica destacada del EIS es su enfoque en la medición objetiva, lo cual ha contribuido a estandarizar el monitoreo de la innovación en Europa y a vincularlo con los objetivos estratégicos del Espacio Europeo de Investigación y del programa Horizonte Europa. Al ofrecer series comparativas y desagregaciones específicas, el EIS se convierte en una herramienta útil tanto para el diseño de políticas públicas como para el seguimiento de compromisos políticos a nivel nacional y europeo.

El *European Innovation Scoreboard* ha evolucionado con los años para reflejar nuevas prioridades, tales como la transición verde y digital. Se introdujeron indicadores para abordar la digitalización tales como: cantidad de individuos con habilidades

digitales básicas, especialistas en TIC empleados, penetración de banda ancha (en empresas, ≥ 100 Mb/s). *“La digitalización mide el nivel de tecnologías digitales e incluye dos indicadores: la penetración de banda ancha entre empresas y (la oferta de) individuos con habilidades digitales básicas.”* Para abordar la transición verde el 2021 fueron incorporados como indicadores: la productividad de recursos (PIB por consumo interno de materiales), exposición a contaminación del aire (PM2.5) y tecnologías medioambientales (patentes verdes clasificación ENV-TECH de la OCDE).

El EIS sigue siendo una de las referencias más importantes a nivel internacional para evaluar el estado de los ecosistemas de innovación. Su consistencia metodológica, alcance regional y capacidad de actualización lo convierten en un instrumento confiable y estratégico para avanzar hacia una Europa más competitiva, cohesionada e innovadora.

3. Outlook de Ciencia, Tecnología e Innovación de la OCDE

El *Outlook* de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en inglés el *Science, Technology and Innovation Outlook* (STI Outlook) es una serie que se publica cada dos años desde principios de los años 2000. Su propósito es proporcionar una visión comparada y estratégica de indicadores y políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) en países miembros y socios, con el fin de orientar decisiones de política pública basadas en evidencia. Se construye bajo el alero de la División de Ciencia, Tecnología e Innovación (*Directorate for Science, Technology and Innovation* (DSTI)) y el Comité de Política Científica y Tecnológica (*Committee for Scientific and Technological Policy* (CSTP)) de la OCDE.

Los reportes incluyen tanto indicadores cuantitativos como análisis cualitativos. Para ello se reúne evidencia de múltiples fuentes, incluyendo indicadores recopilados por la OCDE (dentro de los *OECD Main Science and Technology Indicators* (MSTI)[69] que son reportados los gobiernos de distintos países o son producto de análisis internos, data de organizaciones internacionales (ej: la Agencia Internacional de Energía (IEA)), información sobre políticas de CTI usadas en distintos países las que son sistematizadas en el *STIP Compass* de la OCDE y literatura especializada acorde a cada temática.

Los enfoques han ido cambiando a lo largo de los años asociados al contexto de cada momento y los marcos de política predominantes. Por ejemplo, se ha evolucionado del *benchmarking* entre países usando indicadores estándar a la búsqueda de análisis enfocados al cambio sistémico y temáticas específicas. En 2010, el enfoque era aún lineal y centrado en I+D. Las políticas buscaban aumentar la inversión privada, mejorar la eficiencia en el sistema y estimular el crecimiento. En 2014, se incorpora el marco de sistemas de innovación ampliado, que reconoce la importancia de las redes de conocimiento, la ciencia abierta y los contextos sociopolíticos. Aparece también la idea de “innovación inclusiva”, definida como aquella que busca resultados más allá de la productividad, como equidad, acceso y bienestar. El último informe en 2023 representa un cambio profundo en el enfoque, orientado explícitamente a apoyar las *transiciones sostenibles* y responder a crisis globales (pandemia, cambio climático, tensiones geopolíticas). Introduce conceptos como “securitización” de la política de CTI, políticas orientadas por misiones (MOIPs) y gobernanza anticipatoria de tecnologías emergentes. Se destaca la necesidad de coordinaciones intersectoriales, inteligencia estratégica, participación social y colaboración internacional.

La siguiente tabla resume los enfoques de los reportes de algunos años seleccionados y el contexto internacional en que se desarrollan.

TABLA 14. ENFOQUES Y CONTEXTOS

Edición	Enfoque principal	Contexto internacional
2004	<i>Benchmarking</i> estructural, énfasis en I+D y competitividad.	Globalización de mercados, presiones por eficiencia.
2006	Consolidación de sistemas nacionales de innovación, enfoque en gobernanza y capacidades.	Auge de Asia, crecimiento de la producción de conocimiento.
2010	Estímulo a la innovación como motor de recuperación post-crisis.	Crisis financiera global 2008-2009.
2014	Enfoque sistémico, énfasis en inclusión, sostenibilidad y redes de conocimiento.	Crisis de confianza institucional, retos sociales.
2018	Innovación orientada a misiones y transformaciones globales.	Cambio tecnológico acelerado, Agenda 2030.
2021	Ciencia e innovación para la resiliencia, enfoque en preparación ante crisis.	Pandemia COVID-19.
2023	Transformación sistémica, misiones y transiciones gemelas (verde/digital).	COVID-19, guerra de agresión de Rusia a Ucrania, crisis climática.

En la siguiente tabla se analizan sintetizan algunas dimensiones de análisis y cómo se abordan en cada reporte.

TABLA 15. DIMENSIONES DE ANÁLISIS SEGÚN AÑO

Dimensión	2004	2006	2010	2014	2018	2021	2023
I+D (input)	Énfasis en gasto público (GBARD), estructuras institucionales de financiamiento.	Énfasis en fortalecimiento institucional, instrumentos para incentivar la I+D privada.	GERD, BERD, gasto público y privado.	Añade análisis de instrumentos de financiamiento mixto.	Explora mecanismos alternativos de financiación y nuevos instrumentos (pej. fondos por desafíos).	Impacto del COVID en gasto I+D; resiliencia presupuestaria.	Incluye gasto en tecnologías verdes, digitalización y salud.
Producción científica	Publicaciones y patentes tradicionales.	Participación en publicaciones internacionales, citas.	Publicaciones, patentes, colaboraciones.	+ Patentes colaborativas internacionales, publicaciones en red.	+ AI en ciencia, publicaciones abiertas, big data.	Datos de COVID y ciencia abierta; desigualdad en acceso.	+ Patentes en tecnologías climáticas, IA, semiconductores.
Capital humano	Recursos humanos en ciencia y tecnología.	Fortalecimiento de capacidades, políticas para formación avanzada.	STEM, número de investigadores.	Movilidad, atracción de talento.	Brechas de formación en IA, equidad de género y diversidad.	Capacidades post-COVID, digitalización rápida del trabajo científico.	Capacidades digitales, migración calificada, competencias verdes.
Infraestructura digital	Emergente, banda ancha inicial.	Inversión en TIC, redes institucionales.	Infraestructura TIC incipiente.	Expansión de banda ancha, ciencia abierta.	5 G, IA, plataformas, big data.	Infraestructura crítica en contexto pandémico.	Conectividad como derecho social, plataformas digitales.
Sostenibilidad	Mencionada marginalmente (eco-eficiencia).	Atención incipiente a tecnologías limpias.	No incluida como eje.	Prioridad emergente (eco-innovación, compras públicas ecológicas).	ODS como eje estratégico.	Resiliencia climática como necesidad estructural.	Transición verde, resiliencia climática, misiones asociadas a cero emisiones.
Gobernanza y políticas	Benchmarking y buenas prácticas.	Mejoras en diseño de políticas, institucionalidad.	Incentivos fiscales, subsidios, apoyos sectoriales.	Fortalecimiento de redes, participación multiaxial.	Gobernanza adaptativa, diseño experimental.	Gobernanza para la incertidumbre, co-creación.	Gobernanza de misiones, estrategia anticipatoria y evaluaciones.

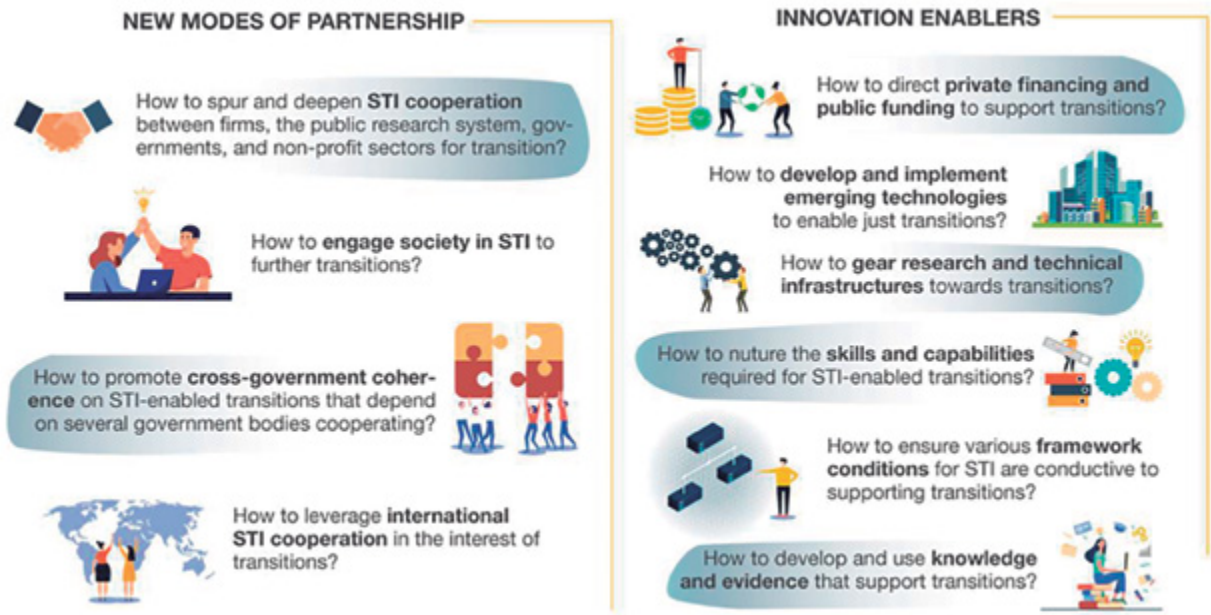
El último reporte, publicado en 2023, *Enabling Transitions in Times of Disruption*[1] adopta un enfoque de innovación para la transición sostenible, tomando algunos elementos de innovación transformativa y políticas orientadas por misión. En el reporte se abordan los indicadores e información asociados a un contexto o temática específica. El primer capítulo: Política de ciencia, tecnología e innovación en tiempos de crisis mundiales basa su análisis en el contexto de la pandemia de COVID-19 y la agresión de Rusia a Ucrania. Se analizan los efectos de la pandemia en la inversión en I+D, caracteriza la I+D+i en la temática y plantea recomendaciones para generar resiliencia para este tipo de crisis que podrían repetirse en el futuro.

El segundo capítulo: “Política de ciencia, tecnología e innovación en tiempos de competencia estratégica”, analiza este fenómeno. Se plantea que el avance tecnológico de China ha intensificado la competencia estratégica, llevando a países de la OCDE y a Estados Unidos a buscar reducir dependencias tecnológicas y de cadenas de suministro (sobretudo en tecnologías estratégicas como semiconductores y minerales críticos), reforzando su industria y aliándose con economías afines. Esto con el fin de ser más competitivos y reforzar su resiliencia y seguridad interna. En el capítulo se analizan indicadores de gasto y personal en I+D, publicaciones y patentes de China, Estados Unidos y la Unión Europea, como los

territorios que lideran el desarrollo de la CTCL a nivel mundial. Se analiza luego la colaboración a través de coautoría de publicaciones científicas y la interdependencia reflejada en la importación y exportación de productos de actividades económicas de mediana y alta intensidad tecnológica (ej: farmacéuticos, equipos computacionales, armas, entre otros). Se analizan además 3 distintos tipos de políticas usadas por los países para reforzar su autonomía tecnológica, incluyendo políticas para restringir el acceso a las tecnologías (protección), inversión en ambiciosas políticas industriales nacionales para reforzar su competitividad económica (promoción) y fortalecimiento de las alianzas tecnológicas internacionales con países afines (proyección).

El tercer capítulo: “Políticas de ciencia, tecnología e innovación para la transición hacia la sostenibilidad” que destaca diferentes desafíos para las políticas de CTCL si se quiere cumplir con este objetivo, ver figura siguiente.

FIGURA 7. RETOS CLAVE PARA LA POLÍTICA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA PROMOCIÓN DE TRANSICIONES HACIA LA SOSTENIBILIDAD



FUENTE: OECD STI OUTLOOK 2023[2]

Se plantean condiciones necesarias para aportar a la transición clasificados en diferentes dominios de política CTCI:

- Financiamiento y fondos para la transición hacia la sostenibilidad
- Tecnologías habilitadoras para la transición hacia la sostenibilidad
- Infraestructuras técnicas y de investigación
- Cooperación y alianzas dentro de los ecosistemas de innovación
- Coordinación intergubernamental para la transición
- Condiciones marco para la transición hacia la sostenibilidad impulsada por la ciencia, la tecnología y la innovación
- Compromiso social y transición justa
- Inteligencia estratégica para la transición hacia la sostenibilidad
- Cooperación internacional
- Habilidades y capacidades

En cada dominio se analizan las condiciones necesarias y recomendaciones, en la mayoría de los casos los datos que se presentan son cualitativos, describiendo ejemplos de distintos países. Se incluyen indicadores cuantitativos relacionado con CTCl en energía y cambio climático como: tendencias en el gasto público en I+D en energía y medioambiente, salud y ciencias médicas y gasto público total en I+D; presupuestos públicos para I+D en energía baja en carbono en países líderes y patentes en tecnologías relacionadas con el cambio climático como porcentaje del total de patentes.

El cuarto capítulo: “Movilizar la ciencia en tiempos de crisis: lecciones aprendidas de la COVID-19”, aborda esta temática relevando lecciones que pueden posicionar a la ciencia para responder de manera más eficaz a futuras crisis. Por ejemplo, se puede aprender mucho de la cooperación exitosa entre diversos actores durante la pandemia, pero reforzar estas relaciones a largo plazo puede requerir un cambio significativo en la cultura académica, las estructuras, los incentivos y las recompensas. Se incluyen indicadores de publicaciones de acceso abierto (*open access*), disponibilidad de evidencia científica para el manejo de la pandemia y distintos análisis cualitativos y recomendaciones.

El quinto capítulo: “Alcanzar el objetivo de cero emisiones netas: ¿Cumplen las políticas orientadas por misión sus numerosas promesas?” analiza distintos casos de políticas orientadas por misión para el objetivo de cero emisiones, relevando aprendizajes y recomendaciones.

El sexto capítulo: “Gobernanza de las tecnologías emergentes: hacia un marco anticipatorio”, plantea que las tecnologías emergentes son clave para enfrentar crisis y promover transformaciones, pero también pueden generar riesgos sociales, ambientales y éticos. Por ello, es necesario integrar valores democráticos como derechos humanos, sostenibilidad y transparencia en su desarrollo. Aunque hay incertidumbre sobre cómo hacerlo, el uso de principios y herramientas de diseño desde una lógica ascendente “*upstream*” puede apoyar transiciones justas y una tecnología alineada con valores. Este capítulo analiza criterios y herramientas para orientar una gobernanza anticipatoria de estas tecnologías. Se incluyen definiciones, recomendaciones y descripción de casos.

En la siguiente tabla se presentan ejemplos de indicadores y análisis divididos en 10 áreas o dominios de política CTCl que fueron mencionados anteriormente.

TABLA 15. INDICADORES Y ANÁLISIS DIVIDIDOS EN ÁREAS O DOMINIOS DE POLÍTICA CTCI

Dominios o áreas de Política	Ejemplos Indicadores	Análisis general
1. Financiamiento de la CTI y fondos para la transición hacia la sostenibilidad	<p>Tendencias en el Gasto público en I+D en: energía y medioambiente, salud y ciencias médicas y gasto público total en I+D</p>	<p>Aunque las inversiones públicas en I+D en materia de energía y medio ambiente han aumentado en los últimos años, su crecimiento deberá acelerarse si se quiere que los avances tecnológicos sigan el ritmo de los objetivos de cero emisiones netas. Las transiciones hacia la sostenibilidad requieren niveles de inversión transformadores durante un largo período, que abarque todas las partes de la cadena de innovación.</p>
	<p>Presupuestos públicos para I+D en energía baja en carbono (datos de la Agencia Internacional de Energía), se analizan países o territorios líderes en I+D: Norte América, Japón+Corea+Australia+Nueva Zelanda, Europa, China y resto del mundo.</p>	<p>Además de aumentar los niveles de gasto en investigación, desarrollo y demostración (RD&D), los gobiernos deben considerar la forma en que realizan sus inversiones y a qué partes de la cadena de innovación se dirigen. Los gobiernos siguen siendo los principales inversores en investigación fundamental, pero esta debe centrarse más en las soluciones y orientarse hacia la generación de nuevos conocimientos y tecnologías bajas en carbono. Para ello es necesario integrar los conocimientos y las perspectivas de diferentes disciplinas y sectores de la sociedad, así como realizar más investigaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias.</p>
	<p>Patentes y marcas en tecnologías relacionadas con el cambio climático como porcentaje del total de patentes y marcas.</p>	

Dominios o áreas de Política	Ejemplos Indicadores	Análisis general
<p>1. Financiamiento de la CTI y fondos para la transición hacia la sostenibilidad</p>	<p>Financiamiento público de la I+D y la innovación empresarial Financiamiento directo del gobierno y ayudas fiscales (incentivos tributarios) del gobierno para la I+D empresarial Como porcentaje del PIB, 2006 y 2020</p>	<p>En las últimas dos décadas se han producido cambios considerables en la combinación de políticas de apoyo a la I+D empresarial, con un cambio casi universal de los instrumentos de apoyo directo a una mayor dependencia de los incentivos fiscales a la I+D. En los países de la OCDE, los incentivos fiscales a la I+D representaron alrededor del 60 % del apoyo total del gobierno a la I+D empresarial en 2019, frente al 36 % en 2006. Tras dos décadas de implantación generalizada, existe un amplio consenso en que los incentivos fiscales son, en principio, más adecuados para fomentar las actividades de I+D con potencial cercano al mercado. Por el contrario, las subvenciones directas son más adecuadas para apoyar la I+D a largo plazo y de alto riesgo, así como para centrarse en áreas específicas que generan bienes públicos o tienen un potencial de repercusión especialmente alto. Ambos tipos de medidas proporcionan un apoyo útil, pero la creciente urgencia de abordar retos sociales clave como el cambio climático apunta a la necesidad de un enfoque más directivo que utilice medidas directas.</p>
	<p>Financiamiento privado a la I+D e innovación.</p>	<p>A pesar del apoyo público, el financiamiento disponible no es suficiente para llevar innovaciones sostenibles al mercado, por lo que se requiere inversión privada. El capital riesgo complementa las ayudas públicas al financiar proyectos piloto y ayudar a pequeñas empresas a crecer. Sin embargo, la transición ecológica enfrenta barreras como baja rentabilidad percibida, asimetrías de información y dificultades para cumplir criterios financieros exigentes, lo que limita la inversión privada en I+D+i verde. En este contexto, la financiación combinada —que une capital público y privado mediante herramientas como mecanismos de primera pérdida— surge como una solución para movilizar inversión a lo largo de toda la cadena de innovación. Esta estrategia puede aumentar la inversión en I+D orientada a bienes públicos como el aire limpio o el agua, donde hay alto valor social pero bajo incentivo económico.</p>

Dominios o áreas de Política	Ejemplos Indicadores	Análisis general
2. Tecnologías habilitantes para la transición hacia la sostenibilidad	<p>Presupuesto públicos para la I+D+D en energías renovables y otras tecnologías baja en carbono como % del presupuesto público para ID+D en energía por tecnología.</p> <p>Categorías: eficiencia energética, energía nuclear, combustibles fósiles, hidrógeno y pilas de combustible, fuentes de energías renovables, otras tecnologías de energía y almacenamiento, no asignado</p>	<p>En los últimos años se ha producido un despliegue generalizado de determinadas tecnologías energéticas bajas en carbono, en particular la energía fotovoltaica, las baterías para vehículos eléctricos y las turbinas eólicas. Los gobiernos están asumiendo un papel más intervencionista en su intento por acortar el ciclo de innovación, lo que les obliga a tomar decisiones tecnológicas. Estas decisiones suelen basarse en modelos de cartera que buscan «diversificar las apuestas» entre una variedad de tecnologías y evitar el bloqueo tecnológico “lock-ins”.</p>
3. Infraestructura de investigación y técnica	<p>Análisis descriptivos</p>	<p>Diversos tipos de infraestructuras son esenciales para la investigación y la innovación tecnológica. Los laboratorios y los equipos de investigación son ejemplos evidentes, pero otras infraestructuras incluyen aquellas que apoyan la ciencia abierta (por ejemplo, repositorios digitales para datos de investigación) y la innovación abierta (por ejemplo, laboratorios vivientes “living labs”, demostradores tecnológicos y servicios de extensión). Muchas de estas infraestructuras, incluidas las grandes infraestructuras de investigación públicas (RI) y las infraestructuras técnicas (TI), requieren importantes inversiones iniciales y deben desarrollar modelos de negocio que distribuyan los costes y los beneficios de forma justa y sostenible. Las transiciones orientadas a retos/desafíos les brindan nuevas oportunidades, por ejemplo, como lugares de grandes iniciativas de demostración y escalamiento que son esenciales para las transiciones sostenibles, pero también traen dificultades para adaptarse a las nuevas constelaciones de actores y a sus necesidades de apoyo a la investigación y la innovación. La complejidad de la crisis puso de relieve el valor de los flujos de trabajo entre infraestructuras para proyectos que requieren los servicios de múltiples IR e IT.</p>

Dominios o áreas de Política	Ejemplos Indicadores	Análisis general
<p>4. Cooperación y alianzas dentro de los ecosistemas de innovación</p>	<p>Análisis descriptivo</p>	<p>Será esencial movilizar a un conjunto diverso de actores, incluyendo empresas, gobiernos, la comunidad científica y los ciudadanos, para que cooperen en las transiciones. Los gobiernos tienen una larga tradición de promover los vínculos entre la industria y el mundo académico, utilizando una combinación de instrumentos políticos, como el financiamiento, la regulación, los servicios de información y los acuerdos de gobernanza, para estimular y profundizar las relaciones. Los gobiernos recurren cada vez más a la financiación basada en retos y a las políticas de innovación por misión para reunir a diversos grupos de actores en acuerdos de colaboración que tienen como objetivo las transiciones. En el caso de las plataformas de colaboración orientadas a misiones, el cambio de los programas nacionales e internacionales de I+D hacia modelos más abiertos y participativos conlleva la necesidad de nuevos procesos de gobernanza para la transferencia de conocimientos, incluyendo la gestión de alianzas, el intercambio de activos, la privacidad, la transparencia, la creación de valor y la responsabilidad. Los esfuerzos conjuntos entre los sectores público, privado y sin ánimo de lucro se han encontrado con retos en materia de intercambio de datos, propiedad y creación de valor. Las políticas pueden ayudar a compartir conocimientos y recursos, facilitar los procesos de toma de decisiones y alinear la innovación con las necesidades de la sociedad. A medida que la tecnología se vuelve más compleja, la innovación se orienta cada vez más hacia modelos de cooperación basados en plataformas. Están surgiendo nuevos acuerdos institucionales, como las plataformas colaborativas, para coordinar a un conjunto diverso de actores de los sectores público y privado, y crear valor aprovechando los efectos de las plataformas. Por último, los financiadores de la investigación en muchos países se esfuerzan por promover la investigación transdisciplinar (TDR), que puede abordar problemas complejos que escapan al alcance de la ciencia tradicional. La TDR ofrece una forma práctica de abordar cuestiones, como las transiciones hacia la sostenibilidad, que son muy controvertidas y en las que hay mucho en juego. Se trata de un modo de investigación que integra tanto a investigadores académicos de disciplinas no relacionadas —incluidas las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades— como a participantes no académicos para alcanzar un objetivo común que implica la creación de nuevos conocimientos y teorías.</p>

Dominios o áreas de Política	Ejemplos Indicadores	Análisis general
5.Coordinación intergubernamental para la transición	Emisiones de gases de efecto invernadero por sector, 2019	<p>Las transiciones sociotécnicas son complejas e inciertas, y requieren respuestas gubernamentales interinstitucionales. Por lo tanto, los vínculos entre los distintos organismos gubernamentales y la coherencia de las políticas son esenciales para las transiciones. Sin embargo, al igual que todas las grandes organizaciones, los gobiernos se enfrentan a retos de coordinación, lo que puede dar lugar a incoherencias en la combinación de políticas para las transiciones y, en última instancia, a una menor eficacia de las políticas. Las descoordinaciones pueden ser horizontales (entre las políticas de innovación y las políticas sectoriales), verticales (entre los ministerios y los organismos de ejecución) o multinivel (entre las autoridades nacionales y regionales). Las transiciones hacia la sostenibilidad no pueden lograrse ni impulsarse principalmente mediante políticas de ciencia, tecnología e innovación, aunque estas son sin duda esenciales. A lo largo de los años han surgido diversos mecanismos de gobernanza para mejorar la coherencia general de las políticas, los programas y los instrumentos de ciencia, tecnología e innovación en una serie de departamentos y organismos gubernamentales, así como en diferentes niveles de gobernanza (por ejemplo, regional, nacional, Unión Europea). Entre ellos se encuentran las visiones nacionales compartidas, hojas de ruta y misiones nacionales compartidas; nuevos modelos normativos que ofrecen un mayor margen para la experimentación; evaluaciones de las necesidades tecnológicas sectoriales; programación conjunta entre organismos de financiación de la investigación y la innovación; y supervisión estratégica por parte de comités interdepartamentales de alto nivel. Más allá de estos mecanismos «formales», los acuerdos y condiciones informales (por ejemplo, la circulación de funcionarios) también pueden promover la cooperación entre gobiernos. El liderazgo político al más alto nivel suele ser también un requisito previo para un enfoque direccional que trascienda los límites del gobierno. En la misma línea, el reciente giro hacia las políticas de innovación orientadas por misión intenta agrupar una serie de intervenciones públicas complementarias para alcanzar objetivos ambiciosos para los que las políticas de CTI más tradicionales y fragmentadas solo han producido, en el mejor de los casos, resultados dispares.</p>

Dominios o áreas de Política	Ejemplos Indicadores	Análisis general
<p>6. Condiciones marco para la transición hacia la sostenibilidad impulsada por la ciencia, la tecnología y la innovación</p>	<p>Porcentaje de encuestados que apoyan las políticas contra el cambio climático (de moderadamente a fuertemente): Una investigación reciente basada en una encuesta representativa a nivel nacional muestra que las subvenciones a las tecnologías bajas en carbono son sistemáticamente la política climática más favorecida en comparación con la fijación de precios del carbono, las prohibiciones o las regulaciones.</p>	<p>El papel que pueden desempeñar la ciencia y la innovación tecnológica en las transiciones sociotécnicas viene determinado por una amplia gama de factores estructurales e institucionales. Por ejemplo: la organización disciplinaria de la ciencia y la autonomía de las organizaciones dedicadas a la investigación, como las universidades, influyen de manera significativa en las prioridades y prácticas de la investigación pública y modulan la influencia de las intervenciones de las políticas públicas. En la innovación tecnológica, el funcionamiento de los mercados de productos y mercado laboral, el alcance de la regulación (incluida la fijación de precios del carbono, la propiedad intelectual, la protección del medio ambiente, etc.), las normas y estándares técnicos, los modelos de negocio de las empresas y la geografía, entre otros factores, influyen en el ritmo y la dirección de la innovación. Los bajos precios de la energía procedente de combustibles fósiles también influyen en los incentivos para invertir en innovación en materia de bajas emisiones de carbono y eficiencia energética, ya que la tendencia mundial en la intensidad de las patentes relacionadas con las bajas emisiones de carbono sigue de cerca las variaciones del precio internacional del petróleo, es decir, cuanto más alto es el precio del petróleo, mayor es la intensidad de las patentes en inversiones relacionadas con las bajas emisiones de carbono. Estas condiciones marco, que a menudo tienen su origen fuera del ámbito inmediato de la política de ciencia, tecnología e innovación, pueden facilitar o dificultar las transiciones sociotécnicas. Son puntos de influencia importantes para promover las transiciones, pero también pueden suponer importantes barreras y bloqueos.</p>

Dominios o áreas de Política	Ejemplos Indicadores	Análisis general
7. Compromiso social y transición justa	Análisis descriptivo	<p>Una transición inclusiva y centrada en las personas es clave para que el mundo avance rápidamente, de forma colectiva y coherente, hacia las cero emisiones netas a mediados de siglo. Se necesita una amplia aceptación social para crear legitimidad y apoyo a políticas de transición sólidas y mejorar la resiliencia frente a los reveses políticos. Además, en un contexto de gran complejidad, la participación de los ciudadanos en las políticas de ciencia, tecnología e innovación puede aprovechar diversas fuentes de ideas e información, así como ayudar a identificar las necesidades y preocupaciones reales de los diferentes grupos sociales, incluidos aquellos que están subrepresentados en la ciencia, la innovación y los respectivos espacios políticos. Esto puede promover decisiones políticas más legítimas que respondan mejor a las necesidades de los ciudadanos y tengan en cuenta sus repercusiones socioeconómicas y éticas más amplias.</p>
8. Inteligencia estratégica para la transición hacia la sostenibilidad	Análisis cualitativo y casos de ejemplo, en temas como: Análisis tecnológico orientado al futuro y seguimiento, evaluación e indicadores estadísticos.	<p>Las transiciones requieren políticas de ciencia, tecnología e innovación sistémicas y transformadoras que deben actuar con rapidez en condiciones de incertidumbre. También requieren diferentes tipos de conocimientos y bases empíricas para informar el diseño, la implementación, la coherencia y la evaluación de las políticas de CTI. Entre los métodos pertinentes se incluyen la prospectiva estratégica "strategic foresight" y la evaluación tecnológica "technology assessment", la modelización y las simulaciones, la cartografía de sistemas y vías "pathways mapping", el seguimiento y la evaluación, y el desarrollo de indicadores cuantitativos, todos los cuales pueden denominarse colectivamente «inteligencia estratégica». Las políticas transformadoras en materia de CTI exigen conocimientos y pruebas que respalden la definición de orientaciones, la experimentación y el aprendizaje en contextos sistémicos, transdisciplinarios, complejos e inciertos. Estas exigencias pueden requerir instituciones e infraestructuras de conocimiento nuevas o significativamente adaptadas, así como nuevas competencias y capacidades organizativas, lo que supone, en esencia, una transición en la producción y el uso de la propia inteligencia estratégica.</p>

Dominios o áreas de Política	Ejemplos Indicadores	Análisis general
9. Cooperación internacional	Análisis descriptivo y casos de cooperación.	<p>La cooperación internacional puede acelerar la innovación, reducir riesgos y fomentar inversiones en tecnologías limpias. Iniciativas como Mission Innovation (lanzada en 2015 con el acuerdo de París) y la Agenda Breakthrough (COP26, 2021) promueven la colaboración público-privada para hacer que las tecnologías de energía limpia sean accesibles y asequibles. Estas acciones se enfocan en sectores clave emisores como energía, transporte, acero, hidrógeno y agricultura. La difusión de estas tecnologías, especialmente en países de ingresos bajos y medios, es crucial y depende de sus capacidades tecnológicas. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) destaca soluciones como fortalecer sistemas de innovación climática, apoyar universidades en países en desarrollo y promover normas internacionales. Además, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) estableció el Mecanismo Tecnológico para facilitar la transferencia de tecnología climática, mediante financiamiento, desarrollo de capacidades y apoyo técnico, alineado con las contribuciones nacionales (NDC).</p>
10. Habilidades y capacidades	Análisis descriptivo.	<p>Las transiciones requieren cambios de gran alcance, desde los estilos de vida hasta las formas en que se lleva a cabo la investigación científica, y en ellas participan muchos tipos diferentes de actores, entre ellos organizaciones de investigación, la industria, el gobierno, los empresarios y la sociedad civil. Sin embargo, muchas personas y organizaciones carecen de lo que podrían considerarse habilidades y capacidades que facilitan la transición (incluidas las capacidades dinámicas que permiten a las organizaciones adaptarse a las condiciones cambiantes). Por ejemplo: 1. Los organismos que financian y realizan investigaciones deben adaptar sus procesos de gestión disciplinaria y su formación para promover la transdisciplina, lo que tiene implicaciones para sus capacidades organizativas y las habilidades de sus empleados. 2. En el sector público, el tipo de capacidades necesarias para promover las transiciones hacia la sostenibilidad van más allá de las habilidades de los funcionarios públicos (por importantes que sean) y abarcan también las capacidades y rutinas organizativas.</p>

En síntesis, en el último reporte se puede apreciar tres aspectos importantes a considerar para el desarrollo de indicadores. En primer lugar, se destacan las condiciones de contexto que marcan el rol de la CTCI, relevando en esta edición el impacto de la pandemia, la agresión de Rusia a Ucrania y la crisis climática. Los indicadores de CTCI utilizados se asocian a estas temáticas en las secciones correspondientes. En segundo lugar, se plantea la necesidad de direccionalidad de la CTCI, se hacen recomendaciones enfocadas en su aporte para la transición hacia la sostenibilidad y se analizan datos tradicionales como financiamiento, publicaciones y patentamiento, pero en temas específicos como CTCI asociada a energías limpias, tecnologías para la carbono neutralidad e investigación en Covid-19. Más que *benchmark* generales entre países y territorios se busca comparar los datos tradicionales (ej: inversión, publicaciones y patentes), pero en determinadas temáticas. En tercer lugar, se usan datos que trascienden el ámbito tradicional de la CTCI, como por ejemplo, información sobre el sistema energético recopilada por la Agencia Internacional de Energía y datos sobre emisiones de gases de efecto invernadero. Se conjugan además, análisis cuantitativos con cualitativos, pues en muchos casos no existe data que pueda apoyar ciertas dimensiones de política CTCI o temas asociados a desafíos.

La OCDE, y distintos autores, plantean que la aparición de políticas transformadoras en materia de ciencia, tecnología e innovación (CTI) genera nuevos retos para el monitoreo y la evaluación, ya que los indicadores actuales de CTI y los enfoques de evaluación tradicionales no permiten comprender la complejidad de las transiciones subyacentes de los sistemas sociotécnicos. Se necesitan métodos que puedan captar los efectos a nivel del sistema y permitan el aprendizaje reflexivo y la evaluación formativa, así como enfoques que puedan dar cuenta de las interacciones entre políticas, la participación

de múltiples partes interesadas y la coordinación entre diferentes dominios y niveles. Dado que las políticas establecen prioridades para el cambio transformador, la evaluación también debe captar si la dirección de la innovación y el cambio responde a las necesidades de la sociedad. Las transiciones sociotécnicas son profundas y de gran alcance, y muchos aspectos no están bien atendidos por las métricas existentes.

Recientemente la OCDE publicó el reporte “Medición de la ciencia y la innovación para el crecimiento sostenible (*Measuring Science and Innovation for Sustainable Growth*)”. Esta publicación sobre «medición» tiene por objetivo articular conceptos de medición y proporcionar nuevos conocimientos estadísticos para evidenciar la contribución multidimensional de la ciencia, la tecnología y la innovación al crecimiento sostenible en el contexto de las transiciones energéticas y ecológicas clave. Este objetivo cuenta con el respaldo de la declaración sobre políticas transformadoras de CTI para un futuro sostenible e inclusivo (*Declaration on Transformative Science, Technology and Innovation Policies for a Sustainable and Inclusive Future*)[70], que se acordó en Abril de 2024 en la reunión del Comité de Política Científica y Tecnológica (CSTP) de la OCDE, donde participaron ministros(as) de distintos países. Uno de los cuatro pilares de esta declaración se centra en «reforzar la base empírica para las estrategias y la elaboración de políticas de CTI», y pide específicamente a la OCDE, a través del CSTP, y en colaboración con otros comités pertinentes de la OCDE, que proporcione estadísticas internacionales, recursos de datos y nuevas evidencias sobre los sistemas y políticas de CTI y sus repercusiones, en particular en lo que respecta a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las transiciones ecológicas justas[61]. El documento propone construir una base de medición internacional coherente que permita entender cómo los sistemas de ciencia e innovación contribuyen a los

objetivos de sostenibilidad. Su enfoque general se articula en torno a tres propósitos: definir y operacionalizar los conceptos de “ciencia e innovación verde”; proporcionar una visión integral del papel de la CTCl como habilitador de la transición ambiental; e identificar brechas de información y experimentar con nuevas métricas y fuentes de datos. La OCDE enfatiza que la medición debe ser “direccionada”, es decir, explícitamente orientada hacia objetivos de sostenibilidad y no neutral frente a los impactos ambientales y sociales que genera la CTCl.

Entre los principales hallazgos del reporte destaca que la innovación ambiental está transformando los mercados y acelerando la reducción de costos en sectores clave como la energía y el transporte de bajas emisiones. También se reconoce que la ciencia desempeña un papel fundamental en estas transiciones, a menudo subestimado en las mediciones tradicionales, y que el liderazgo en innovación verde se ha desplazado hacia nuevas geografías, donde la investigación aplicada y la inversión privada han crecido con fuerza. Pese a ello, el apoyo público a la innovación verde sigue siendo insuficiente, aunque ha mostrado avances desde 2020, especialmente cuando las políticas se orientan de manera explícita a metas ambientales. El informe señala, además, un creciente respaldo ciudadano a la ciencia y la innovación orientadas a resolver los grandes retos de sostenibilidad.

La OCDE propone un nuevo conjunto de campos temáticos y tipos de indicadores. En primer lugar, plantea la necesidad de medir la ciencia y el talento asociados a la transición energética y ambiental mediante datos sobre publicaciones y patentes en áreas de energía y medio ambiente, el número de doctorados y personal científico dedicado a temas de sostenibilidad, y la influencia de la ciencia en informes internacionales como los del IPCC. En segundo lugar, aborda la innovación y adopción tecnológica verde,

proponiendo indicadores sobre patentes verdes y su dependencia de la investigación científica, el gasto empresarial en I+D ambiental, y la adopción de normas ISO relacionadas con gestión ambiental y eficiencia energética. En tercer lugar, sugiere integrar indicadores de desempeño ambiental y eficiencia de recursos provenientes de los OECD *Green Growth Indicators*, tales como la productividad del carbono, la energía y los materiales, así como la calidad ambiental de vida y los activos naturales vinculados con innovación en sostenibilidad.

El informe introduce también una dimensión novedosa al proponer que se mida la huella ambiental de la propia CTCl, incluyendo el consumo energético y las emisiones asociadas a laboratorios, centros de investigación y tecnologías digitales intensivas en energía, además del uso de materiales críticos y la generación de residuos en actividades científicas y tecnológicas. En el ámbito económico y social, se recomienda medir el empleo, la inversión y el comercio en industrias de tecnología limpia, así como el crecimiento de productos con etiquetas o declaraciones de sostenibilidad que reflejen la difusión de innovaciones verdes en el mercado. A nivel metodológico, el reporte impulsa el uso de inteligencia artificial y procesamiento de lenguaje natural para clasificar proyectos y publicaciones según su relevancia ambiental, además de vincular datos administrativos, financieros y de encuestas para trazar relaciones entre insumos, resultados e impactos.

En su parte final, la OCDE plantea un nuevo marco de trabajo —o *blueprint*— sustentado en tres pilares. El primero se centra en reforzar los fundamentos de medición, ampliando las fuentes y métodos disponibles, promoviendo la dirección estratégica en la medición y fortaleciendo la cooperación entre agencias estadísticas, ministerios y sector privado. El segundo busca cubrir las brechas de evidencia,

incorporando mediciones sobre la contribución de la investigación básica, la adopción de tecnologías verdes fuera del sector empresarial, la huella ambiental de la propia CTCl y la innovación pública y social orientada a la sostenibilidad. El tercer pilar apunta a avanzar hacia una evaluación de impacto, pasando de conjuntos cerrados de indicadores a sistemas integrados que combinen métricas cuantitativas y cualitativas, integrando procesos de evaluación y aprendizaje continuo en el ciclo de políticas.

El informe concluye que la medición de la CTCl debe evolucionar más allá del registro de insumos y resultados tradicionales para reflejar su papel en el bienestar, la equidad y la sustentabilidad ambiental. En lugar de medir la ciencia y la innovación como fines en sí mismos, la OCDE plantea que deben medirse por su contribución efectiva a las transformaciones socioambientales en curso. Esto implica desarrollar sistemas de medición integrados, dinámicos y participativos, capaces de reflejar la dirección de los cambios y de guiar las decisiones públicas hacia un desarrollo sostenible e inclusivo.

En síntesis, el informe de la OCDE de 2025 propone un cambio de paradigma en la forma de medir la ciencia y la innovación. Más que ampliar la cantidad de indicadores, invita a redefinir su propósito y uso, orientando la evidencia hacia la comprensión de cómo la CTCl contribuye de manera tangible al desarrollo sostenible, a la equidad social y a la resiliencia ambiental de las economías.

4. Índice Regional de Innovación de Chile

El Índice Regional de Innovación para Chile es una herramienta desarrollada por el Instituto Interdisciplinario para la Innovación de la Universidad de Talca, con el propósito de medir las capacidades de generación de conocimiento e innovación en las distintas regiones del país[71]. A diferencia de los dos tres casos anteriores este índice surge de una organización académica producto de un proyecto de investigación y no se consolida como un índice que sea actualizado sistemáticamente. Este esfuerzo se mantiene en el mundo académico y no se ha instalado en ningún organismo como una herramienta permanente.

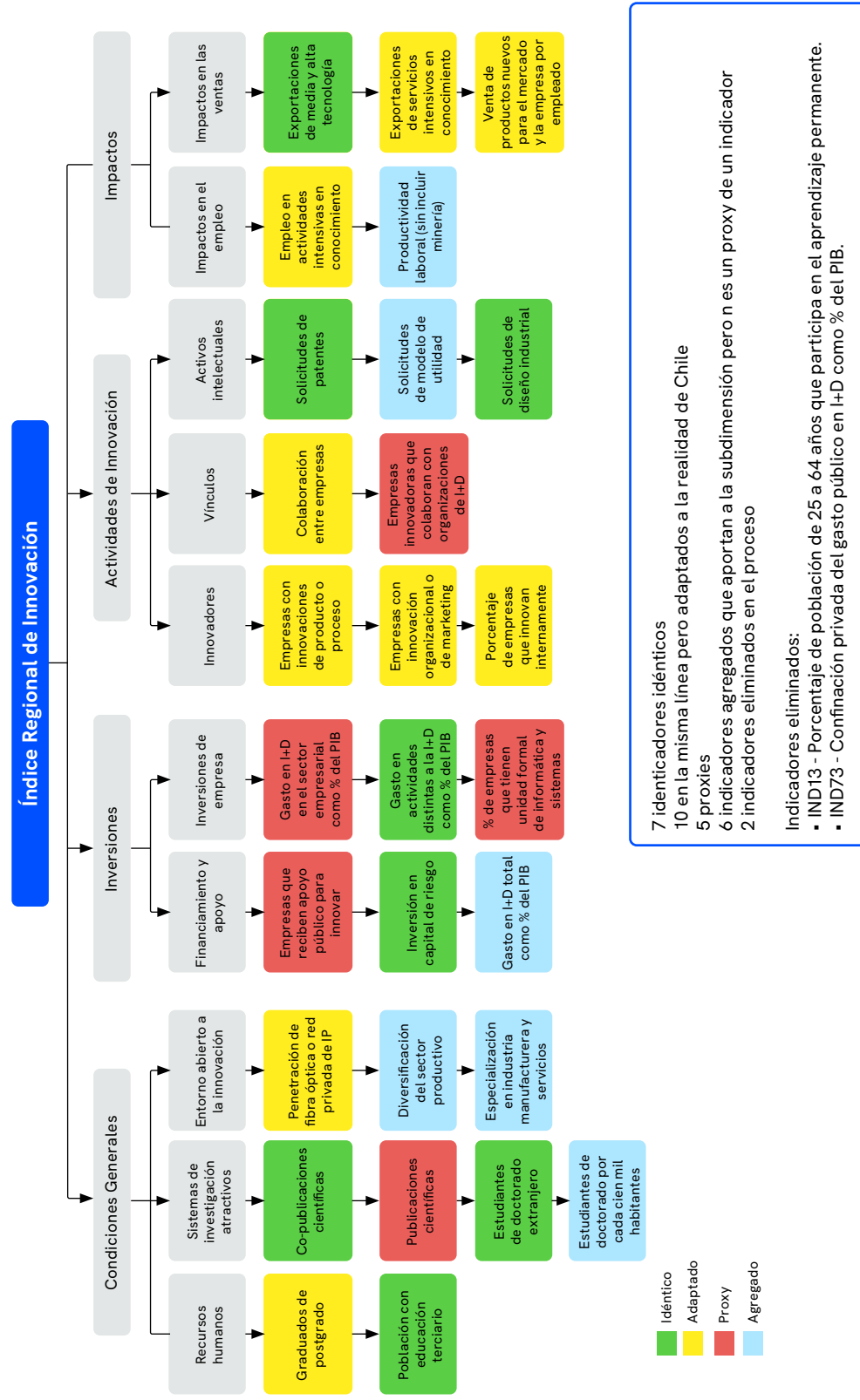
Este índice se basa en la adaptación del *European Innovation Scoreboard* (EIS) de la Unión Europea y proporciona una visión detallada de las fortalezas y debilidades regionales en materia de innovación.

El índice se compone de cuatro dimensiones principales:

- **Condiciones generales:** Incluye factores como el entorno institucional, la educación y la infraestructura.
- **Inversiones:** Considera el gasto en investigación y desarrollo, así como la inversión en capital humano.
- **Actividades de innovación:** Evalúa aspectos como la colaboración entre empresas y la innovación en productos y procesos.
- **Impactos:** Mide los resultados de la innovación, incluyendo la creación de empleo en sectores innovadores y la producción de conocimiento.

Cada una de estas dimensiones se subdivide en indicadores específicos que permiten una evaluación detallada de las capacidades innovadoras de cada región. En la siguiente figura se presenta un esquema de los indicadores.

FIGURA 8. INDICADORES QUE COMPONEN EL IRI DE CHILE



FUENTE: MEDICIÓN DE LAS CAPACIDADES DE INNOVACIÓN TERRITORIALES A TRAVÉS DE UN ÍNDICE REGIONAL DE INNOVACIÓN PARA CHILE[71]

Basándose en los resultados del índice, las regiones se clasifican en cuatro categorías (tipologías de regiones):

- **Líderes en innovación:** Regiones con un desempeño superior al promedio nacional.
- **Innovadores fuertes:** Regiones que se acercan al promedio nacional en sus capacidades innovadoras.
- **Innovadores moderados:** Regiones con un desempeño entre el 40% y el 89% del promedio nacional.
- **Innovadores modestos:** Regiones con un desempeño inferior al 40% del promedio nacional.

Esta clasificación permite identificar las brechas existentes y orientar las políticas públicas para fortalecer las capacidades de innovación en las regiones con menor desempeño.

El Índice Regional de Innovación se propone como una herramienta clave para diseñar estrategias y políticas públicas de CTCl ya que permite a los gobiernos regionales y nacionales identificar áreas prioritarias para la inversión y el desarrollo. Además, entrega información para poder monitorear y evaluar el impacto de las políticas y programas de innovación a lo largo del tiempo. Sin embargo, no se ha publicado una actualización de este índice y, si bien existen iniciativas aisladas para generar indicadores que den cuenta de la realidad regional en materia de CTCl, no se ha consolidado una propuesta. Muchos de estos esfuerzos provienen del interés de investigadores(as) y a pesar de que a veces son financiados por recursos públicos de los propios Gobiernos Regionales no consiguen instalarse como herramientas a nivel institucional.

5. Alcances transformativos (Transformative Outcomes)

Las políticas de innovación transformativa (TIP) plantean un cambio hacia la «innovación intencionada y direccional», en la que la política de innovación se moviliza para abordar objetivos sociales más amplios, como los «grandes retos» o las transiciones hacia la sostenibilidad en sectores sociales importantes. Implica múltiples niveles de gobernanza, así como interacciones con políticas sectoriales de otros dominios no CTCl, lo que da lugar a una necesidad creciente de coordinación intersectorial. Basándose en la bibliografía sobre innovación sistémica y transiciones hacia la sostenibilidad, la TIP también implica una visión más amplia del proceso de innovación, tanto en términos de combinación de políticas (*policy mix*) como de participación de las partes interesadas.

En lo que respecta a la combinación de políticas, la bibliografía sobre la TIP destaca la necesidad de que las políticas de innovación incluyan no sólo instrumentos de innovación tanto por el lado de la oferta como de la demanda (como en el anterior marco del sistema de innovación), sino también medidas para apoyar la creación de nichos y la desestabilización del régimen. En cuanto a la participación de las partes interesadas, la agenda más amplia implica que se verá afectado un conjunto más diverso de actores y, en consecuencia, se les debe permitir participar en los procesos de formulación de políticas. Esto también podría requerir nuevos modos de gobernanza. Este cambio en el enfoque de las políticas debería reflejarse, idealmente, en la evaluación de las políticas.

Hasta ahora, los investigadores han tendido a utilizar marcos analíticos existentes para analizar la influencia de las políticas tradicionales y las combinaciones de políticas o “*policy mix*” (y otros factores) en los procesos de transición en diferentes sectores. Sin

embargo, la aparición de programas de innovación diseñados con el objetivo explícito de ser transformadores pone de relieve la necesidad de un enfoque de evaluación nuevo y más específico. Además, las prácticas de evaluación siguen basándose en gran medida en paradigmas anteriores de política de innovación, por lo que la aplicación del enfoque TIP a estas prácticas puede resultar bastante difícil.

En particular, la evaluación de las TIP exigirá a los evaluadores abordar la direccionalidad y la adicionalidad del comportamiento a nivel de sistema. En lo que respecta a la direccionalidad, es necesario evaluar cómo las combinaciones de políticas influyen en la dirección del cambio sociotécnico, por ejemplo, en términos de evaluar si se abordan necesidades, demandas y retos sociales específicos y si se identifican trayectorias de desarrollo aceptables para los diferentes subsistemas. En cuanto a la adicionalidad conductual, la evaluación de las TIP debe ir más allá del análisis tradicional de insumos y productos para evaluar cómo las políticas generan resultados o alcances transformativos y, a largo plazo, contribuyen a lograr la transición hacia la sostenibilidad y a alcanzar los objetivos sociales definidos. En consecuencia, las evaluaciones deben explicar cómo las intervenciones específicas provocan determinados impactos a nivel sistémico[72].

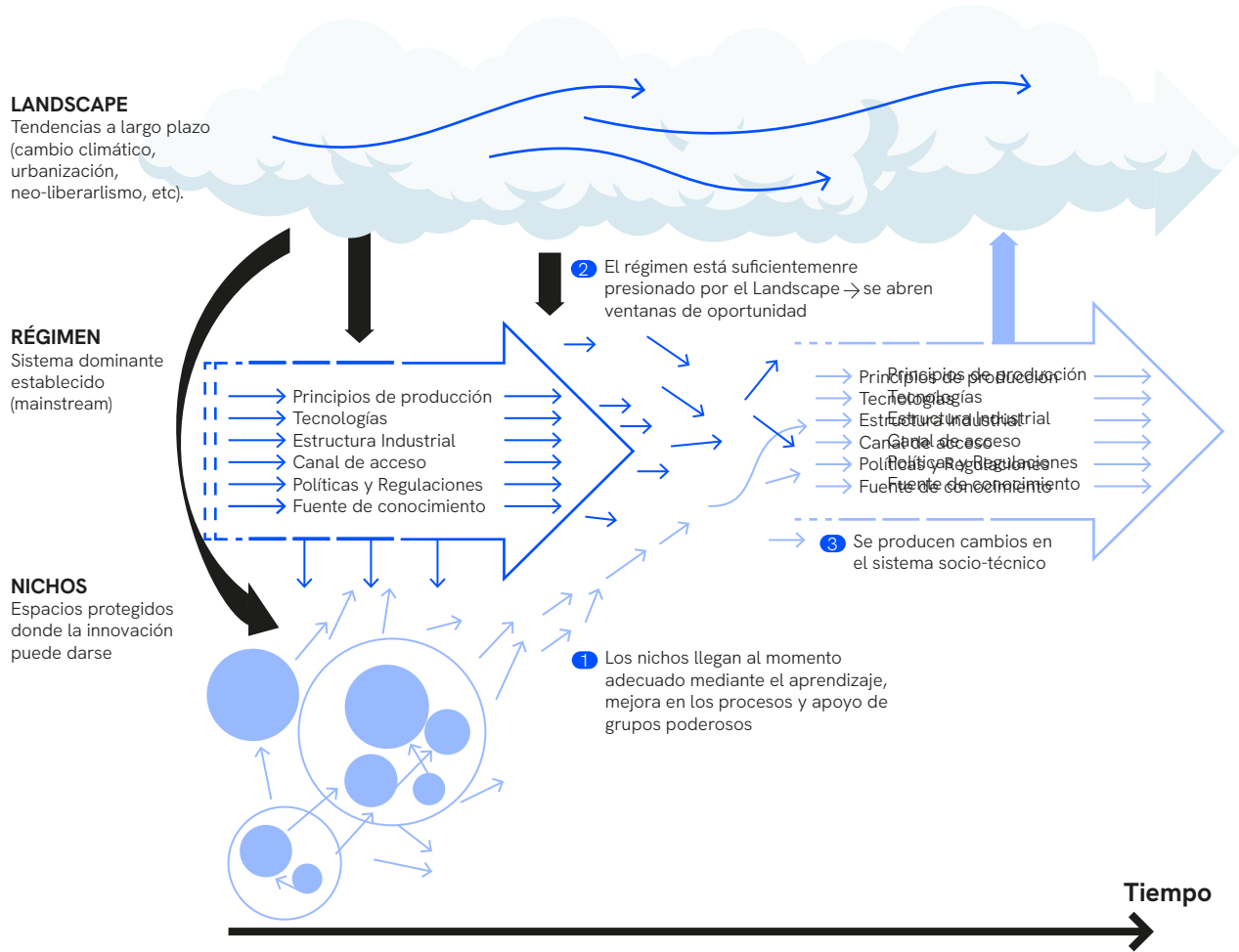
Para avanzar en esta dirección se diseñaron los Alcances transformativos (*Transformative Outcomes*), estos son una tipología de 12 resultados intermedios desarrollada en el marco de las Políticas de Innovación Transformativa (TIP) por Schot, Steinmueller, Ghosh y otros investigadores del Consorcio de Políticas de Innovación Transformativa (TIPC)[53], [73]. Estos alcances se utilizan para diseñar, monitorear y evaluar los resultados de intervenciones que buscan generar cambios sistémicos, sostenibles y justos, objetivo central de las políticas de innovación transformativa.

El desarrollo de los alcances transformativos está basado en la perspectiva multinivel (MLP: *Multi-Level Perspective*) que es uno de los marcos conceptuales o enfoques centrales usado en la investigación de transiciones sostenibles. La MLP sobre Transiciones Sociotécnicas es un marco teórico desarrollado principalmente por Frank Geels[74], [75], y ha sido adoptado y ampliado por académicos del TIPC para analizar cómo ocurren las transiciones profundas (*deep transitions*) hacia la sostenibilidad en sistemas sociotécnicos. Los sistemas sociotécnicos se definen como sistemas que cumplen funciones para la sociedad como movilidad, comunicación, vivienda, entre otras. Estos consisten en (redes de) actores (individuos, empresa y otras organizaciones, actores colectivos) e instituciones (normas sociales y técnicas, reglamentos, estándares de buenas prácticas), así como artefactos y conocimientos materiales[76].

La MLP entiende las transiciones como procesos de co-evolución entre tecnología, cultura, instituciones, actores, redes y mercados. Según la MLP, los cambios a nivel de sistemas sociotécnicos se desarrollan a través de la interacción entre tres niveles analíticos (ver figura 9):

- **Entorno o contexto sociotécnico (*Landscape*):** Estructuras macro (cambio climático, globalización, crisis energética) que ejercen presión sobre el régimen.
- **Régimen sociotécnico:** Conjunto dominante de reglas, normas, tecnologías, relaciones e instituciones (ej. sistema energético actual).
- **Nichos:** Espacios protegidos donde surgen innovaciones radicales. Son incubadoras de nuevas prácticas.

FIGURA 9: PERSPECTIVA MULTINIVEL DE TRANSICIONES SOCIOTÉCNICAS



FUENTE: BONI ET AL, 2018[77], ADAPTADO DE GEELS, 2011[75].

Una transición se puede entender como un cambio en los sistemas sociotécnicos, que son configuraciones estables y dominantes de los mercados, las preferencias de los usuarios, las industrias y las estrategias industriales, las políticas, las prácticas culturales y las tecnologías que proporcionan formas específicas de satisfacer una necesidad básica o una función social concreta. Los sistemas sociotécnicos son construidos y mantenidos por actores que se guían por un conjunto de normas formales e informales que, en conjunto, forman un régimen. Estos sistemas cambian cuando se producen cambios a diferentes niveles, tal y como teoriza el MLP, concretamente cuando surgen interacciones dinámicas y complejas entre actores que promueven nuevas soluciones e ideas en nichos, desviándose y empujando las normas dominantes. Aunque los regímenes buscan mantenerse estables, también se ven presionados por tendencias y choques exógenos a largo plazo, o por el contexto general (*landscape*), lo que rompe la configuración dominante del sistema y da espacio a los nichos para sustituir al régimen dominante. Es importante destacar que el MLP proporciona lentes analíticas para determinar las transiciones de los sistemas cuando se cumplen algunas condiciones como: (1) un régimen se desestabiliza, (2) los nichos ofrecen alternativas sólidas a gran escala, y (3) los actores del régimen y los nichos perciben las tendencias y los choques del contexto general (*landscape*) como una ventana de oportunidad para una transición.

Cabe destacar que existen distintos tipos de dinámicas de transición o rutas de transición que dependen de la existencia de presiones desde el entorno o contexto sociotécnico (*Landscape*) y su influencia en el sistema dominante (régimen sociotécnico) que gatillará que este pueda abrirse a transformaciones, además de la existencia y madurez de nichos (espacios de innovaciones radicales), entre otros aspectos[78]. Todos estos factores son importantes

para permitir los procesos de transformación dado que los sistemas dominantes generan trayectorias que son difíciles de cambiar (*lock-in*).

Sobre la base del MLP, el TIPC desarrolló y experimentó una metodología de evaluación formativa centrada en 12 alcances transformativos que, en conjunto, abordan las tres condiciones mencionadas anteriormente. Los alcances transformativos permiten identificar si una política o programa está promoviendo procesos de cambio profundo mediante la construcción de nichos innovadores, la expansión e integración de esos nichos y/o la desestabilización y apertura del régimen sociotécnico dominante.

Existen 12 alcances transformativos (AT), los que se organizan en 3 niveles[53].

Nivel 1: Construcción de nichos

1. **Blindaje:** protección frente al régimen dominante (espacios seguros, excepciones normativas)
2. **Aprendizaje:** estructuración de aprendizajes profundos, compartidos y reflexivos
3. **Creación de redes:** inclusión de actores diversos, nuevos intermediarios, plataformas colaborativas
4. **Dinámica de expectativas:** formación y apertura de visiones compartidas de transformación

Nivel 2: Expansión e integración de nichos

5. **Escalamiento:** incremento de adopción de nichos por parte de nuevos usuarios
6. **Replicado:** traducción y adaptación de experiencias a otros contextos locales o internacionales
7. **Circulación:** intercambio y flujo de conocimiento, recursos, aprendizajes
8. **Institucionalización:** reglas formales e informales que consolidan nuevas prácticas

Nivel 3: Desestabilización y apertura de regímenes

9. **Desestabilización:** erosión o dislocación de regímenes sociotécnicos establecidos
10. **Apertura:** desaprendizaje y aprendizaje entre actores dominantes
11. **Potenciar interacciones nicho-régimen:** alianzas entre actores emergentes y establecidos
12. **Cambios en percepción del entorno (*landscape*):** nuevas formas de interpretar presiones del entorno (clima, desigualdad)

A diferencia de los indicadores clásicos centrados en entregables, impacto económico o metas técnicas, los alcances transformativos:

- Capturan procesos de evolución que no son lineales
- Permiten evaluar resultados intermedios clave para la transformación (foco en el proceso de cambio, su trayectoria y la detección de señales de cambio)
- Incorporan dimensiones como cambio institucional, aprendizaje profundo (*deep learning*) y participación
- Fomentan una evaluación formativa, que sea sensible al contexto y adaptativa
- Aportan legitimidad a políticas que asumen incertidumbre y riesgo para alcanzar metas sociales y ambientales, además de económicas.

Bajo este enfoque se pueden analizar dinámicas de transformación en distintos tipos de transiciones en sistemas sociotécnicos. En el caso de la transición en materia de energías en Europa, se observa que desde la década de 1970, se ha mostrado una dinámica transformativa en el desarrollo de energías renovables, especialmente en Dinamarca y Alemania. En

una primera etapa, como respuesta a la presión de movimientos ecologistas, se implementaron políticas de protección de nichos de energías renovables (AT 1-4) mediante subsidios a fabricantes de tecnologías eólicas y solares. Tras el trabajo preliminar realizado en la década de 1970, la aceleración y la ampliación de los nichos renovables (AT 5-8) se produjo 30 años después, en la década de 2000, con la introducción de tarifas reguladas que garantizaban el precio de la energía solar y eólica transmitida a la red. Las tarifas aumentaron la inversión y el despliegue de estas tecnologías y dieron lugar a un rápido aprendizaje y a reducciones de costes.

Estas intervenciones y tendencias políticas se replicaron en muchos otros países europeos. La década de 2010 mostró claros signos de que el régimen energético basado en los combustibles fósiles se estaba desestabilizando (AT 9-12). Las grandes empresas de servicios públicos que tradicionalmente se centraban en el carbón, el gas y la energía nuclear veían cómo sus beneficios caían debido a la primera ola de perturbaciones en el sistema eléctrico. Por el contrario, nuevos modelos de negocio, como las cooperativas energéticas, la energía comunitaria y el prosumismo (consumidores que se convierten en productores), comenzaron a desafiar el *statu quo*. Esto llevó a muchos proveedores tradicionales a adaptarse e invertir más en energías renovables o a desarrollar nuevos modelos de negocio centrados en proporcionar a los consumidores servicios energéticos renovables en lugar de convencionales. La próxima ola de disrupción del sistema energético requiere que se acoplen diferentes sistemas, incluidos el energético y el de movilidad. Las recientes reducciones en el coste de los vehículos eléctricos y la puesta a prueba de tecnologías bidireccionales de conexión entre vehículos y red apuntan a avances prometedores. La estrategia de la UE sobre la integración del sistema energético tiene como objetivo acelerar los vínculos entre múltiples sistemas, crear

nuevos mercados flexibles y permitir la integración del sistema a través de la digitalización. La velocidad a la que se producen estos procesos de acoplamiento vitales depende en parte de las decisiones de inversión estratégica, así como de los nuevos marcos normativos y modelos de negocio.

Otra consideración con respecto a los puntos de intervención es la consecuencia económica de la disminución del uso de combustibles fósiles en Europa, especialmente en países como Alemania y Polonia. La experiencia del Reino Unido con el carbón muestra que los trabajadores que dependían de la minería del carbón se quedaron con oportunidades limitadas una vez que se cerraron las minas. Por lo tanto, para mitigar el impacto social, se debe prestar atención a las regiones y las personas —muchas de las cuales ya pertenecen a las comunidades más pobres— que pueden quedarse atrás en la transición de los combustibles fósiles. La UE pretende gestionar el declive tecnológico de los combustibles fósiles a través del Mecanismo de Transición Justa, que puede apoyar a las regiones y países que se enfrentan a mayores retos en la eliminación gradual de los combustibles fósiles[53].

Por otra parte, los alcances transformativos han sido propuestos tanto para el diseño como para la evaluación de políticas y programas de innovación transformativa. Esto tiene como eje central centrarse en facilitar y dirigir las dinámicas de transformación en curso en lugar de poner en primer plano “fallas de transformación” o los resultados finales deseados. Los doce alcances transformativos (AT), permiten evaluar políticas no sólo por impacto directo, sino por su potencial transformativo a largo plazo.

En la propuesta del TIPC, los AT no se utilizan para medir el impacto, sino que son indicadores de la progresión a lo largo del proceso de cambio. Como ejemplo de su potencial aplicación se analizaron dos casos: el Programa MaaS en Finlandia que apunta a pasar de la propiedad individual de automóviles a servicios de movilidad personalizados para reducir el impacto medioambiental del transporte y mejorar el acceso de las personas que no pueden permitirse tener un coche y el caso de desarrollo de café de especialidad en Colombia. En la siguiente tabla se sintetiza en análisis realizado de la intervención usando como marco los alcances transformativos[73].

TABLA 16. ALCANCES TRANSFORMATIVOS EN DOS CASOS PRÁCTICOS[73]

Alcances transformativos (Transformative outcomes - TO)	MaaS en Finlandia	Producción de café en Colombia
<p>Construcción de nichos</p> <p>TO1 -Blindaje o protección de nichos (<i>Shielding</i>)</p>	<p><i>Financiamiento para la innovación</i></p> <p>Un año después de que se conceptualizara la idea de MaaS, en 2015, la agencia de innovación Tekes estableció un programa de MaaS, incluyendo una convocatoria en dos etapas para financiar operaciones de MaaS: (1) estudios preliminares que planificaban pilotos de MaaS y co-diseño con socios potenciales, y (2) sitios de prueba concretos donde los proyectos incluyeran colaboradores e inversionistas externos. Las empresas de MaaS consideraron este financiamiento como fundamental. Algunos funcionarios de Tekes lo calificaron de experimental, ya que fue iniciado de abajo hacia arriba y evitaba el proceso burocrático habitual de configuración de programas. En 2018, <i>Business Finland</i> (anteriormente Tekes) otorgó préstamos subordinados a través de su nuevo esquema de financiamiento <i>Growth Motor Funding</i>, una política experimental para financiar redes de trabajo de empresas.</p>	<p><i>Un mercado nicho certificado</i></p> <p>La primera finca <i>Rainforest Alliance</i> fue certificada en Guatemala en 1995. En el año 2000, el mercado del café de especialidad había crecido hasta alcanzar los 8000 millones de dólares. Este mercado constituía un importante escudo pasivo para los pequeños agricultores que adoptaban el café de especialidad como alternativa al modelo de producción de productos básicos.</p>

Alcances transformativos (Transformative outcomes - TO)

MaaS en Finlandia

Producción de café en Colombia

TO2 - Aprendizaje en nichos (*Learning*)

Aprendizaje colaborativo a través de políticas experimentales de apoyo
En 2014, el ministerio estableció una plataforma de tráfico que operaba como un paraguas para la experimentación público-privada en torno a los sistemas de transporte inteligentes. Fue un espacio para aprender sobre soluciones tecnológicas y sobre cómo cambiar las percepciones, suposiciones y preferencias de movilidad de las personas. Fomentó una variedad de desarrollos de nicho, siendo coordinado por el departamento de transporte. El Programa MaaS de Tekes fue sucedido por una red de empresas, incluyendo grandes empresas en el sector de telecomunicaciones, la Empresa de Transporte Regional de Helsinki, y el sindicato de taxis, que exploraron cómo se vería un operador MaaS real.

Aprendizaje mediante un proceso de búsqueda de abajo hacia arriba
Actores del nicho en otros países ya habían estado experimentando con visiones alternativas de las cadenas de valor del café. Este proceso de adopción fue entonces una forma de nutrir el nicho del café de especialidad. En este proceso, los agricultores existentes experimentaron un aprendizaje profundo, individual y colectivamente. Para los pequeños agricultores, esto fue crucial para ayudarles a responder a las expectativas respecto a su papel en la producción de café.

TO4 - Creación de redes (*Networking*)

Redes público-privadas seguidas por nuevas redes empresariales
En 2004, el ministerio fomentó el establecimiento de una red de colaboración, los Sistemas de Transporte Inteligente de Finlandia (*ITS Finland*), una asociación que incluía funcionarios públicos, empresas y académicos. En 2014, un grupo de actores, incluyendo *ITS Finland*, la Ciudad de Helsinki y el ministerio, comenzaron a crear una visión para MaaS. Este fue un siguiente paso en el proceso de construcción del nicho, basado en actores del régimen que trabajaban con actores de nicho. Consistía en un conjunto limitado de interacciones. La expansión de la red ocurrió en 2015 a través del Programa MaaS de Tekes y la red sucesora de empresas.

Incentivos para formar redes de pequeños agricultores en torno al café de especialidad
A nivel colectivo, los agricultores fueron incentivados a organizarse en cooperativas que son fundamentales para intercambiar conocimientos y construir confianza. Estas cooperativas formaron nuevas redes con intermediarios, consumidores y otros agricultores.

Alcances transformativos (Transformative outcomes - TO)

MaaS en Finlandia

Producción de café en Colombia

TO4 - Dinámica de expectativas (Navigating expectations)

Papel activo de los organismos públicos y las redes público-privadas en la gestión de las expectativas
ITS Finlandia expresó las expectativas sobre los sistemas de transporte del futuro en 2004.

En 2014, colaboración entre ITS Finland, la ciudad de Helsinki y el ministerio para crear una visión y una propuesta para MaaS. Inicialmente, en 2014, en Tekes, el MaaS era una pequeña iniciativa informal, una campaña para animar a nuevas empresas a empezar a desarrollar nuevas tecnologías y servicios. Una campaña conjunta de Tekes y el ministerio organizó mesas redondas sobre temas relacionados con el MaaS, invitando a empresas a debatir la visión del MaaS, las necesidades de los municipios, los proveedores de transporte público y los diseñadores para reflexionar sobre el diseño de los servicios, y algunas se centraron en la logística. Algunos actores de nicho consideraban a Tekes como un líder intelectual que se aseguraba de que el MaaS avanzara. El programa MaaS de Tekes en 2015

Expectativas emergentes con una serie de beneficios

La expectativa emergente de los líderes cooperativos y algunos otros actores de la cadena de valor del café de especialidad (por ejemplo, algunos certificadores y usuarios) era que el café de especialidad diera prioridad a los pequeños productores y ayudaría a articular la importancia de un mayor acceso de los pequeños agricultores a la formación, la educación, la financiación y acceso a las ferias comerciales. Esto provocaría un sentido de pertenencia de los pequeños productores a su sector, lo que generaría un mayor interés en el futuro del sector, lo que a su vez conduciría a una mayor gestión de la tierra y a la educación de los niños en los nuevos métodos de la industria. Así, se expresaron nuevas expectativas para el desarrollo del régimen (incapacidad de las prácticas dominantes para encontrar una solución) y se unieron el potencial del nicho del café de especialidad, lo que dio lugar a una profecía autocumplida. La formación de cooperativas dio lugar a nuevas voces colectivas que expresaron ideas más disruptivas sobre las cadenas de valor del café. Entre ellas se incluye la reinención de las cadenas del café, en las que se legitiman los conocimientos y las necesidades de los agricultores en la cadena de valor del café. Se replantean las cadenas de valor, en las que los agricultores tienen una voz importante en la definición de los criterios de certificación (lo que da lugar a la experimentación, mediante la cual los agricultores pueden elegir quién compra su café).

Expansión e integración de nichos (*Expanding and mainstreaming niches*)

Alcances transformativos (Transformative outcomes - TO)	MaaS en Finlandia	Producción de café en Colombia
TO5 - Adopción (Upscaling)	<p><i>Empresas en crecimiento y financiamiento de apoyo</i></p> <p>A partir de 2016, diferentes empresas comenzaron a operar con proyectos piloto de MaaS. Una nueva empresa emergente, MaaS Global, comenzó con proyectos piloto en Helsinki, Amberes y Birmingham. Business Finland Growth Motor financiamiento para apoyar la ampliación</p>	<p><i>Apoyo a la ampliación de una asociación especializada</i></p> <p>En 2004, se creó en Huila la primera asociación de pequeños productores de café con el apoyo de la Federación Nacional de Productores de café (FNC). Esto fue el resultado de un proceso de circulación y replicación activa de conocimientos procedentes de diferentes experimentos, lo que condujo a una ampliación sustancial.</p>
TO6 - Replicación (Replicating)	<p>Financiamiento público para la replicación <i>Business Finland Growth Motor Funding</i> apoyando la replicación.</p>	Ver arriba
TO7 - Circulación (Circulating)	<p>Circulación orgánica a través de personas</p> <p>Circulación de conocimiento a través de personas que cambian de trabajo entre el ministerio, ITS <i>Finland</i> y los operadores de MaaS.</p>	Ver arriba
T O 8 - Institucionalización (Institutionalising)	<p><i>Organización internacional de nicho y cambio normativo que institucionaliza el nicho</i></p> <p>En 2016 se creó la Alianza Europea MaaS, con el objetivo de consolidar los esfuerzos de los nichos a nivel europeo (inicios de la institucionalización). Entre los miembros fundadores se encontraban actores del régimen, como el Ministerio de Transporte de Finlandia y Siemens, y actores del nicho, como MaaS Global y la red ITS Europe. Una importante renovación normativa, la Ley de Servicios de Transporte de 2017, obligó a los proveedores de transporte público a abrir los datos y el acceso electrónico a los horarios, las tarifas y la venta de billetes, lo que permitió a terceros (operadores de MaaS) vender billetes de transporte.</p>	<p><i>Inicialización a través del apoyo y la certificación de un actor del régimen</i></p> <p>En 2002, la FNC creó Procafecol y Juan Valdés Café, lo que supuso un impulso para los cafés de especialidad. El nicho se institucionalizó mediante la adopción de certificaciones: la Utz Kapeh en 2002, el Programa de Calidad Sostenible de Nestlé Programa de Calidad Sostenible de Nestlé con <i>Rainforest Alliance</i> en 2003 y la certificación de fincas de innovación agrícola participativa en 2014. La producción de café de especialidad en Colombia creció del 2 % del total de las exportaciones de café en 2000 al 28 % en 2013. En 2014, Huila registró un total de 101 000 fincas cafeteras que producían el 17,4 % de la cosecha colombiana de café, superando el umbral del 16 % para la adopción de la aceleración de nichos (FNC 2014).</p>

Alcances transformativos (Transformative outcomes - TO)

MaaS en Finlandia

Producción de café en Colombia

Desestabilización y apertura de regímenes

TO9 - Desalineación y desestabilización (*De-aligning and destabilising*)

Desalineación con una administración cambiante
Tras la finalización del programa MaaS, el financiamiento de los proyectos relacionados con MaaS se integró en el Programa Smart City (2014-2017) de Tekes. Durante el periodo 2016-2019, la administración del transporte público pasó por dos etapas de cambios organizativos: en primer lugar, la integración completa del transporte y las comunicaciones en el Ministerio y, posteriormente, en sus organismos. La Ley de Servicios de Transporte (2017) fue descrita por muchos actores como una legislación pionera y única en el sector del transporte a nivel mundial, que alteró el aspecto regulatorio del régimen de transporte.

Desestabilización emergente desde la base
La presión sobre la FNC que intensifica la búsqueda de alternativas al sistema existente surgió a raíz del colapso de los precios internacionales del café y de los movimientos sociales y protestas de más de 100 000 pequeños agricultores a finales de la década de 1990. Estas protestas tuvieron lugar en diez departamentos regionales, con marchas y bloqueos de las principales carreteras. Las protestas enviaron un mensaje claro de que el sistema estaba desajustado y aceleraron la búsqueda y la aplicación de cambios en los mecanismos de gobernanza, lo que abrió y desbloqueó el régimen cafetero nacional.

Alcances transformativos (Transformative outcomes - TO)**MaaS en Finlandia****Producción de café en Colombia**

TO10 - Desaprendizaje y aprendizaje profundo en el régimen (*Unlearning and deep learning in regimes*)

Desaprendizaje enfocado a través de formulación de políticas experimentales
Durante el periodo 2007-2011, la política de transporte experimentó nuevos avances, como dos estrategias para el transporte inteligente y cambios organizativos que dieron lugar a organismos multimodales. En 2012, el Ministro de Transporte creó el Nuevo Club de Política de Transporte, un foro experimental para el periodo 2012-2014 destinado a renovar la política de transporte y abordar los retos del cambio climático, la automatización y la servitización. Su objetivo era generar un aprendizaje profundo en todos los sectores, más allá del sector público, que condujera al inicio de la apertura y la liberalización de los regímenes de movilidad y comunicación. En una de las reuniones, el director de ITS Finlandia presentó la idea del MaaS, inspirándose en el sector de las telecomunicaciones. Esto despertó el interés de un actor del régimen, un alto funcionario y muchos otros, que comenzaron a impulsar la idea. Como resultado, en 2014, el ministerio presentó una propuesta sobre el MaaS.

Un actor del régimen organizando el desaprendizaje
La FNC creó nuevos agentes de extensión que fueron cruciales para eliminar activamente (desaprender) prácticas insostenibles, como el descarte no sostenible de la cáscara del café. Se reevaluaron las prácticas anteriores y se introdujeron nuevas técnicas de producción sostenibles con el medio ambiente.

Alcances transformativos (Transformative outcomes - TO)	MaaS en Finlandia	Producción de café en Colombia
<p>TO11 - Fortalecimiento de las interacciones entre el régimen y el nicho</p>		<p>El principal actor del régimen en el sector cafetero colombiano, la FNC, también amplió su labor en el ámbito del café de especialidad. El sector cafetero fue cambiando cada vez más y se convirtió en una cadena de valor más diversa, con ONG, productores especializados (por ejemplo, grupos de mujeres) y compradores que establecieron sus propias cadenas de distribución locales y colaboraron con la FNC. En 2006, la FNC creó el «Programa Café y Mujer» mediante un programa integral de igualdad de género para apoyar el empoderamiento de las mujeres en todos los ámbitos relacionados con la producción de café, la participación en la FNC y el liderazgo comunitario.</p>
<p>TO12 - Cambio de percepciones sobre las presiones del entorno (<i>landscape</i>)</p>	<p>Visible en el trabajo del <i>New Transport Policy Club</i> y en el desarrollo de estrategias (véase TO10).</p>	<p>El colapso de los precios internacionales del café y el auge de los movimientos sociales (véase TO9)</p>

Los alcances transformativos son una referencia interesante para reflexionar qué indicadores pueden incorporarse que permitan monitorear elementos que den cuenta del potencial transformativo de un Ecosistema Nacional de CTCI y de los procesos de transformación. Por ejemplo, la existencia de políticas que permitan la creación de nichos, su escalamiento y la desestabilización de regímenes sociotécnicos dominantes que se quieren transformar.

6. Análisis de redes (*Social network analysis*)

El análisis de redes permite visualizar y entender cómo se conectan entre sí los actores del Ecosistema CTCl, y de qué forma estas conexiones influyen en la circulación del conocimiento, la generación de innovaciones, y la coordinación de acciones. Su utilidad va más allá de representar quién colabora con quién: permite revelar cuellos de botella, asimetrías de poder, vacíos de conexión entre regiones o sectores, y estructuras informales que pueden ser clave para procesos de cambio sistémico.

En el marco de las políticas de innovación transformativa, donde el foco no está solo en los resultados finales, sino en los procesos que posibilitan la transformación de sistemas sociotécnicos, el análisis de redes se vuelve especialmente valioso. Ayuda a monitorear cómo se construyen, consolidan o expanden los nichos de innovación, cómo emergen comunidades con visiones compartidas y cómo se reconfiguran las reglas del juego en sectores dominados por regímenes incumbentes.

Para el análisis de redes se aplican métodos cualitativos y cuantitativos para estudiar las redes, los cambios en las estructuras e interacciones de las redes, los patrones de especialización o los cambios en las posiciones de los actores dentro de las redes, entre otros.

Un enfoque cuantitativo de análisis de redes sociales (*Social Network Analysis*) se basa en la construcción de grafos que representan actores como nodos y sus vínculos como aristas. A través de métricas como densidad, centralidad, modularidad, grado de intermediación o *clustering*, se puede caracterizar la estructura de la red y observar cómo cambia en el tiempo. Estas métricas permiten identificar actores clave (*brokers, hubs*), zonas de aislamiento, o subredes especializadas. El SNA puede complementarse con visualización dinámica para analizar la evolución temporal de las redes.

Para realizar este tipo de análisis se pueden utilizar distintos tipos de información, en el caso de las políticas de CTCl es frecuente el uso de las publicaciones científicas para la construcción de redes de coautoría con el fin de identificar redes de colaboración ya sea entre personas, instituciones o países. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una red de coautoría construida seleccionando, de la base de OpenAlex, artículos científicos publicados en el área de ciencias biológicas y agrícolas que tuvieran participación de, al menos, una institución chilena durante el período 2000-2010 y 2010-2020. Cada artículo genera una línea de conexión entre las instituciones participantes y el tamaño de la esfera representa la cantidad de links de una institución[4].

Un enfoque cualitativo que puede usarse es el mapeo de redes basado en entrevistas, talleres participativos o análisis documental, donde se recogen percepciones sobre vínculos, alianzas, tensiones o flujos de conocimiento. Permite entender no solo si existe una relación, sino cómo se vive esa relación, con qué grado de confianza, qué barreras existen para la colaboración, y qué incentivos podrían facilitar nuevas conexiones.

Muchos estudios combinan ambas aproximaciones. Por ejemplo, construyen redes a partir de datos duros (proyectos compartidos, coautorías, acuerdos institucionales) pero interpretan los resultados en base a análisis de contexto, discursos de los actores o teoría de cambio. También se utilizan metodologías longitudinales que permiten comparar redes en distintos momentos de una intervención, o modelos de redes de afiliación donde los vínculos entre actores se construyen a partir de eventos, proyectos o plataformas compartidas.

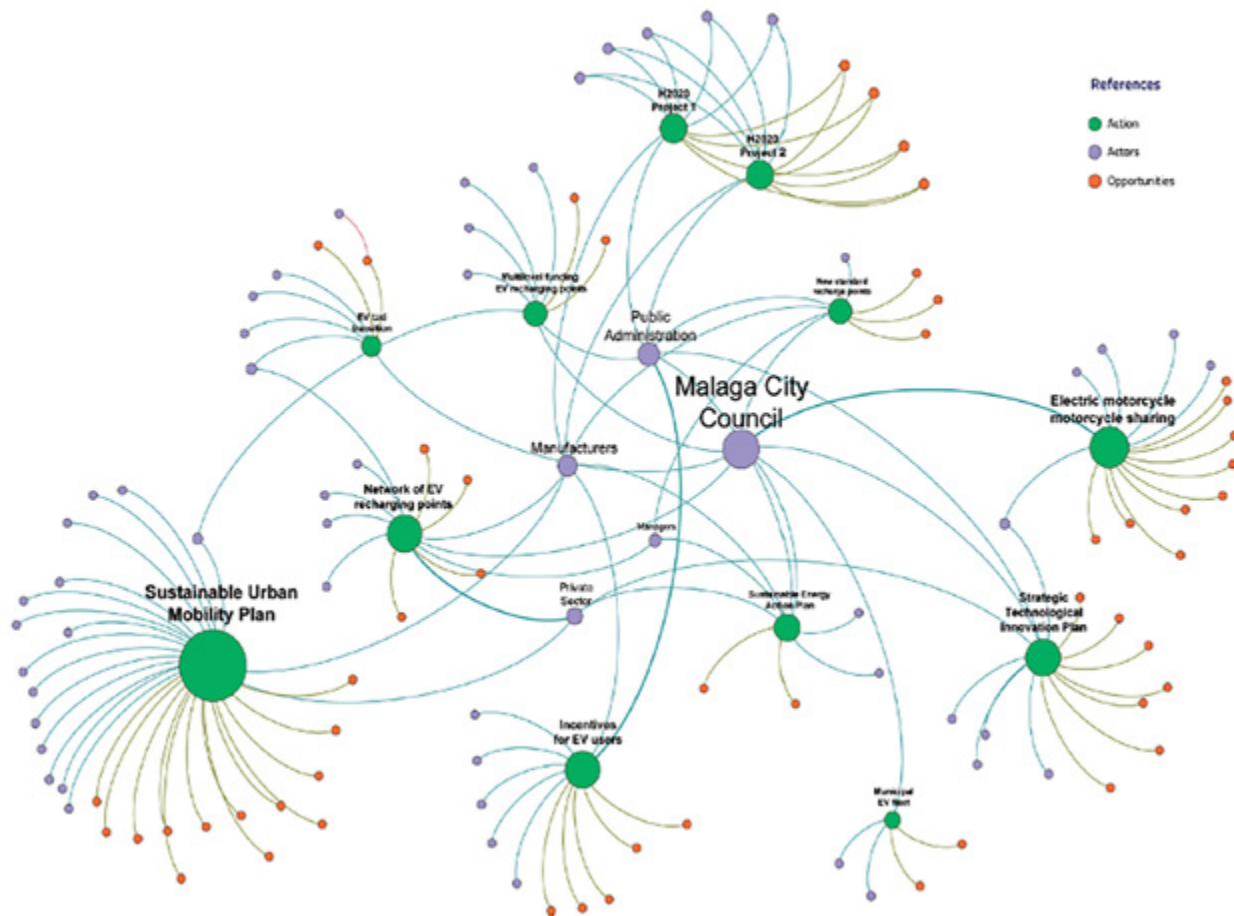
Se han introducido además prácticas mixtas que incorporan participación activa de actores del sistema para generar mapeos participativos de actores que pueden aportar a construir redes incorporando al conocimiento existente el de los propios participantes. Esto se ha utilizado para el mapeo participativo de redes asociadas a desafíos, trabajo realizado por Climate KIC. El *Handbook Challenge-led System Mapping: A Knowledge Management Approach* es una guía metodológica desarrollada por Cristian Matti y colaboradores del EIT *Climate-KIC*[79], diseñada para facilitar procesos participativos de mapeo sistémico orientados a desafíos complejos, como la sostenibilidad y el cambio climático. El manual propone un enfoque práctico que combina la participación activa de actores locales con herramientas analíticas para representar gráficamente sistemas complejos de innovación y colaboración. Su propósito central es generar una comprensión compartida

de cómo interactúan los distintos actores, flujos de conocimiento y recursos dentro de un sistema, con el fin de guiar procesos de transformación y toma de decisiones estratégicas desde una lógica de co-creación y aprendizaje colectivo.

El enfoque del manual se basa en cinco etapas principales: (1) definir el desafío a abordar, (2) diseñar colectivamente el proceso de mapeo, (3) realizar talleres participativos donde se construyen mapas con insumos *bottom-up*, (4) organizar y sistematizar el conocimiento generado con apoyo de análisis de redes y visualizaciones, y (5) utilizar los resultados para comunicar, retroalimentar y activar acciones concretas. Esta metodología integra herramientas de análisis de redes sociales (SNA), técnicas de facilitación colaborativa (como canvas visuales o *world cafés*), y principios de gestión del conocimiento, permitiendo visualizar actores clave, vacíos de articulación, y oportunidades para fortalecer ecosistemas de innovación desde una perspectiva orientada por misiones.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una red construida a partir de talleres participativos asociadas al sistema de movilidad sostenible en la ciudad de Málaga, en esta red se incluyen actores, acciones y oportunidades.

FIGURA 11. MAPA DE RED DE SISTEMA DE MOVILIDAD SOSTENIBLE EN MÁLAGA



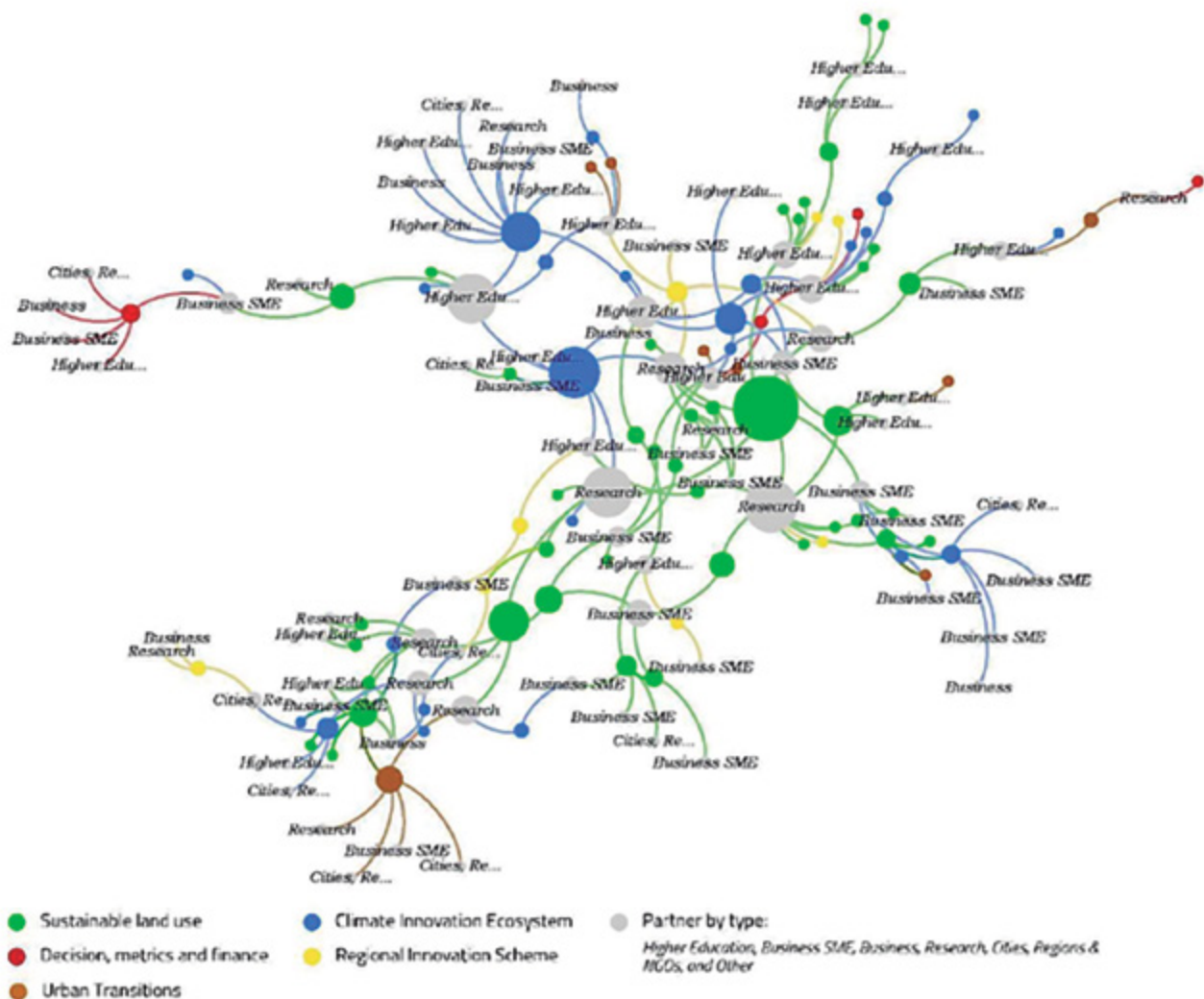
FUENTE: CHALLENGE-LED SYSTEM MAPPING. A KNOWLEDGE MANAGEMENT APPROACH, EIT CLIMATE-KIC 2020 [79].

Otro caso de utilización de análisis de redes es el estudio de la Red de proyectos en sistemas alimentarios del *European Institute of Innovation & Technology* (EIT) Climate-KIC[80]. Este constituye un ejemplo de aplicación del análisis de redes al monitoreo de transiciones sociotécnicas orientadas por políticas de innovación transformadora. El estudio se enmarca en el programa del EIT Climate-KIC —una iniciativa de la Unión Europea orientada a impulsar la innovación climática— y se centra en el portafolio de proyectos relacionados con el sistema alimentario desarrollados entre 2016 y 2020.

La hipótesis central del estudio es que un portafolio de proyectos financiado bajo una lógica de transición sistémica puede configurarse como una red que evoluciona en el tiempo, facilitando el surgimiento de nichos, la conexión entre actores diversos y el aprendizaje colectivo. Para demostrar esto, los autores utilizan técnicas de análisis de redes sociales, construyendo grafos que representan la red de proyectos y sus relaciones a lo largo del tiempo, e interpretan los resultados a la luz de los alcances transformativos.

Los datos analizados incluyeron 147 proyectos del Climate-KIC con vínculo al área de alimentación, organizados en una red de co-participación. Es decir, cada nodo representa un proyecto, y se establece un vínculo si dos proyectos comparten al menos un actor (institución participante). De esta manera, los autores construyen lo que llaman una “*portfolio network*”, que refleja cómo las iniciativas financiadas pueden contribuir, más allá de sus resultados individuales, a configurar un ecosistema de cambio. Ver ejemplo en la figura siguiente.

FIGURA 12: REDES DE PROYECTOS-SOCIOS



FUENTE: EXPLORING INDICATORS FOR MONITORING SOCIOTECHNICAL SYSTEM TRANSITIONS THROUGH PORTFOLIO NETWORKS, PENNA ET AL, 2023[80].

Los resultados muestran que la red se vuelve progresivamente más modular, con la emergencia de subconjuntos bien conectados (*clusters*) que representan nichos temáticos o territoriales. Esta modularidad es interpretada como una propiedad deseable desde la teoría de sistemas complejos, ya que permite aumentar la resiliencia del sistema, facilitar el aprendizaje localizado y proteger las innovaciones emergentes de la presión del régimen dominante.

Adicionalmente, se observan procesos de “circulación” de prácticas y aprendizajes entre módulos, así como una mayor densidad en las interacciones, lo cual sugiere que el portafolio está funcionando como un espacio de convergencia entre actores diversos. Este tipo de evidencias permiten vincular directamente la estructura de red con resultados transformativos esperados, como el escalamiento, la replicación o la institucionalización de nuevas prácticas.

Una fortaleza del estudio es que no se limita a un diagnóstico descriptivo de la red, sino que propone un marco interpretativo explícitamente vinculado a los objetivos de la política de innovación transformativa. Así, el análisis de redes se convierte no solo en una herramienta para entender el estado de situación del portafolio, sino también en una guía para orientar su evolución y para generar aprendizajes estratégicos dentro de la agencia financiadora.

El análisis de redes es una herramienta estratégica para monitorear la evolución de ecosistemas CTCl, especialmente cuando estos se entienden no solo como agregados de proyectos o actores, sino como sistemas en transformación. Las redes permiten visualizar dinámicas de articulación, circulación, poder y aprendizaje que son invisibles en indicadores tradicionales

ANEXO 3: CRITERIOS DE DESAGREGACIÓN DE INDICADORES

- 1. Regional:** se recomienda usar esta desagregación en todos los casos que sea posible. En algunas estadísticas se usa una desagregación en macrozonas. Por ejemplo, en Encuesta Nacional de Innovación a partir de los años de referencia 2017-2018 (publicados los resultados en 2020) se usaron macrozona de la siguiente manera: la Macrozona Norte incluye a las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo; la Macrozona Centro comprende a Valparaíso, O'Higgins, Maule, Ñuble y Biobío; la Región Metropolitana se considera como una macrozona independiente; y la Macrozona Sur agrupa a las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes. Cabe destacar que estas macrozonas son diferentes a aquellas definidas por el Ministerio de CTCL para la instalación inicial de sus Secretarías Regionales Ministeriales (Seremias).
- 2. Sector de la institución:** esta desagregación incluye Estado, Instituciones de Educación Superior (IES), Instituciones Privadas sin Fines de Lucro (IPSFL) y sector Empresas. Se utiliza en instrumentos como la Encuesta Nacional de Personal y Gasto en I+D. A continuación, se detallan las definiciones:

El Estado como sector de ejecución comprende a todas las unidades gubernamentales a nivel central, regional y local. Como fuente de financiamiento, el Estado corresponde a los fondos recibidos por contratos o licitaciones con organismos públicos, así como a los recursos obtenidos mediante fondos concursables.

Las Instituciones de Educación Superior (IES) abarcan a todas las universidades, escuelas técnicas y otras entidades que ofrecen programas oficiales de educación superior. En esta categoría se incluyen los institutos y centros de investigación, las estaciones experimentales y las clínicas de investigación que funcionan bajo su administración. Como fuente de financiamiento, las IES aportan recursos a través de convenios, aranceles, contratos o donaciones, siempre orientados a la ejecución de actividades de I+D.

Las Instituciones Privadas sin Fines de Lucro (IPSFL) incluyen a todas aquellas instituciones sin ánimo de lucro al servicio de los hogares. En su calidad de fuente de financiamiento, se consideran los fondos que provienen de fundaciones, corporaciones, centros de investigación y organizaciones similares, que ingresan a través de convenios, contratos o donaciones destinados a la ejecución de actividades de I+D.

El sector Empresas comprende a todas las compañías privadas y públicas que operan en el país. Como fuente de financiamiento, corresponde a los fondos provenientes de empresas que se obtienen a través de convenios, contratos o donaciones con el fin de desarrollar actividades de I+D.

Adicionalmente, se distinguen los fondos internacionales, que se entienden como cualquier entrada de recursos proveniente de fuentes extranjeras, incluyendo aquellos que tienen su origen en empresas u organismos internacionales.

- 3. Sector económico:** corresponde al sector económico de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), en las estadísticas actuales se usa el Clasificador Chileno de Actividades Económicas, CIIU Rev.4. (adaptación nacional del CIIU internacional publicada el

2012). La CIU tiene por finalidad establecer una clasificación uniforme de las actividades económicas productivas. Su propósito principal es ofrecer un conjunto de categorías de actividades útiles para reunir y presentar las estadísticas de acuerdo a dichas actividades. Por consiguiente, la CIU propone presentar ese conjunto de categorías de actividad de modo tal que las entidades se puedan clasificar en función de la actividad económica que realizan.

4. **Objetivo socioeconómico de acuerdo a la NABS** (*Nomenclature for the Analysis and Comparison of Scientific Programmes and Budgets*), esta constituyen una clasificación internacional desarrollada por Eurostat y adoptada por la OCDE para organizar la investigación y el desarrollo (I+D) de acuerdo con sus objetivos socioeconómicos. A diferencia de otras clasificaciones que se centran en los campos científicos (como los *Fields of Science* del Manual de Frascati) o en sectores económicos (como la CIU), la NABS responde a la pregunta “¿para qué se realiza la investigación?”, identificando finalidades como salud, protección del medio ambiente, energía, educación, cohesión social o defensa. Su principal uso es en las estadísticas de GBARD (*Government Budget Allocations for R&D*), donde permite comparar internacionalmente cómo los gobiernos asignan recursos a distintos objetivos de política pública. Tiene 13 categorías principales de objetivos socioeconómicos (cada una con subcategorías): Exploración y explotación de la Tierra; Medio ambiente; Exploración y explotación del espacio; Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras; Energía; Producción industrial y tecnología; Salud; Agricultura; Educación; Cultura, recreación, religión y medios de comunicación; Sistemas, estructuras y procesos políticos y sociales; Avance general del conocimiento (investigación por curiosidad); y Defensa.

5. **Área del Conocimiento:** Las áreas del conocimiento se clasifican usando la clasificación *Fields of Science* (FOS) propuesta en el Manual de Frascati y usada por la OCDE. Son 6 áreas: Ciencias naturales; Ingeniería y tecnología; Ciencias médicas y de la salud; Ciencias agrícolas y veterinarias; Ciencias sociales; Humanidades y artes. Estas a su vez se subdividen en subáreas.

6. **Clasificación de la I+D:**

- **Investigación orientada:** incluye aquella investigación con una consideración de un uso, que puede buscar el entendimiento fundamental de un fenómeno o sistema sociotécnico de interés asociado a un desafío u oportunidad particular o bien puede buscar el desarrollo de una tecnología o innovación de interés.
- **Investigación por curiosidad (no orientada):** incluye aquella investigación que busca el entendimiento fundamental de un fenómeno o tema sin una consideración de uso, guiada por la curiosidad de la persona que investiga.

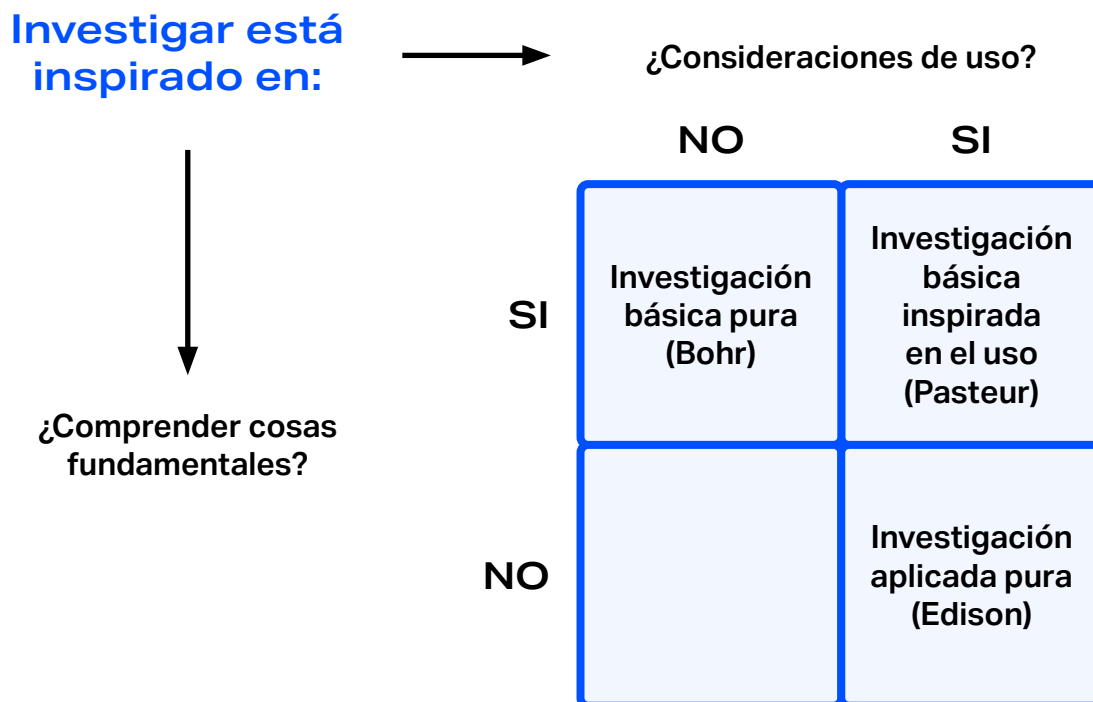
Esta categorización permite visibilizar y medir la direccionalidad de las actividades y políticas de CTCI. Por ejemplo, observar si los programas y el financiamiento público entregado tienen cierto direccionamiento y en qué ámbitos u objetivos se direcciona.

Las categorías propuestas se basan en la clasificación de la I+D que propone Donald Stokes, en su libro *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation* (1997)[54], este propone un esquema que clasifica la investigación científica en función de dos dimensiones: (1) Búsqueda de entendimiento fundamental (¿el objetivo es ampliar el conocimiento básico?) y (2) Consideración de uso (¿la investigación busca resolver problemas prácticos?).

Con esas dos dimensiones, genera cuatro cuadrantes (ver figura siguiente):

- Cuadrante de Bohr: investigación básica pura (alta búsqueda de entendimiento, baja consideración de uso). Ej.: física atómica de Niels Bohr.
- Cuadrante de Edison: investigación aplicada (alta consideración de uso, baja búsqueda de entendimiento). Ej.: inventos de Thomas Edison.
- Cuadrante de Pasteur: investigación “inspirada por el uso” (alta búsqueda de entendimiento + alta consideración de uso). Ej.: Louis Pasteur, que investigaba mecanismos fundamentales de microbiología mientras resolvía problemas concretos como la pasteurización o vacunas.
- Cuadrante vacío: ni busca entendimiento ni aplicaciones (prácticamente irrelevante)[54].

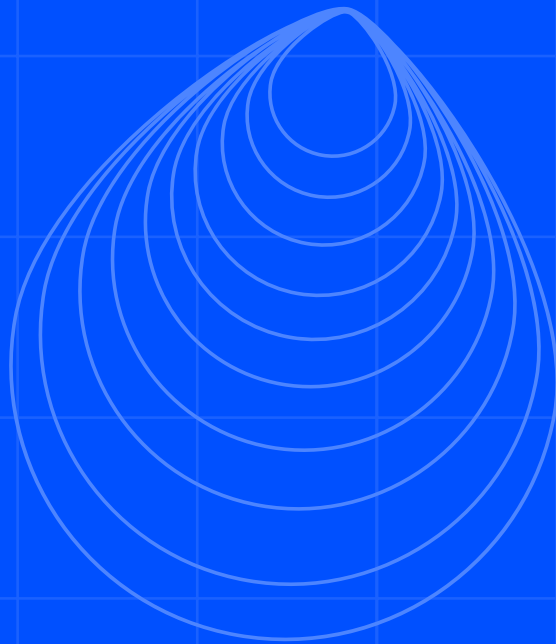
FIGURA 13: PASTEUR'S QUADRANT: BASIC SCIENCE AND TECHNOLOGICAL INNOVATION



FUENTE: TRADUCIDO DE STOKES, 1997[54].

7. Funciones principales de los ITIP en Chile: se categorizan de acuerdo a lo propuesto en el estudio: “Centros de Investigación y Desarrollo e Institutos Tecnológicos Públicos. Principales características y desafíos”[81].

- Investigación científica y aplicada: generación de conocimiento y adaptación a problemas productivos y sociales.
- Desarrollo tecnológico: creación, adaptación y validación de tecnologías.
- Transferencia tecnológica: articulación con empresas y sectores productivos.
- Servicios tecnológicos especializados: laboratorios, ensayos, certificaciones, apoyo técnico.
- Normalización y regulación técnica: generación de estándares, normas y protocolos de calidad.
- Apoyo a políticas públicas: provisión de evidencia y capacidades técnicas para el diseño de regulación y políticas sectoriales.



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

