

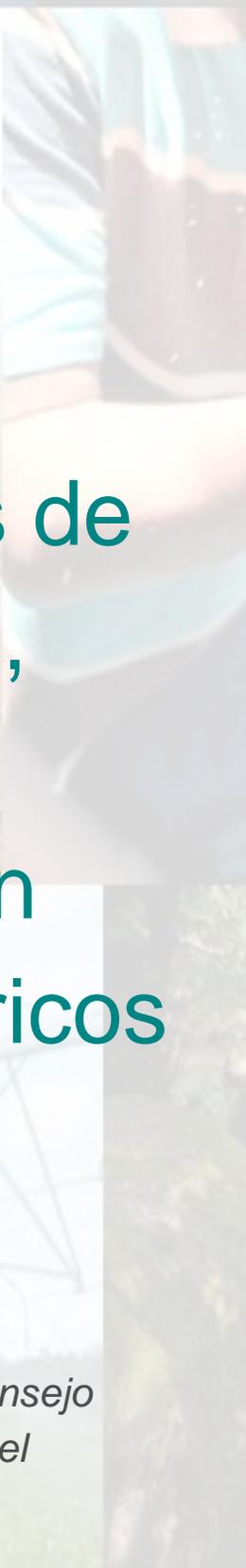


>> CameronPartners .



Informe final

Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile



Estudio elaborado para el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo

Presentación

CameronPartners es una sociedad de profesionales dedicados a realizar estudios y prestar asesorías a entidades privadas y públicas, con la visión de aportar al crecimiento de los negocios, la economía y la sociedad por medio de la innovación. En cada proyecto combinamos cuatro elementos que diferencian nuestro trabajo:

- > Expertise en administración de negocios (innovación, estrategia, marketing, excelencia operacional, etc.) y economía aplicada (políticas de innovación, inversión extranjera, etc.).
- > Experiencia directa en investigación científica y desarrollo tecnológico de frontera en universidades, centros de investigación y empresas para diversos sectores productivos.
- > Dominio de métodos cuantitativos y cualitativos de investigación empírica, de métodos de desarrollo participativo y de desarrollo de competencias laborales y organizaciones.
- > Entendimiento de que la innovación y el desarrollo económico y social son fenómenos sistémicos que deben ser abordados como tales.

Desde nuestro inicio en 2006, hemos realizado proyectos en veinte países en América, Asia y Europa. Nuestras oficinas están localizadas en Mannheim, Alemania y Concepción, Chile.

Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile

Informe final

*Estudio elaborado para el Consejo Nacional de Innovación
para el Desarrollo, Gobierno de Chile*

Autores: M. Cameron, P. Henríquez y P. Sanhueza

Colaboradores: F. Sepúlveda, N. Olgún, H. Villagrán, F. Faúndez y R. Álvarez

En pocas palabras

En este informe presentamos los resultados del trabajo «*Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile*».

Primero sintetizamos aspectos generales tales como así como el alcance metodológico general del trabajo, la taxonomía utilizada para caracterizar las capacidades de interés, las principales dimensiones de estudio de los recursos hídricos y los principales actores institucionales relacionados con el estudio de los recursos hídricos.

Luego identificamos y caracterizamos las capacidades humanas y científicas existentes en el país. Entre estas capacidades destacamos los especialistas residentes en Chile en materia de recursos hídricos y los profesionales en especialización, la producción científica de estos especialistas relacionada con recursos hídricos y el impacto científico respectivo, así como los programas de formación y especialización en recursos hídricos.

Finalmente identificamos y caracterizamos las capacidades para financiar las actividades de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos.

Advertencia

Las opiniones expresadas en este informe representan la opinión de CameronPartners Innovation Consultants y son de su exclusiva responsabilidad. Sólo la versión final aprobada por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad puede ser resumida, reproducida y/o traducida en forma parcial o total en forma libre indicando expresamente la fuente. La publicación debe ser citada como sigue:

CameronPartners (2016), *Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile*. Informe final de estudio realizado para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, Gobierno de Chile, Santiago, Chile.

Consultas sobre este informe, el análisis realizado o materias relacionadas pueden ser dirigidas a Dr. Mario Cameron (+49 621 438 5477; mtc@cameron-partners.com) o a Paulina Henríquez (+56 41 279 5939, phr@cameron-partners.com).

Contenidos

Lo más importante en breve	8
1 Presentación del trabajo	20
1.1 Contexto y justificación del trabajo	20
1.2 Objetivo y preguntas guía	21
1.3 Desafíos y alcance metodológico general	23
1.4 Contenido del informe	24
2 Taxonomía para el estudio de Recursos Hídricos	25
2.1 Metodología	25
2.2 Sistemas de clasificación de campos científico-tecnológicos	26
2.3 Campos y áreas científico-tecnológicas relevantes para el estudio de recursos hídricos	28
2.4 Principales dimensiones de estudio de los recursos hídricos	30
3 Actores del Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos	34
3.1 El Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos	34
3.2 Actores del Sistema – Nivel institucional	35
4 Capacidades del Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos	41
4.1 Capacidades humanas	41
4.1.1 Investigadores y otros especialistas	41
4.1.2 Profesionales en especialización	49
4.2 Capacidades científicas	58
4.2.1 Producción científica de los investigadores identificados	59
4.2.2 Producción científica sin revisión por pares	81
4.2.3 Programas de formación y especialización	97

5	Financiamiento de la investigación y el desarrollo en materia de recursos hídricos	112
5.1	Fuentes de financiamiento	112
5.2	Estimación del gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos	131
6	Comentarios finales	145
Anexo A – Especialistas entrevistados y entidades contactadas en el marco del trabajo		147
Anexo B – Áreas y Temas tratados en las Mesas de trabajo de la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos		153
Anexo C – Palabras clave para identificar publicaciones relacionadas con recursos hídricos		167
Anexo D – Capacidades tecnológicas del SNI-RH		170
Anexo E – Modelo para estimar el gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos		190
Anexo F – Sistema de clasificación ÖFOS para campos, áreas y disciplinas científico-tecnológicas		209

Lo más importante en breve

El objetivo general del presente trabajo es cuantificar y analizar las capacidades humanas, científicas, tecnológicas y económicas existentes en Chile que permiten realizar la investigación científica y el desarrollo tecnológico que se requieren para asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos del país.

Enfoque sistémico y caracterización sistemática

La metodología utilizada para llevar a cabo este trabajo busca relevar el carácter sistémico del objeto de análisis y de su entendimiento. Bajo este marco, utilizamos extensivamente el concepto de *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*, entendido como el conjunto de actores que interactúan y/o se interrelacionan entre sí, formando redes de innovación, para aportar al surgimiento de innovaciones en general y/o para aplicar innovaciones externas en el ámbito de recursos hídricos para el beneficio de la sociedad en general.

En este mismo sentido, enfatizando la necesidad de un entendimiento holístico del desafío de asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos, comprendemos que el estudio de los recursos hídricos no sólo contempla el fenómeno físico (ciclo hidrológico), sino que también incluye: el estudio de su gestión y sus usos; su relación con el medioambiente; las ciencias y tecnologías afines que apoyan estos estudios; la legislación y la educación respecto de recursos hídricos, así como sus relaciones con el desarrollo humano y el cambio global.

Para caracterizar las capacidades del *Sistema* en forma sistemática utilizamos el sistema de clasificación del conocimiento científico y tecnológico ÖFOS (*Österreichische Systematik der Wissenschaftszweige*) que define una nomenclatura estándar para identificar campos, áreas y disciplinas científico-tecnológicas tradicionales como también emergentes. Junto a este sistema, en el marco del trabajo elaboramos un modelo complementario para clasificar las principales dimensiones del estudio de los recursos hídricos y sus interrelaciones. Dentro de estas dimensiones se encuentran, por ejemplo, la *Gestión y Uso del Recurso Hídrico*, los *Recursos Hídricos y Medioambiente*, los *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano*.

Alcance de la base de información utilizada para el análisis realizado

Las capacidades de investigación, desarrollo e innovación del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos* en Chile presentadas en este trabajo fueron identificadas utilizando técnicas mixtas de recolección de información a través de fuentes primarias y secundarias.

De este modo, logramos identificar a un grupo de análisis con 683 profesionales residentes en Chile, que pueden ser considerados expertos en temas relacionados recursos hídricos. Este grupo está compuesto por investigadores trabajando en universidades, centros de investigación e institutos tecnológicos públicos, docentes asociados a programas de postgrados y postítulos, así como otros especialistas trabajando en empresas privadas y servicios públicos.

A través de la técnica del análisis bibliométrico, identificamos 711 publicaciones de origen nacional vinculadas al estudio de los recursos hídricos en el período 2010 – 2015, así como 1.168 tesis de pregrado, máster y doctorado relacionadas con el estudio de recursos hídricos.

Junto a los especialistas en recursos hídricos trabajando en el país, logramos identificar a un total de 134 profesionales en especialización en temas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, en base a la revisión de los registros de becarios que participaron en los concursos del programa Becas Chile de Conicyt en el periodo 2010 – 2016.

Para identificar los programas de formación y especialización directamente relacionados con recursos hídricos, así como aquellos habilitantes para el estudio de estos eventos, revisamos más de 11.000 programas vigentes, registrados en el Directorio de Instituciones de Educación Superior de la División de Educación Superior del Ministerio de Educación, de los cuales, resultaron seleccionados para el análisis cerca de 28 programas directamente relacionados y 216 programas habilitantes.

Especialistas residentes en Chile en materia de recursos hídricos

LA CONCENTRACIÓN DE ESPECIALISTAS EN RECURSOS HÍDRICOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA ES RELATIVA. ÉSTOS SE DISTRIBUYEN A LO LARGO DEL PAÍS EN FORMA PROPORCIONAL A LA POBLACIÓN DE SUS REGIONES.

En términos generales, más del 54% de los especialistas considerados en el grupo de análisis tiene un doctorado en ciencias técnicas (35%), naturales (30%), sociales (20%) o agrarias (15%) y está afiliado a alguna institución de educación superior.

A nivel nacional, la distribución de los especialistas es muy desigual entre regiones en términos absolutos. Por ejemplo, la Región Metropolitana acumula el 44% del total de los académicos que trabajan en temas relacionados con recursos hídricos. La siguiente región con mayor cuota de participación de académicos es la del Biobío con un 15% del total. Con participaciones entre el 5% y 8% sobre el total se registran las regiones de Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, Maule, La Araucanía y Los Ríos.

De acuerdo al análisis realizado, el número de habitantes en las regiones del país explica el número de especialistas en un 93% ($R^2=0,93$). En este contexto, destacan positivamente las regiones de Los Ríos, Antofagasta y Aysén, que tienen más especialistas trabajando en temas relacionados con

recursos hídricos que el valor esperado. En menor grado, pero de igual forma sobre pasando el valor esperado encontramos a las regiones de Atacama y Tarapacá y Magallanes. Por el contrario, las regiones como Los Lagos y Valparaíso presentan escasez de especialistas regionales ya que poseen considerablemente menos especialistas que los que se esperaría de acuerdo al tamaño de su población.

LA UNIVERSIDAD DE CHILE, LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE Y LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN CUENTAN CON MÁS DE 50 ESPECIALISTAS EN RECURSOS HÍDRICOS CADA UNA. ESTA CONCENTRACIÓN DEFINE GRAN PARTE DEL RESTO DE RESULTADOS DEL TRABAJO.

Al analizar la distribución de los especialistas en las universidades y centros de investigación nacionales hemos identificado tres categorías de instituciones. En la primera categoría se encuentran la Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad de Concepción con más de 50 especialistas, acumulando caso el 40% de los especialistas que se desempeñan en la academia. En la segunda categoría, las entidades tienen entre 20 y 40 especialistas; en ella se encuentran el grueso de las universidades de investigación nacionales, a saber las universidades de Talca, de Santiago, Católica de Temuco, Católica del Norte, Austral y Pontificia de Valparaíso. Estas universidades acumulan el 30% de los especialistas que se desempeñan en la academia. El resto de los especialistas se desempeña en universidades y los centros de investigación con menos de 20 especialistas.

Profesionales en especialización en temas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos

RESPECTO AL PERFIL DE LOS ACTUALES ESPECIALISTAS, LOS PROFESIONALES EN ESPECIALIZACIÓN MUESTRAN MÁS INTERÉS EN CIENCIAS TÉCNICAS EN DESMEDRO DE CIENCIAS NATURALES Y SOCIALES.

En términos generales, más de dos tercios de los becarios de nuestro grupo de análisis proviene de la academia, busca obtener un doctorado en Chile en ciencias naturales (40%) y técnicas (28%) y cuenta con financiamiento del programa Becas Chile. El resto de los profesionales en especialización busca alcanzar un postgrado en ciencias agrícolas (19%) o ciencias sociales (12%). En este sentido, existe una diferencia notable respecto de la distribución de los actuales especialistas del ámbito de recursos hídricos según campo del conocimiento al que pertenecen (30% ciencias naturales, 35% ciencias técnicas, 14% ciencias agrícolas y 21% ciencias sociales).

ESTA NUEVA ORIENTACIÓN PODRÍA SER INTERPRETADA COMO UN MAYOR INTERÉS POR ASPECTOS MÁS APLICADOS EN RELACIÓN CON RECURSOS HÍDRICOS, TALES COMO SU USO Y/O GESTIÓN, EL DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA GENERAR Y ANALIZAR DATOS, LA GESTIÓN INTEGRADA, ENTRE OTROS.

En este contexto cabe enfatizar que, en estricto rigor, los programas académicos de los profesionales en especialización identificados son sólo habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, ya que estos programas imparten conocimientos relacionados sin que esto, necesariamente, implique que sus egresados tengan que desempeñarse laboralmente en este ámbito.

El hecho que la gran mayoría (73%) de los becarios se encuentre afiliado a universidades o centros de investigación es un resultado esperable, sin embargo es destacable el hecho que el 15% de los profesionales haya estado afiliado a empresas privadas y que de éstos un 80% busque obtener un

doctorado, ya que experiencias laborales fuera de la academia son valiosas para la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación en un sentido amplio.

LAS CAPACIDADES NACIONALES HAN PERMITIDO ESTABLECER UNA OFERTA COMPETITIVA A NIVEL INTERNACIONAL DE PROGRAMAS DE POSTGRADO HABILITANTES PARA EL ESTUDIO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

En cuanto a la distribución geográfica de los profesionales en especialización, también es sorprendente que un 67% de ellos esté realizando estudios de postgrado en Chile, indicio del alto nivel de la investigación científica nacional en materia de recursos hídricos, que además resulta favorable para los grupos de investigación respectivos, considerando que un 87% de estos profesionales busca alcanzar el grado de doctorado.

Respecto a los profesionales especializándose en el extranjero, éstos se encuentran realizando sus estudios de postgrado en los polos de desarrollo científico a nivel mundial, particularmente Reino Unido, Países Bajos, EEUU, Canadá, Alemania y Australia. En cuanto a la distribución geográfica de profesionales en especialización según campos de conocimiento de los programas de postgrado, cabe destacar que todos los profesionales del grupo de análisis especializándose en ciencias agrícolas (20% de todos los profesionales en especialización) se encuentran atendiendo programas en el hemisferio sur (Australia y Nueva Zelanda), predominando los programas de postgrado en ciencias técnicas en Oceanía; mientras que en el hemisferio norte (Europa y el resto de América) los estudios de postgrado predominantes son los programas en ciencias naturales y en ciencias sociales.

LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, LA UNIVERSIDAD DE CHILE Y LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE CONCENTRAN EL 71% DE LOS BECARIOS ESPECIALIZÁNDOSE EN DE CHILE EN TEMAS RELACIONADOS CON RECURSOS HÍDRICOS.

Respecto a los becarios especializándose en Chile en temas relacionados con recursos hídricos, destaca la Universidad de Concepción con la mayor cuota (27%). Esta posición se explica principalmente por el programa de Doctorado en Ciencias Ambientales, con mención en sistemas acuáticos continentales, que imparten el Centro EULA-UdeC; este programa es el más cursado a nivel nacional, con un 15% de los profesionales en especialización en Chile. Le siguen, la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile, con un 22% de los becarios cada una. La concentración en tres universidades del país se podría explicar por la existencia de un efecto de acumulación, que en este caso implica que los postulantes a programas de postgrado otorgan un reconocimiento muchísimo mayor a las universidades más antiguas, más grandes y/o más prestigiosas, que a otras universidades.

Producción científica de los investigadores especializados en recursos hídricos

A NIVEL INDIVIDUAL, LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL SE ENCUENTRA CONCENTRADA EN POCOS INVESTIGADORES. 10% DE ELLOS CONCENTRA UN 50% DE LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS INDEXADAS EN MATERIA DE RECURSOS HÍDRICOS.

Sobre un total de 711 publicaciones analizadas, desde donde identificamos a 226 autores afiliados a entidades chilenas, el primer decil de investigadores con mayor producción concentra cerca de la

mitad de los trabajos científicos en materia de recursos hídricos. Además, observamos que cerca de dos tercios del total de los trabajos se vinculan a las ciencias naturales; le siguen las ciencias técnicas y ciencias agrícolas. Llama la atención la baja participación que tienen las ciencias sociales en esta distribución, presentando de esta forma una brecha necesaria de abordar para lograr un entendimiento integral de las problemáticas asociadas al recurso hídrico.

UN 80% DE LAS PUBLICACIONES SE ENFOCAN EN EL ESTUDIO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PROPIAMENTE TAL, LA GESTIÓN Y USO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS ASÍ COMO LOS RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIOAMBIENTE.

Sobre las principales dimensiones estudiadas, los investigadores identificados tienden a enfocarse en el *Estudio de los Recursos Hídricos*, la *Gestión y Uso de los Recursos Hídricos* y los *Recursos Hídricos y Medioambiente*, acumulando el 80% del total de publicaciones. Esto se encuentra íntimamente ligado a la participación de los campos científico-tecnológicos presentados, ya que ciencias naturales, ciencias técnicas y ciencias agrícolas se presentan como campos fundamentales para comprender el recurso hídrico en las tres dimensiones principales enunciadas. Sin embargo, dentro de estas tres dimensiones principales para el estudio de los recursos hídricos, no hallamos evidencia de una distribución geográfica clara a través de macrozonas diferenciando por cada una de estas dimensiones.

EN LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA INDEXADA EN MATERIA DE RECURSOS HÍDRICOS NO ES POSIBLE IDENTIFICAR UN PATRÓN DE ESPECIALIZACIÓN REGIONAL.

En base al análisis de redes realizado, observamos que el orden de relevancia de las dimensiones de estudio tiende a mantenerse, destacando en primer lugar la dimensión *Estudio de los Recursos Hídricos*. Por otro lado, entre *Recursos Hídricos y Medioambiente* y *Gestión y Usos del Recurso Hídrico*, tiende a existir una diferenciación, aunque menor, entre las macrozonas geográficas consideradas. A pesar de esto, en base a las necesidades y realidades hídricas por macrozona, esperábamos que las dimensiones se distribuyeran respondiendo a este factor, por ejemplo, otorgando mayor relevancia a la gestión del recurso en la zona norte, producto de la escasez hídrica que la afecta. Sin embargo, la evidencia que levantamos no nos permite realizar esta afirmación, debido a que las diferencias entre dimensiones no son significativas entre macrozonas, dejando claridad del escenario a nivel nacional antes que macrozonal.

EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DE UNIVERSIDADES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN NACIONALES EN TEMAS RELACIONADOS CON RECURSOS HÍDRICOS SE EXPLICA EN UN 90% ($R^2=0,90$) POR LA CANTIDAD DE INVESTIGADORES CON DOCTORADO EN ESTAS INSTITUCIONES.

En otras palabras, aquellas entidades con mayor número de doctores presentan mayores cifras de publicaciones. Además, cabe señalar que la relación entre la producción científica de las universidades y centros de investigación nacionales en temas relacionados con recursos hídricos y el número de investigadores con doctorado no es lineal: entidades con menos de veinte investigadores con doctorado presentan prácticamente el mismo nivel de producción científica, sin embargo, a partir de cierta cantidad de investigadores, la producción científica aumenta en forma sobreproporcional, especialmente para aquellas instituciones que cuentan con más de cincuenta doctorados, diferenciándose notablemente del resto de las instituciones.

EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DE UNIVERSIDADES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN NACIONALES EN TEMAS RELACIONADOS CON RECURSOS HÍDRICOS SE EXPLICA EN UN 90% ($R^2=0,90$) POR LA CANTIDAD DE INVESTIGADORES CON DOCTORADO EN ESTAS INSTITUCIONES.

Tras evaluar el impacto científico de los investigadores residentes en Chile trabajando en materia de recursos hídricos utilizando como indicadores: i) el Impacto por Publicación y ii) el número de citas, hemos comprobado que existe una cierta correlación entre el número de citas que obtiene un investigador y su Impacto por Publicación.

LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN MATERIA DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE Y DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE TIENE EL MAYOR UN IMPACTO CIENTÍFICO AGREGADO Y PROMEDIO DEL PAÍS. LE SIGUEN LA UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE Y LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN.

Al utilizar los indicadores mencionados para caracterizar el desempeño de las diez entidades con mayor producción científica a nivel nacional, encontramos que la Pontificia Universidad Católica de Chile, en términos agregados, es la entidad con mayor Impacto por Publicación y mayor número de citas; le siguen a mucha distancia la Universidad de Concepción y la Universidad de Chile con un desempeño mediano, mientras que en el extremo inferior se encuentran las otras siete entidades con mayor producción científica a nivel nacional en materia de recursos hídricos.

No obstante, al calcular el Impacto por Publicación y el número de citas promedio de estas instituciones, la posición de algunas entidades cambia drásticamente. En efecto, al grupo con un desempeño alto ingresa la Universidad Austral de Chile y la Universidad de Concepción pasa al grupo con un desempeño medio, junto a las universidades de Talca, de La Serena, Pontificia Católica de Valparaíso. El Ceaza, la Universidad Católica de la Santísima Concepción y la Universidad Católica de Temuco se mantienen en una situación de bajo impacto científico.

Todo lo anterior viene a poner en evidencia la escasez de investigadores con producción científica e impacto científico significativo en algunas regiones del país, sobre todo en las más extremas, siendo esta una brecha que debe ser superada, particularmente considerando la necesidad de asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos, para lo cual la generación de conocimiento científico con un enfoque territorial es una condición necesaria, teniendo en cuenta que algunas problemáticas se encuentran específicamente localizadas en determinadas zonas del país.

Producción científica no indexada

EL FOCO TEMÁTICO DE MÁS DE LA MITAD DE LAS TESIS DE PRE Y POSTGRADO IDENTIFICADAS SON GESTIÓN Y USO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y ESTUDIO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.

Del análisis de resultados de la producción científica no indexada, particularmente, trabajos de tesis de pre y post grado y presentaciones en congresos, dentro del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*, observamos el mismo patrón que en el caso de la producción científica indexada, registrándose una alta concentración por campos científico-tecnológicos, entidades y regiones.

Sobre las principales dimensiones estudiadas, la producción identificada tiende a enfocarse en la *Gestión y Uso de los Recursos Hídricos*, y en *Estudio de los Recursos Hídricos*, que acumulan en conjunto el 50% del total de tesis revisadas (pregrado y postgrado). A su vez, esta situación se repi-

te para el caso de los trabajos presentados en los congresos, en donde la concentración temática en las mismas dos dimensiones es incluso superior, superando el 70%. Esto se encuentra íntimamente ligado a la distribución de la participación de los campos científico-tecnológicos presentados, ya que ciencias naturales y ciencias técnicas se presentan como campos fundamentales para comprender el recurso hídrico en las tres dimensiones principales enunciadas.

LOS TEMAS DE LAS TESIS DE PRE Y POSTGRADO IDENTIFICADAS NO EVIDENCIAN ALGÚN PATRÓN DE ESPECIALIZACIÓN RELACIONADO CON NECESIDADES TERRITORIALES.

También observamos que, para el caso de las tesis las regiones del país tienden a mantener la distribución general presentada. Esta situación llama la atención ya que se esperaba encontrar una distribución temática más vinculada a las necesidades de cada región, por ejemplo, una mayor predominancia de la dimensión que comprende el estudio de la sequía en las regiones pertenecientes a la zona norte y central, y una mayor concentración de la dimensión relacionada con el estudio del medio ambiente en las regiones de la zona sur de Chile. En este sentido, la falta de especialización temática asociada al territorio en el estudio de los recursos hídricos es un aspecto que merece revisión dado que un alineamiento entre prioridades de investigación y necesidades del territorio podría ser un criterio relevante en una estrategia de fomento a la investigación y desarrollo para hacer frente a las problemáticas actuales vinculadas a los recursos hídricos.

Con respecto al total de tesis y su distribución regional, existe una concentración en tres regiones del país (Metropolitana, Biobío y Valparaíso), siendo éstas las que también acumulan un número importante de universidades de prestigio a nivel nacional. De hecho, observamos que 4 universidades concentran el 40% del total de tesis examinadas, a saber: Universidad de Chile, Universidad de Concepción, Universidad de Talca y Universidad de Valparaíso, coincidiendo así con las regiones ya mencionadas, a excepción del caso de la Universidad de Talca.

A DIFERENCIA DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA INDEXADA, EN LAS TESIS DE PRE Y POSTGRADO LAS CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AFINES EMERGEN COMO UN TEMA RELEVANTE.

Es posible visualizar, además, una relación entre el tipo de universidad y el ámbito temático de las tesis examinadas. Así es como hemos observado que la mayoría de las universidades que desarrollan tesis en las dimensiones de *Estudio de los Recursos Hídricos*, corresponde a universidades con mayor desarrollo de capacidades de investigación y que cuentan con programas en el área de las Ciencias Naturales. Por su parte, en aquellas universidades con más capacidades de desarrollo tecnológico, el desarrollo de tesis en el área de las *Ciencias y Tecnologías Afines* al estudio de los recursos hídricos es más relevante.

LOS CONGRESOS OTORGAN MAYOR VISIBILIDAD A LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO ELABORADOS FUERA DE LAS UNIVERSIDADES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN.

Por su parte, en relación a los congresos en materia de recursos hídricos, se reitera el patrón observado en el caso de las tesis y las publicaciones científicas indexadas, respecto a la clara concentración en dos dimensiones de estudio de los trabajos presentados en éstos. En este caso, la dinámica evidenciada por los congresos realizados en el país, otorga mayor visibilidad a entidades que no aparecen dentro de los análisis de producción científica anteriores: este es el caso de los trabajos presentados por empresas, así como por organismos públicos o de gobierno. Sin embar-

go, la distribución general de los trabajos presentados en este tipo de congresos se inclina hacia la academia en un 70%.

Programas de formación y especialización para el estudio de los recursos hídricos

CHILE TIENE UNA OFERTA DE 28 DE PROGRAMAS ACADÉMICOS ESPECÍFICAMENTE ORIENTADOS AL ESTUDIO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. LA REGIÓN METROPOLITANA CONCENTRA EL 61% DE ESTA OFERTA.

En términos generales, los veintiocho programas académicos que tratan los recursos hídricos en forma específica son principalmente de postgrado. A nivel regional la distribución de estos programas es muy desigual. De hecho, sólo siete regiones presentan programas académicos de este tipo. En términos absolutos, la Región Metropolitana acumula un 61% de la oferta académica, donde la Universidad de Chile con un 32% es la que tiene la mayor participación, seguida de la Universidad de Concepción con un 18%.

LAS CIENCIAS SOCIALES SE ENCUENTRAN A DEBE EN LA CREACIÓN DE PROGRAMAS ACADÉMICOS ORIENTADOS A TRATAR LAS PROBLEMÁTICAS SOCIALES DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.

En cuanto a la distribución por campo del conocimiento (Nivel 1 de ÖFOS), podemos observar que las Ciencias Agrícolas (36%), Ciencias Naturales (29%), Ciencias Técnicas (25%) presentan una mayor participación, en tanto las Ciencias Sociales (11%) concentran una menor proporción de programas académicos, lo cual es sorprendente dada la importancia que tiene la relación agua y sociedad para la sostenibilidad del recurso hídrico. A partir del análisis solo es posible identificar leves patrones de especialización regional en los programas académicos. Considerando las áreas de conocimiento (Nivel 4 de ÖFOS) existe una cierta concentración de programas en el área de Cultivo de Tierras en la zona centro del país en tanto en zona sur del país (La Araucanía y Los Ríos) se encuentra una cierta concentración de programas académicos en el área de Hidrología.

Además de los programas académicos que tratan los recursos hídricos en forma específica, existen 216 programas de formación y especialización que son habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, de los cuales un 75% corresponde a programas de formación profesional, y un 15% a máster, mientras en una menor proporción se encuentran los programas conducentes a doctorado (5%) y diplomado/postítulo (4%). Del total de programas habilitantes encontramos que éstos se concentran principalmente en las Ciencias Técnicas (49%) y Ciencias Naturales (23%), seguido por las Ciencias Agrícolas (22%) y en una menor participación las Ciencias Sociales (6%), esto último continúa con el patrón de los programas que tratan los recursos hídricos en forma específica, donde las Ciencias Sociales corresponden al campo del conocimiento con una menor participación.

MEDIOAMBIENTE, GESTIÓN Y USOS, JUNTO A CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AFINES SON LAS PRINCIPALES DIMENSIONES DE ESTUDIO DE LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS HABILITANTES PARA EL ESTUDIO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.

Respecto a los grandes temas de estudio, las dimensiones *Recursos Hídricos y Medioambiente*, y *Gestión y Usos del Recurso Hídrico* corresponden a las principales categorías con un 29% y 27% respectivamente, luego *Ciencias y Tecnologías Afines* con un 21%, y *Estudio del Recurso Hídrico*

con un 20%. En tanto, los programas académicos relacionados con *Legislación y Política de Recursos Hídricos*, y *Recursos Hídricos y Medioambiente*, presentan un 2% y 1%.

Fuentes de financiamiento para la investigación y el desarrollo en materia de recursos hídricos

Las actividades de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en el país sin financiadas desde las líneas generales de investigación y desarrollo.

En Chile existen 124 líneas para financiar actividades de investigación científica y/o desarrollo tecnológico en materia de recursos hídricos; ninguna de ellas es específica para el estudio de los recursos hídricos. En términos generales, un 46% de las líneas identificadas proviene de universidades, un 53% proviene de organismos públicos y un 1% de fundaciones.

Las líneas de financiamiento disponibles en el país se pueden caracterizar de acuerdo a sus objetivos de financiamiento en: i) sólo investigación científica, ii) investigación y desarrollo, iii) sólo desarrollo tecnológico, iv) capital humano y v) equipamiento; así como de acuerdo a su público objetivo: i) académicos, ii) estudiantes, iii) otros profesionales, iv) universidades y centros de investigación, v) empresas.

EN TÉRMINOS DE MONTOS, LA MAYOR PARTE DE LOS FONDOS NACIONALES PARA FINANCIAR INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MATERIA DE RECURSOS HÍDRICOS EN CHILE PROVIENE DEL ESTADO.

En el caso de las [líneas de financiamiento provenientes de universidades](#), el 86% de estas líneas está enfocado a proyectos de investigación científica, es decir, principalmente a investigadores. Además, estas líneas no son de acceso general. Por su parte, las [líneas de financiamiento provenientes de fondos públicos](#) cubren las cinco categorías de objetivos de financiamiento mencionadas anteriormente: el número de líneas que financian proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico o ambos tipos de actividades tienen una cuota de participación acumulada del 57%; el número de líneas que financian proyectos de desarrollo de capital humano tiene una cuota de participación del 26%; finalmente, las líneas enfocadas en proyectos de inversión en equipamiento científico y tecnológico representan sólo el 5%. Los organismos públicos representan el grueso de las oportunidades nacionales para financiar investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile.

Los montos a los que tiene acceso una persona (natural o jurídica) que necesita financiar una iniciativa relacionada con investigación, desarrollo y/o innovación en el ámbito de recursos hídricos dependen del objetivo de financiamiento y del público objetivo de las líneas de financiamiento. Como resultado general tenemos que los montos de las líneas para financiar [proyectos de desarrollo tecnológico](#) son similares para empresas, así como universidades y centros de investigación; un proyecto específico puede acceder a líneas que acumulan los 250 millones de pesos anuales en cada caso. Sin embargo, las líneas para financiar [proyectos de investigación científica](#) están concentradas en académicos. En este caso un proyecto específico puede acceder a líneas que acumulan 850 millones de pesos anuales.

Las líneas para financiar [proyectos de investigación y desarrollo](#) se orientan principalmente, a universidades y centros de investigación, luego a empresas, y en menor grado a académicos. Si el

proyecto es de una universidad o centro de investigación, tiene acceso a líneas que acumulan casi 1.500 millones de pesos anuales; para el caso de un proyecto de una empresa, este monto se reduce a unos 420 millones de pesos anuales, en tanto que para un proyecto de un académico el monto acumulado de las líneas disponibles es de menos de 200 millones de pesos anuales. Acá es importante destacar que los proyectos de investigación que se financian para académicos, universidades y centros de investigación incluyen tanto investigación básica como aplicada, en tanto que los proyectos de investigación que se financian para empresas se concentran en investigación aplicada.

En el caso de las líneas para financiar [proyectos de desarrollo de capital humano](#), estas abarcan todas las categorías de público objetivo, sin embargo en términos de montos las más relevantes son aquellas para iniciativas de profesionales no académicos así como de universidades y centros de investigación. En ambos casos, una iniciativa tiene acceso a líneas con montos acumulados entre 80 y 150 millones de pesos anuales aproximadamente. Finalmente, [proyectos de inversión en equipamiento científico-tecnológico](#), existen líneas importantes en volumen para universidades y centros de investigación, así como empresas. En ambos casos un proyecto puede acceder a líneas con montos acumulados por sobre los 1.000 millones de pesos anuales.

INVESTIGADORES, UNIVERSIDADES, CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y EMPRESAS NACIONALES PUEDEN ACCEDER A LÍNEAS DE FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA MARCO DE LA UNIÓN EUROPEA.

En términos generales, de las [líneas de financiamiento extranjeras](#) identificadas, un 42% de las líneas de financiamiento provienen de entidades de gobierno (23). En tanto, las líneas de financiamiento que tienen su origen en organismos multilaterales (18), representa un 33% de las líneas de financiamiento y finalmente, las fundaciones (8) comprenden un 14% de las líneas de financiamiento. Respecto a la localización de las líneas de financiamiento, un 42% proviene de Europa (23), seguida con un 25% las que no tienen una localización específica, dado que tienen su origen en organismos multilaterales. Finalmente, en menor número se encuentran líneas de financiamiento procedentes de América y Asia.

Los montos de financiamiento anuales acumulados por las líneas de financiamiento de fuentes extranjeras presentan un principal interés por la investigación científica y fortalecimiento de capital humano; en donde no sólo se busca desarrollar y/o fortalecer capacidades humanas, sino que también redes de colaboración entre universidades y centros de investigación. Las universidades y centros de investigación son el principal público objetivo de las líneas de financiamiento que tienen como meta el desarrollo de programas para el fortalecimiento del capital humano, en el cual destaca el Programa CoFund, que tiene el propósito de estimular la creación de programas de doctorado para fomentar la formación, movilidad y desarrollo de profesionales investigadores. Los académicos corresponden al principal público objetivo de las líneas que financian proyectos de investigación científica, donde destaca el Programa RISE de la Comisión Europea. En tanto, los estudiantes como público objetivo tienen acceso a montos de financiamiento bastante menores.

El programa Horizon 2020 de la Unión Europea que integra las fases desde generación del conocimiento hasta actividades próximas al mercado, a saber: investigación básica, desarrollo de tecnologías, proyectos de demostración, líneas piloto de fabricación, innovación social, transferencia de tecnología, pruebas de concepto, normalización, apoyo a las compras públicas pre-comerciales, capital riesgo y sistema de garantías. Las convocatorias a los fondos de este programa están abier-

tas a una amplia gama de entidades (organismos públicos, empresas, universidades, etc.) e investigadores, sean éstos de la Unión Europea, países asociados a Horizon 2020 y países fuera de la Unión Europea explícitamente listados; entre ellos Chile, que son automáticamente elegibles para participar.

Gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos

ESTIMAMOS QUE EL GASTO ANUAL DEL PAÍS EN I+D EN MATERIA DE RECURSOS HÍDRICOS REPRESENTA EL 0,06% DEL PIB A PRECIOS CORRIENTES. EL ERROR DE ESTIMACIÓN ES INFERIOR AL 10%.

El modelo desarrollado permite estimar el gasto nacional destinado a actividades de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en el periodo 2011 – 2020, considerando fuentes públicas y privadas, nacionales y extranjeras.

En el primer nivel de desagregación, el modelo diferencia el financiamiento proveniente de organismos públicos y entidades privadas. En el segundo nivel de desagregación, el modelo permite analizar la composición del gasto público en términos de uso (proyectos, financiamiento a instituciones, usuarios) y del privado en términos de fuentes, o bien en regiones de ejecución.

En cuanto a los montos respectivos, ambas fuentes tienen igual orden de magnitud; en los últimos cinco años, el gasto público se sitúa en torno a los 10 mil millones de pesos anuales, en tanto que el gasto privado alcanza unos 15 mil millones de pesos anuales. Con todo, estimamos que el gasto anual del país en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos representa el 0,06% del PIB a precios corrientes.

EL GASTO PÚBLICO SE ORIENTA EN CASI EL 80% A COFINANCIAR PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EL PAÍS.

El [gasto público](#) se puede desglosar en i) cofinanciamiento a proyectos ejecutados en el país, ii) financiamiento a entidades nacionales y iii) financiamiento a iniciativas ejecutadas fuera de Chile, por ejemplo becas para estudios de postgrado fuera de Chile. De estas componentes, el cofinanciamiento a proyectos ejecutados en el país es el más importante en términos de montos, representando el 77% del gasto público. El 23% restante se destina en partes similares al financiamiento de entidades nacionales y financiamiento a iniciativas ejecutadas fuera del país (principalmente formación de capital humano avanzado fuera del país). El 12% de gasto público destinado a financiar entidades nacionales se desagrega en un 8% para los fondos generales universitarios y 4% para otras instituciones, dentro de las que destacan los institutos tecnológicos públicos. Teniendo en cuenta la dispersión de las variables utilizadas para la estimación y proyección del modelo, consideramos que el error de los montos del gasto público total es de ± 8 puntos porcentuales (ya que la raíz de la suma cuadrática de la dispersión de cada una de sus componentes no supera este valor).

LAS EMPRESAS APORTAN EL 56% DEL FINANCIAMIENTO PRIVADO A LAS ACTIVIDADES INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MATERIA DE RECURSOS HÍDRICOS.

En el caso del [gasto privado](#), el modelo considera cuatro categorías de fuentes: i) empresas, ii) instituciones de educación superior, iii) entidades privadas sin fines de lucro y iv) fondos internacionales. De estas componentes, financiamiento proveniente de empresas es el más importante en

términos de montos, representando el 56% del gasto privado. Menos del 4% de estos fondos provienen de entidades privadas sin fines de lucro; en tanto que el 40% restante se proviene, en partes similares, de entidades de educación superior y fondos internacionales. En términos generales los fondos provenientes de empresas y universidades se destinan a cofinanciar los proyectos de desarrollo tecnológico e investigación científica, respectivamente, que se ejecutan en el país con el apoyo del estado. Para el gasto privado total hemos estimado un error de ± 15 puntos porcentuales en los montos proyectados, por la misma razón mencionada para el caso del gasto público.

EL 40% DEL GASTO EN I+D EN MATERIA DE RECURSOS HÍDRICOS SE EJECUTA EN LA REGIÓN METROPOLITANA. APARTE DE ELLA DESTACAN LAS REGIONES DEL BIOBÍO, DE COQUIMBO, DEL MAULE Y DE ANTOFAGASTA.

El modelo también permite desagregar el [gasto público y privado por región](#) de ejecución. Aproximadamente el 40% del gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos se ejecuta en Región Metropolitana. Por su parte, el gasto porcentual tomado del total invertido en todas las regiones se mantiene constante. Así las cosas, la Región del Biobío ejecuta en promedio un 14% de los fondos totales invertidos asociados al estudio del recurso hídrico y desde más lejos le siguen las regiones de Coquimbo (6,5%), Maule (6,2%) y Antofagasta (6,0%). En el otro extremo, identificamos a las regiones de Tarapacá y Los Lagos las cuales ejecutan un porcentaje menor al 1% del total de los montos destinados al estudio científico y desarrollo tecnológico en materia de recursos hídricos. En cuanto al error de estimación asociado a la Región del Biobío hemos calculado que éste se encuentra en el rango ± 15 puntos porcentuales, en tanto que para las demás regiones el error de estimación es menor a ± 10 puntos porcentuales.

1 Presentación del trabajo

En este capítulo sintetizamos aspectos generales del trabajo «Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile»¹. En la Sección 1.1 presentamos el contexto y la justificación de éste. En la Sección 1.3 resumimos el marco lógico con los objetivos definidos y productos requeridos en los términos de referencia. En la Sección 1.3 describimos los principales desafíos enfrentados, así como el alcance metodológico utilizado en el trabajo, en tanto que en la Sección 1.4 sintetizamos los contenidos de este documento.

1.1 Contexto y justificación del trabajo

La complejidad de los grandes desafíos nacionales hace necesario el encuentro de múltiples actores con visiones diversas que guíen el diseño de políticas para el desarrollo y progreso del país. En este contexto, el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) del Gobierno de Chile facilita el diseño de políticas nacionales de ciencia, tecnología, innovación y productividad con información certera y actualizada, así como acuerdos transversales en torno a prioridades nacionales, por ejemplo, asegurar la futura disponibilidad de recursos hídricos, crear una nación resiliente frente a recursos hídricos, etc.

Como ejemplo, la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos, convocada por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, tiene como misión diseñar una estrategia de ciencia, tecnología e innovación que prepare a Chile para enfrentar los desafíos de sostenibilidad de recursos hídricos frente un escenario de creciente consumo y de las dramáticas consecuencias del Cambio global, transformando este gran desafío nacional en una oportunidad de desarrollo a través de la innovación.

¹ El uso de la primera persona plural en la redacción de los informes de CameronPartners es intencionada; con el propósito de enfatizar nuestra responsabilidad con la información presentada, los análisis realizados y las conclusiones alcanzadas.

Para ello el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, ha requerido contar con información sobre las capacidades que posee el país relacionadas con el estudio de los recursos hídricos. Los objetivos y productos del trabajo se presentan en la sección siguiente.

1.2 Objetivo y preguntas guía

Según los términos de referencia del trabajo «*Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile*», el **objetivo general** de éste es cuantificar y analizar las capacidades existentes en Chile que permitirán realizar la investigación, el desarrollo y la innovación requeridos para asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Las principales preguntas que guían esta caracterización y evaluación de capacidades de investigación, desarrollo e innovación presentes en el país para el estudio de los recursos hídricos, son las siguientes:

- › ¿Cuáles son las principales área de conocimiento asociadas al estudio de los recursos hídricos en el país? ¿Cómo se relacionan con el resto de las ciencias?
- › ¿Qué tipo de capacidades (científicas, tecnológicas y humanas) se encuentran instaladas en Chile para entender los desafíos de la sostenibilidad del recurso hídrico? ¿Cuál es la infraestructura con la que cuenta el país para estos estudios?
- › ¿Cuál es el capital humano instalado y en formación (nacional y en el extranjero) asociado al estudio de los recursos hídricos en Chile?
- › ¿De qué tipo de la producción científica vinculada al país referida al estudio de los recursos hídricos? ¿Quiénes son sus autores y a qué instituciones se asocian? Para el caso en que sea medible, ¿cuál es el impacto científico de ésta producción?
- › ¿Existe formación de nuevas capacidades humanas con posible asociación al estudio y trabajo con los recursos hídrico en el país? ¿Cuáles son sus principales área temáticas? ¿En qué regiones e instituciones se realiza?
- › ¿Cuál es la inversión asociada a los recursos hídricos en el país? ¿Cuáles son sus principales fuentes de financiamiento? ¿Cuál es el foco de este financiamiento dentro de la investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos?

En base a estas preguntas que buscamos responder a lo largo del trabajo, entendemos que debemos caracterizar lo que denominamos “*Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos (SNI-DH)* en términos de actores (institucionales e individuales), redes, y financiamiento². Además, cuando nos referimos al estudio de los recursos hídricos no sólo se contempla el estudio de los recursos como fenómeno físico (ciclo hidrológico), sino que también incluye: el estudio de su gestión y sus usos; su relación con el medioambiente; las ciencias y tecnologías afines que

² En este contexto utilizamos el término *sistema* en sentido estricto. De acuerdo DIN IEC 60050-351 un sistema se refiere a «la totalidad de elementos interrelacionados e interconectados, que actúan de modo tal, que pueden considerarse como una unidad para un objetivo determinado.

apoyan estos estudios; la legislación y la educación respecto de recursos hídricos; así como sus relaciones con el desarrollo humano y el cambio global.

En este contexto nos parece importante aclarar el uso del término *capacidad*, ya que su significado exacto depende del contexto en que éste se utiliza. Esta dificultad se acentúa ya que existen palabras que en otros idiomas (inglés, alemán, francés, etc.) con significados diferentes que se traducen al castellano como *capacidad*; así por ejemplo *capacitance*, *capacity* y *capability* en inglés. Por otra parte, como término técnico en la administración, el término capacidad se utiliza para designar conceptos muy diferentes, uno más bien relacionado con los recursos y actitudes de un individuo u organización, para desempeñar una determinada tarea o cometido, otro para definir los patrones de acción repetibles en el uso de activos. Por estas razones, en el marco de este trabajo restringimos el uso del término capacidad sólo a recursos de los actores institucionales del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos* para desempeñar tareas de investigación científica, desarrollo tecnológico y/o innovación en un sentido general.

En la Figura 2.1 presentamos en forma esquemática la relación entre los productos elaborados en el marco del trabajo. En general, el producto P2 otorga el marco para el resto de los productos a elaborar. Al centro del trabajo se encuentran los investigadores y especialistas que trabajan en Chile en el estudio de los recursos hídricos (P4). Junto a ellos se encuentran los especialistas (residentes en Chile) en proceso de formación en Chile y el extranjero así como los programas en Chile de formación terciaria en disciplinas asociadas al estudio de los recursos hídricos (P5 y P6). Estos tres elementos definen las investigaciones, estudios y tesis en recursos hídricos realizados en Chile (P7). Por otra parte, la infraestructura de monitoreo e investigación existente en el país (P3) facilitan el trabajo de los investigadores y especialistas. Finalmente, todo lo anterior es posible gracias al financiamiento (P8), proveniente de fuentes nacionales e internacionales, públicas y privadas, para el estudio de los recursos hídricos (P9).

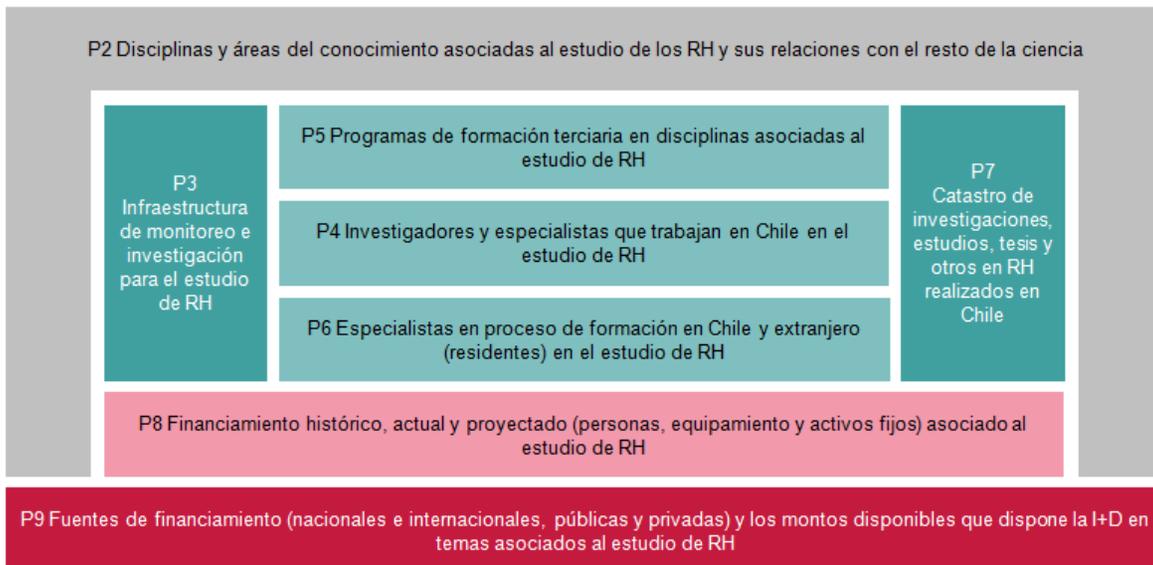


Figura 2.1. Relación entre los productos del trabajo. Elaborada a partir de los términos de referencia de la Licitación ID 847400-9-LE16

1.3 Desafíos y alcance metodológico general

El hecho de que para la mayoría de los productos requeridos en este trabajo no se conozca el universo respectivo —por ejemplo, el universo de investigadores y otros especialistas que trabajan en Chile en ámbitos relacionados con recursos hídricos— ha representado uno de los principales desafíos. En estos casos no es posible utilizar técnicas de muestreo probabilístico, de modo que por rigurosidad metodológica en este informe no utilizamos el concepto de muestra, sino que de *grupo de análisis*; diseño que se asemeja bastante a una muestra por conveniencia por decisión fundada. La diferencia radica en que los grupos de análisis no tienen un tamaño predefinido, lo cual permite hacer crecer el tamaño de éstos durante el estudio y, por tanto, acercarse al tamaño del universo respectivo. Sin embargo, estos diseños tienen la desventaja de que a medida que el estudio avanza, el esfuerzo requerido para incrementar el tamaño del grupo de análisis en una unidad aumenta en forma exponencial. Además, debido a las interrelaciones entre los productos en elaboración, el trabajo es esencialmente iterativo: al hacer cambios en uno de los productos, necesariamente se deben actualizar los otros productos y viceversa.

Con todo, desde un punto metodológico, el trabajo realizado corresponde a un estudio con un enfoque mixto, de carácter exploratorio, descriptivo y transversal. En efecto:

Enfoque mixto: se combinaron técnicas cuantitativas y cualitativas, tanto para la recolección como el análisis de información. Así, por ejemplo, en cuanto a las técnicas cuantitativas de recolección de datos, se utilizaron encuestas a través de un cuestionario estructurado (para dimensionar las capacidades humanas, científicas y tecnológicas en materia recursos hídricos existentes en Chile), así como la minería de datos (para obtener información sobre la evolución del gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en los últimos 15 años). En tanto, las técnicas cualitativas de recolección se utilizaron para complementar y profundizar la caracterización, así como para la identificación de los actores y entidades relevantes, incorporando la perspectiva de diversos sujetos del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*, tanto del ámbito académico, como de organismos públicos y empresas privadas. En términos de análisis, para la información cuantitativa se utilizaron técnicas de análisis estadístico descriptivo (para la caracterización de las capacidades humanas, científicas y tecnológicas en materia de recursos hídricos existentes en Chile), así como técnicas de modelización matemática (para estimar la inversión pasada, actual y proyectada en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos). En tanto que para la información cualitativa se utilizó la técnica del análisis de contenido a través de mallas temáticas, principalmente para identificar información complementaria para diversas dimensiones de análisis del trabajo.

Dimensión exploratoria: para delimitar el objeto de estudio y elaborar un marco conceptual que permitiese situarlo a nivel teórico y empírico, así como identificar actores individuales e institucionales del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos* se realizó un análisis exploratorio enfocado en los aspectos generales de este Sistema. Esto quiere decir, llevar a cabo un estudio de pequeña escala que permitiese identificar los aspectos fundamentales necesarios de incluir en el levantamiento de información para las etapas posteriores.

Dimensión descriptiva: el conocimiento adquirido en la etapa exploratoria fue profundizado para caracterizar los principales componentes del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recur-*

los *Hídricos* y así alcanzar los objetivos definidos y elaborar los productos requeridos. Se recolectó información por medio de fuentes primarias, particularmente entrevistas individuales y grupales con actores individuales dedicados al estudio de los recursos hídricos en todas sus etapas, así como a través del análisis de fuentes secundarias, por ejemplo publicaciones científicas (para identificar otros actores relevantes, así como la producción científica y su impacto); sitios web de actores institucionales (para identificar los más relevantes dentro del Sistema, programas de formación terciaria en disciplinas asociadas a recursos hídricos, fuentes de financiamiento nacionales e internacionales que apoyan la investigación y desarrollo en temas relacionados con recursos hídricos).

Dimensión transversal: la información fue recogida con un énfasis en la situación actual sin buscar establecer comparaciones entre dos o más momentos.

Finalmente, en este contexto es importante destacar que en el presente informe no establecemos un marco conceptual y/o teórico para el estudio de los recursos hídricos, la sostenibilidad, entre muchos otros temas interesantes, ya que asumimos que éstos son plenamente conocidos por los expertos que integran la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos.

1.4 Contenido del informe

El presente informe está estructurado en seis capítulos. En el Capítulo 2 presentamos la taxonomía propuesta para clasificar el estudio de los recursos hídricos que son materia del trabajo «*Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile*». Luego, en el Capítulo 3, presentamos sintetizamos los principales actores del Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos.

El Capítulo 4 incluye las principales capacidades del Sistema en el ámbito humano, científico y tecnológico. En el Capítulo 5 presentamos aspectos relacionados con las capacidades de financiamiento de la investigación y el desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile, incluyendo las fuentes de así como el gasto pasado, presente y futuro en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en el país. Para respaldar la información recolectada de fuentes primarias, así como algunos los análisis realizados y resultados alcanzados en estos capítulos, en los Anexos A – F presentamos información adicional.

Finalmente, en el Capítulo 6 sintetizamos el alcance del análisis realizado en el marco del trabajo, discutimos los principales resultados de la identificación, el análisis y la caracterización de las capacidades existentes en el país habilitantes para generar conocimientos y desarrollar tecnologías requeridos para asegurar la sostenibilidad de recursos hídricos frente un escenario de creciente consumo y de dramáticas consecuencias del Cambio global, y comentamos brevemente los desafíos del país frente a los principales resultados alcanzados.

2 Taxonomía para el estudio de Recursos Hídricos

En este capítulo presentamos la taxonomía propuesta para clasificar el estudio de los recursos hídricos. En la Sección 0 resumimos el alcance metodológico que hemos utilizado para diseñar esta taxonomía. En la Sección 2.2 sintetizamos los principales sistemas de clasificación del conocimiento científico-tecnológico en tanto que en la Sección 2.3 detallamos los campos y áreas científico-tecnológicas relevantes para el estudio de los recursos hídricos. Finalmente, en la Sección 2.4 presentamos las principales dimensiones de estudio de los recursos hídricos.

2.1 Metodología

Para elaborar una taxonomía que permita clasificar en forma sistemática los campos y las áreas científico-tecnológicas relevantes para el estudio de los recursos hídricos, y que facilite la posterior caracterización del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*, hemos combinado diferentes técnicas de trabajo, dentro de las que se destacan las siguientes:

PRIMERA REVISIÓN DOCUMENTAL

En primer lugar, realizamos una revisión documental con el fin de identificar y seleccionar un sistema de clasificación de conocimiento científico y tecnológico validado que pudiese ser utilizado como marco de referencia para identificar de manera rigurosa las disciplinas asociadas al estudio de los recursos hídricos y definir la taxonomía buscada.

En este contexto, utilizando la base de datos de los miembros de la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos, también identificamos un primer grupo de expertos que trabajan en Chile en ámbitos relacionados con los tipos de recursos hídricos considerados en el presente trabajo.

ENTREVISTAS A EXPERTOS

Para identificar las disciplinas³ relacionadas con los ámbitos de trabajo de los expertos identificados, realizamos entrevistas semiestructuradas. Junto a los expertos identificados en las mesas de trabajo de la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos incluimos en estas entrevistas a investigadores destacados en instituciones de educación superior, a fin de asegurar una mayor diversidad de casos y respuestas. En el Anexo A mostramos el listado de expertos entrevistados.

En este contexto realizamos entrevistas individuales tanto en modalidad presencial como a distancia (por vía telefónica e internet), donde solicitamos a los entrevistados seleccionar los campos, las áreas y/o las disciplinas asociadas a sus respectivos ámbitos dentro del sistema de clasificación de conocimiento científico-tecnológico seleccionado, así como revisar y complementar la lista de expertos identificados hasta el momento, con el fin de identificar a expertos en ámbitos de trabajo no considerados hasta ese momento.

ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

Para identificar los campos, las áreas y/o las disciplinas asociadas a los expertos identificados que no fueron entrevistados, realizamos un análisis bibliográfico, utilizando la base de datos *Web of Science*. De este modo, al identificar las publicaciones de estos expertos obtuvimos al mismo tiempo las disciplinas utilizadas por *Web of Science* para clasificar estas publicaciones las que traducimos al sistema de clasificación de conocimiento científico-tecnológico seleccionado.

Este trabajo fue esencialmente iterativo, ya que debió ser actualizado cada vez que se identificaron nuevos expertos. Además, al identificar una disciplina relevante para el estudio de los recursos hídricos considerados en el presente trabajo, por medio del análisis bibliográfico fue posible identificar nuevos expertos, cuyas publicaciones fueron identificadas por medio de un análisis bibliográfico, y así sucesivamente.

SEGUNDA REVISIÓN DOCUMENTAL

Finalmente, realizamos una segunda revisión documental con el fin de validar las principales dimensiones de estudio que pudimos identificar a partir de los resultados obtenidos en las actividades anteriores. Para la validación de este modelo utilizamos, entre otros, información generada en las mesas de trabajo de la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos.

2.2 Sistemas de clasificación de campos científico-tecnológicos

El sistema de clasificación FOS de la OCDE establece una nomenclatura estándar para campos científico-tecnológicos tradicionales y emergentes (OCDE, 2007)⁴. FOS tiene su origen en el marco de la creación del Manual de Frascati. Después de su creación en 2002, la clasificación fue revisa-

³ En este contexto usamos el término *disciplina* para denominar el mayor nivel de detalle de un ámbito de conocimiento científico. Un conjunto de disciplinas se denomina *áreas* y un conjunto de áreas se denomina *campos*.

⁴ OCDE (2007) Revised Field of Science and Technology (FOS) classification in the Frascati manual. Committee for Scientific and Technological Policy. Organization for Economic Co-operation and Development

da en 2004 y 2006, siendo esta última revisión la que se encuentra vigente hasta la fecha (OCDE, 2007). FOS se utiliza como base para las encuestas relacionadas con investigación científica y desarrollo tecnológico, en los países miembros de la OCDE. La principal ventaja de FOS radica en que las modificaciones son aprobadas por consenso por un grupo de expertos a nivel mundial. Este proceso representa, al mismo tiempo, una desventaja para la consideración de nuevas disciplinas en la clasificación.

El sistema de clasificación de campos de la ciencia y la tecnología ÖFOS (*Österreichische Systematik der Wissenschaftszweige*), es la versión austríaca de la clasificación FOS y fue elaborado el año 2002 por la Agencia Nacional de Estadística de Austria, *Statistik Austria* (Statistik Austria, 2012)⁵. La versión vigente corresponde a la última actualización realizada en el año 2012. Esta clasificación presenta las mismas características de FOS, pero se actualiza con mayor frecuencia, ofrece un nivel adicional de desagregación, lo cual permite categorizar las disciplinas con un mayor nivel de precisión. Por estas razones la hemos escogido este sistema para el desarrollo del presente trabajo.

En el sistema de clasificación ÖFOS se distinguen tres niveles jerárquicos, para organizar campos, áreas y disciplinas científico-tecnológicas, con códigos de uno (Nivel 1), cuatro (Nivel 4) y seis dígitos (Nivel 6), como se puede apreciar en forma esquemática en la Figura 2.1. En este sistema de clasificación se identifican 6 campos científico-tecnológicos en el Nivel 1. En el Nivel 4 del sistema de clasificación ÖFOS se encuentran 64 áreas de conocimiento. La primera cifra corresponde a la cifra del primer nivel, mientras que las tres restantes corresponden al número de las áreas respectivas. Finalmente, en el Nivel 6 se encuentran 169 disciplinas científico-tecnológicas. El código resulta de agregar dos cifras al código del tercer Nivel 4 correspondientes al número correlativo de las disciplinas respectivas.

⁵ Statistik Austria (2012) Classification Database. Fields of Science. Disponible en: <http://www.statistik.at/KDBWeb/kdb.do?FAM=WISS&&NAV=EN&&KDBtoken=null>

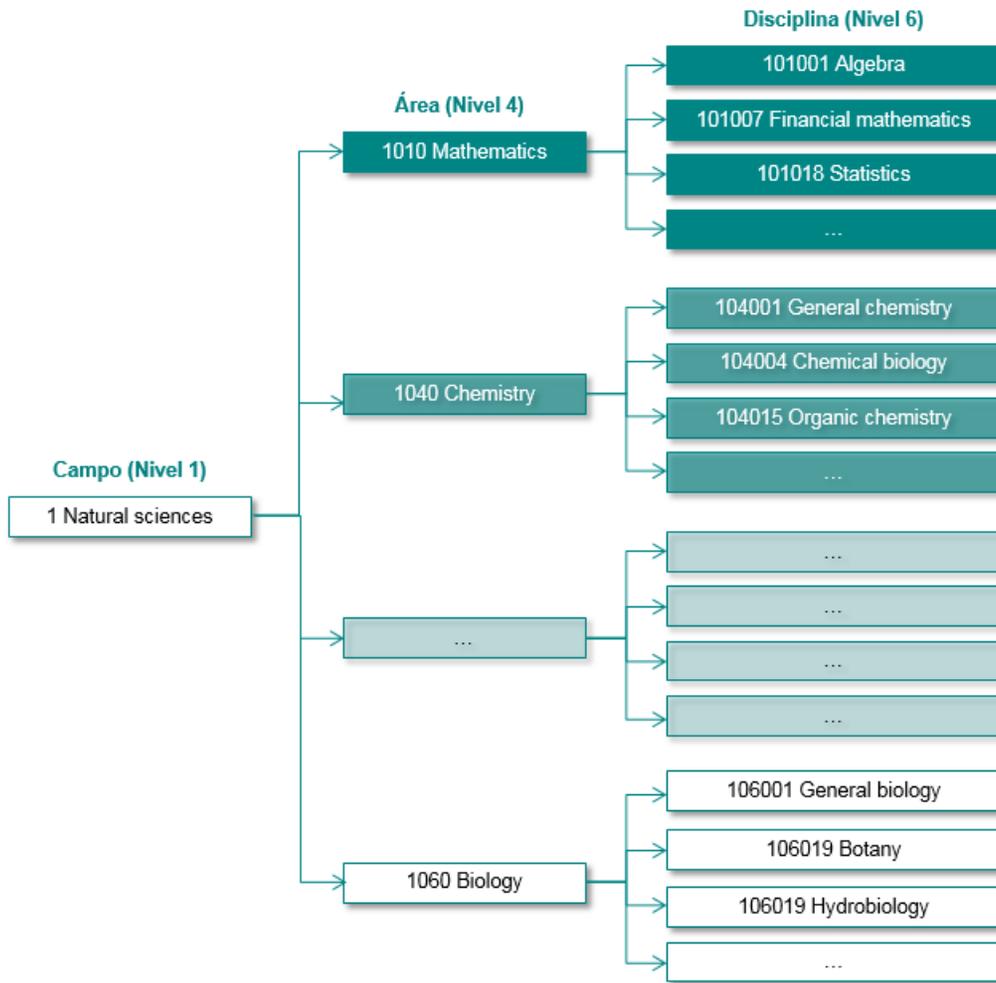


Figura 2.1. Estructura general del sistema de clasificación ÖFOS (ejemplo de un campo científico)⁶. Elaboración propia

2.3 Campos y áreas científico-tecnológicas relevantes para el estudio de recursos hídricos

En base al sistema de clasificación ÖFOS, que presentamos en detalle en el Anexo F, hemos elaborado una taxonomía para clasificar en forma sistemática los campos y las áreas científico-tecnológicas relevantes para el estudio de los recursos hídricos que facilite la posterior caracterización del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*, que exhibimos en la Tabla 2.1. Un área científica o tecnológica se ha considerado relevante cuando hemos encontrado evidencia en entrevistas a especialistas y/o en publicaciones científicas de que ésta se encuentra

⁶ Para evitar imprecisiones en la traducción, en esta taxonomía mantenemos la nomenclatura en inglés.

relacionada con el estudio de terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, desplazamiento en masa, sequías, incendios, y/o inundaciones.

La taxonomía propuesta especifica campos del conocimiento (Nivel 1) y áreas del conocimiento (Nivel 4), ya que, en términos prácticos, una taxonomía hasta el nivel de disciplinas del conocimiento (Nivel 6) no resulta funcional para la categorización de los productos requeridos en el estudio «*Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile*». En caso necesario, en el Anexo F, se puede verificar el alcance exacto de las áreas de conocimiento al revisar las disciplinas (Nivel 6) que las conforman.

Tabla 2.1. Taxonomía de campos y áreas científico-tecnológicas relevantes para el estudio de los recursos hídricos en base al sistema de clasificación ÖFOS⁷

Nivel 1	Nivel 4	Campos y áreas científicas-tecnológicas
1		Natural sciences
	1010	<i>Mathematics</i>
	1020	<i>Computer Sciences</i>
	1030	<i>Physics</i>
	1040	<i>Chemistry</i>
	1051	<i>Geology, Mineralogy</i>
	1052	<i>Meteorology, Climatology</i>
	1053	<i>Hydrology</i>
	1054	<i>Physical Geography</i>
	1060	<i>Biology</i>
	1099	<i>Multidisciplinary, Interdisciplinary and other Natural Sciences⁸</i>
2		Technical sciences
	2011	<i>Civil Engineering</i>
	2012	<i>Architecture</i>
	2013	<i>Transportation</i>
	2020	<i>Electrical Engineering, Electronics, Information Engineering</i>
	2030	<i>Mechanical Engineering</i>
	2040	<i>Chemical Process Engineering</i>
	2071	<i>Environmental Engineering</i>
	2072	<i>Engineering Geology, Geotechnics</i>
	2073	<i>Mining, Petroleum Engineering</i>

⁷ Para evitar imprecisiones en la traducción, en esta taxonomía mantenemos la nomenclatura en inglés.

⁸ Por ejemplo *Environmental research, Nature conservation*.

Nivel 1	Nivel 4	Campos y áreas científicas-tecnológicas
	2074	<i>Geodesy, Surveying</i>
	2080	<i>Environmental Biotechnology</i>
	2099	<i>Multidisciplinary, Interdisciplinary and other Technical Sciences</i> ⁹
3		Medical and Health sciences
	3012	<i>Pharmacy, Pharmacology, Toxicology</i>
	3020	<i>Clinical Medicine</i>
	3030	<i>Health Sciences</i>
	3099	<i>Multidisciplinary, Interdisciplinary and other Medical and Health sciences</i> ¹⁰
4		Agricultural sciences
	4011	<i>Cultivation of Land, Horticulture</i>
	4012	<i>Forestry and Wood Industry</i>
	4099	<i>Multidisciplinary, Interdisciplinary and other Agricultural sciences</i>
5		Social sciences
	5010	<i>Psychology</i>
	5020	<i>Economics</i>
	5030	<i>Educational Sciences</i>
	5040	<i>Sociology</i>
	5050	<i>Law</i>
	5060	<i>Political Science</i>
	5070	<i>Human Geography, Regional Geography, Regional Planning</i>
	5080	<i>Media and Communication Sciences</i>
	5099	<i>Multidisciplinary, Interdisciplinary and other Social sciences</i>
6		Humanities
	6010	<i>History, Archaeology</i>
	6031	<i>Philosophy, Ethics</i>

Elaborada en base a Statistik Austria (2012)

2.4 Principales dimensiones de estudio de los recursos hídricos

En el marco de las primeras entrevistas realizadas para identificar disciplinas científico-tecnológicas relevantes para el estudio de los recursos hídricos, algunos especialistas manifiesta-

⁹ Por ejemplo *Sustainable Technologies, Fire Protection y Risk Research*.

¹⁰ Por ejemplo *Immunology*.

ron que los sistemas de clasificación existentes, por ejemplo, ÖFOS, si bien facilitan la identificación de disciplinas relacionadas con el estudio de los recursos hídricos, no muestran las relaciones entre estas disciplinas. En un intento por superar esta deficiencia, a partir de los resultados del levantamiento de información primaria, además de la revisión de fuentes secundarias proporcionadas por CNID y las orientaciones realizadas por Unesco en su Programa Hidrológico Internacional en sus fases VII y VIII, que definen áreas temáticas prioritarias orientadas para dar respuesta a toda la complejidad y a los acelerados cambios ambientales (población, cambio climático, cambio del uso del suelo, globalización), desde un enfoque holístico que integra población, ecosistemas, agua, cultura y economía, hemos definido un modelo con las principales dimensiones del trabajo de los recursos hídricos, así como sus relaciones. La Figura 2.2 muestra este resultado.



Figura 2.2. Modelo de las principales dimensiones de estudio de los recursos hídricos.
Elaboración propia

Al centro del modelo de clasificación propuesto se encuentra la categoría *Estudio del Recurso Hídrico* propiamente tal. Esta categoría incluye el estudio de las interrelaciones entre el agua y su ambiente. Comprende, entre otros campos, la hidrología, la hidráulica y la hidrogeografía y sus diversas disciplinas. De este modo considera el estudio del equilibrio y el movimiento de los fluidos, las técnicas para conducir, contener, elevar y aprovechar aguas. Incluye el estudio del agua en todos sus estados físicos y sus cambios, como el deshielo, evaporación y sublimación así como el estudio de las propiedades físicas, químicas y mecánicas del agua continental, su distribución y circulación en la atmósfera, en la superficie de la Tierra y en el suelo, incluyendo el subsistema de la criósfera. Abarca las interrelaciones del ciclo hidrológico, sus fundamentos, principios y aplicaciones. Considera la descripción de los ríos, los lagos, humedales y corrientes de agua del territorio continental.

En el modelo de clasificación mostrado en la Figura 2.2 la posición de la categoría *Ciencias y Tecnologías Afines* muestra que éstas son un fundamento para el *Estudio del Recurso Hídrico*. El concepto de ciencias y tecnologías afines es ampliamente usado, por ejemplo, en la astronomía para denominar aquellas ciencias y tecnologías que facilitan el estudio de la astronomía. Por lo tanto, en el contexto de la taxonomía propuesta esta categoría se refiere a las ciencias y tecnologías que facilitan el estudio de los recursos hídricos propiamente tal. Por otra parte, la categoría *Gestión y Uso del Recurso Hídrico* tiene como fundamento la categoría *Estudio del Recurso Hídrico*, y com-

prende tanto el manejo del recurso hídrico como también los usos del recurso hídrico por la sociedad y en los sectores productivos, particularmente aquellos de uso intensivo, como la agricultura o de alto impacto como la minería. La gestión del recurso hídrico incluye tanto la perspectiva tradicional –que busca un equilibrio entre oferta y demanda del recurso hídrico, incluyendo todos los aspectos técnicos y económicos relacionados– como la perspectiva holística y multidisciplinar que además considera la integridad del ecosistema y la sostenibilidad ambiental. Dentro de la gestión de recursos hídricos también determinan los factores que caracterizan las demandas del recurso en los sistemas humanos, naturales y productivos, con el fin de maximizar el bienestar desde un punto de vista económico o socioeconómico.

Tal como muestra la Figura 2.2, la categoría *Recursos Hídricos y Medioambiente* también tiene como fundamento la categoría *Estudio del Recurso Hídrico*, entendiendo que parte importante de los problemas medioambientales en relación con recursos hídricos está relacionada con su almacenamiento, consumo y desecho, debido a los impactos de la gestión en el sistema ecohidrológico. Del mismo modo, esta categoría comprende la interacción biota-hidrología, es decir, las relaciones funcionales entre hidrología y ecología, apuntando a una gestión integral y a un desarrollo sostenible, priorizando el mantenimiento de los activos ecológicos. Siguiendo la lógica del modelo, la categoría *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano* tiene como fundamentos las categorías *Gestión y Uso del Recurso Hídrico* así como la categoría *Recursos Hídricos y Medioambiente*. Esta categoría de la taxonomía comprende el abastecimiento de agua fiable en buen estado hacia los sistemas de sustento de la vida en el planeta, con especial atención a los requisitos en la calidad del recurso para el consumo humano. Por este motivo, cobra importancia la protección de la calidad de los suministros de agua actuales y futuros para cualquiera de sus usos, con especial atención en el abastecimiento de agua potable y el saneamiento. Además, esta categoría también contempla la protección de la calidad del recurso hídrico frente a fuentes de contaminación naturales y antropogénicas, desafíos que cobran especial importancia en zonas con mayor estrés hídrico como regiones áridas o semiáridas, zonas costeras e islas pequeñas, así como lugares en que la densidad demográfica y la actividad industrial son mayores.

En la Figura 2.2 las categorías *Recursos Hídricos y Educación* así como categoría *Legislación y Política de Recursos Hídricos* se encuentran en un nivel más general, enmarcando las otras categorías descritas anteriormente. Producto de su nivel contextual dentro del modelo, la educación figura como unos de los pilares en la relación recurso hídrico y sociedad, en la medida en que divulgar conocimientos sobre este recurso es una condición necesaria para que se realicen trabajos de investigación, desarrollo e innovación en las otras categorías. En este sentido, se involucran aspectos referidos a la formación de administradores de recursos hídricos, a fortalecer las capacidades de los sistemas de educación primaria, secundaria y terciaria a fin de convertir el agua en un tema relevante en los planes de estudio, así como promover la sensibilización de la sociedad y sus comunidades sobre la sostenibilidad del recurso hídrico, y poder comunicar los problemas del agua de manera clara y efectiva, entre otros. Por su parte, a categoría *Legislación y Política de Recursos Hídricos* otorga el marco de acción a diversos ámbitos, tales como el derecho de aguas (que considera la naturaleza y clasificación legal de las aguas y cauces), la gestión de la demanda y oferta agua desde (ligada a los catastros públicos de aguas y organizaciones de usuarios), la concesión de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, la protección de aguas en el ámbito ambiental, entre otros. Además, de la tipología de derechos de aprovechamiento de aguas, considera

patentes por no uso de aguas. En lo que respecta a las políticas del recurso hídrico, se considera la política ambiental nacional y legislación ambiental que abarca las normas generales sobre el medioambiente, que se orientan hacia el desarrollo sustentable, planteando las bases para conjugar el desarrollo económico con la equidad social y la preservación y conservación del medioambiente. Finalmente, esta categoría considera los conflictos-socio-económicos-ambientales, dado que estos conflictos surgen a partir de la precariedad del sistema jurídico actual en materia de recursos hídricos.

Finalmente, la categoría *Cambio Global* se considera como una externalidad que influye prácticamente todos los campos y las disciplinas relacionadas con el estudio recursos hídricos, como muestra la Figura 2.2. En efecto, el Cambio Global se ha transformado en un factor relevante en la variabilidad e incertidumbre, la disponibilidad y calidad del agua así como en las sequías e inundaciones, entre otros efectos hidrológicos. Los estudios incluidos en esta categoría consideran, entre otros, la incertidumbre y adaptación al cambio climático, con el objetivo de lograr una seguridad hídrica a varios niveles, adelantándose a los actuales y futuros efectos del Cambio Global.

A modo de validación del modelo propuesto, analizamos clasificamos cada una de las áreas y los temas tratados en las Mesas de trabajo de la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos de acuerdo a las principales dimensiones de estudio de los recursos hídricos. En el Anexo B mostramos el resultado de este ejercicio.

3 Actores del Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos

En este capítulo presentamos los actores del Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos. En la Sección 3.1 sintetizamos nuestro entendimiento de este tipo de Sistemas para luego, en la Sección 3.2, caracterizar sus actores y presentar los más relevantes de los que hemos identificado en el presente trabajo.

3.1 El Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos

La investigación moderna sobre la innovación entiende por un Sistema de Innovación al conjunto de actores que aportan al surgimiento de innovaciones en general¹¹, o que aplican innovaciones externas para el beneficio de los actores del sistema, de la economía o de la sociedad. En caso de que el sistema en cuestión sea un país, una región o un sector se habla de un sistema nacional de innovación, de un sistema regional de innovación o de un sistema sectorial de innovación, respectivamente. De acuerdo a esta definición, en el marco de este trabajo analizamos aquellos actores del Sistema Nacional de Innovación que tienen alguna relación con recursos hídricos; a este sistema denominamos *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*.

Al conjunto de actores del sistema pueden pertenecer productores de conocimiento (tales como universidades), centros de investigación y/o desarrollo extrauniversitarios¹², empresas con actividades de investigación y/o desarrollo, empresas innovadoras, proveedores de servicios basados en conocimiento, entidades financieras (tales como bancos y administradoras de fondos de inver-

¹¹ Es decir, no sólo de base científica o tecnológica.

¹² En este contexto entendemos que investigación y/o desarrollo se refieren a investigación científica y/o desarrollo tecnológico.

sión), inversores privados y estratégicos, proveedores de servicios de investigación y desarrollo, así como los intermediarios del sistema (tales como incubadoras de negocios, centros de innovación y/o tecnología, parques científicos o proveedores de servicios de innovación). Teniendo en cuenta que en el marco de este trabajo también identificamos y caracterizamos a investigadores y otros profesionales especializados en recursos hídricos, hacemos la distinción entre actores institucionales y actores individuales.

Los actores de un sistema de innovación, tanto institucionales como individuales, interactúan entre sí, formando las así llamadas redes de innovación, a través de las cuales operan finalmente los sistemas de innovación. Los vínculos (interacciones y relaciones) entre los nodos (actores) de estas redes son, en muchos casos, elementos temporales, relacionados con cooperaciones u orientaciones temáticas específicas. Siguiendo con la nomenclatura anterior, en este trabajo diferenciamos entre redes institucionales y redes individuales. Debido a la complejidad de la dinámica de estas redes sólo es posible esbozar su estructura en una situación determinada o su evolución en el tiempo.

3.2 Actores del Sistema – Nivel institucional

De acuerdo al breve marco conceptual presentado en la sección anterior, los actores relevantes del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos* a nivel institucional corresponden a aquellas personas jurídicas en las que se realizan actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico y/o innovación en materia de recursos hídricos.

En la Figura 3.1 presentamos una representación esquemática simplificada del Sistema Nacional de Innovación compuesto por actores de los sectores público y privado, que son más relevantes para la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación en general en el ámbito de recursos hídricos y sus efectos en la sociedad. En él se distingue el sistema político y administrativo, los intermediarios, el sistema industrial y el sistema de educación e investigación.

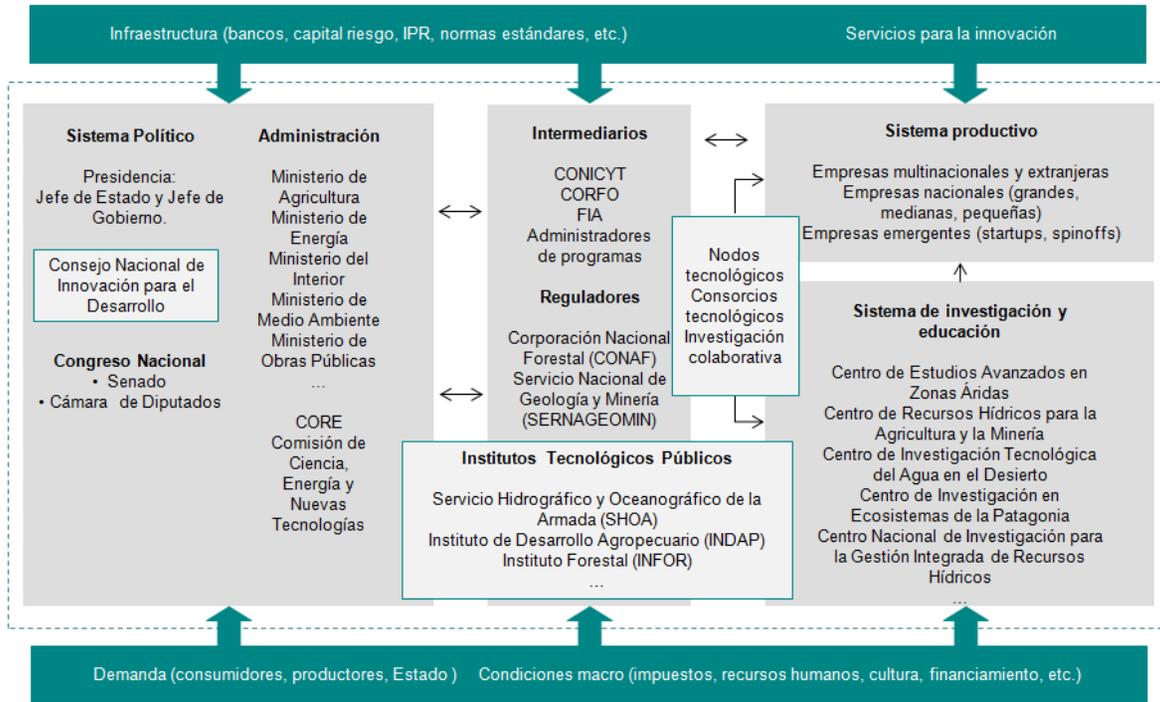


Figura 3.1. Principales actores del Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos. Elaboración propia

El marco institucional en que se desarrolla la investigación está determinado por el **Sistema Político** del país, donde la figura del Presidente de la República es cabeza del Poder Ejecutivo y actúa como Jefe del Gobierno y Jefe de Estado, complementado con el Poder Legislativo, encarnado por el Congreso Nacional bicameral, compuesto por el Senado y la Cámara de Diputados. La **Administración** del Poder Ejecutivo se realiza a través de los Ministerios, que en conjunto con los Gobiernos Regionales, administran recursos centrales hacia las regiones. Dentro de los actores de este tipo que tienen papeles relevantes para el *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos* hemos identificado los siguientes ministerios:

- › Ministerio de Agricultura
- › Ministerio de Energía
- › Ministerio del Interior
- › Ministerio de Medioambiente
- › Ministerio de Minería
- › Ministerio de Obras Públicas.

Los Gobiernos Regionales, liderados por el Intendente, facultan al Consejo Regional (CORE) para analizar y aprobar los temas clave de inversión para las regiones, específicamente, aquella relacionada con la distribución de los recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). En el Consejo Regional están radicadas las facultades fiscalizadoras de los Gobiernos Regionales, así

como las decisiones y resoluciones en cuanto a la elaboración de políticas y acuerdos que puedan emanar de cada una de sus comisiones en particular o del pleno en general. Para efectos de una mayor operatividad y cobertura de todos y cada uno de los problemas de la región, el CORE se organiza en comisiones, que abordan en forma específica diferentes áreas del quehacer regional.

Los **Intermediarios** que se muestran en la Figura 3.1 corresponden a organismos públicos, principalmente en los ámbitos de fomento que definen políticas y diseñan programas, los administradores públicos y privados de estos programas, fundaciones privadas y públicas, así como organismos públicos que proveen recursos monetarios a privados fomentando la Ciencia, la Tecnología y/o la Innovación. En este último grupo se incluyen actores tales como:

- › Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt)
- › Corporación de Fomento de la Producción (Corfo)
- › Comité Innova Chile de Corfo (InnovaChile)
- › Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Existen, además, organismos con **funciones regulatorias e informativas**, así como los **Institutos Tecnológicos Públicos**, que vinculan la administración con el sistema de investigación. Dentro de los actores de este tipo que tienen papeles relevantes para el *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos* hemos identificado los siguientes organismos:

- › Centro de Información Recursos Naturales
- › Comisión Chilena de Energía Nuclear
- › Comisión Nacional de Riego
- › Corporación Nacional Forestal
- › Instituto de Desarrollo Agropecuario
- › Instituto de Investigaciones Agropecuarias
- › Instituto Forestal
- › Instituto Geográfico Militar
- › Instituto Nacional de Hidráulica
- › Servicio de Evaluación Ambiental
- › Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.
- › Servicio Nacional de Geología y Minería.

Dentro del **Sistema de investigación y educación** mostrado en la Figura 3.1 destacan las instituciones de educación superior y los centros de investigación. Estas instituciones juegan un rol clave en la generación y transferencia del conocimiento. A nivel nacional existen 60 universidades, de las cuales 25 pertenecen al Consejo de Rectores y las restantes corresponden a universidades priva-

das, además de 43 institutos profesionales y 54 centros de formación técnica¹³. Durante la realización del trabajo «*Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile*» hemos podido identificar 15 centros de investigación nacionales que tienen investigadores con evidencia de realizar investigación científica y/o desarrollo tecnológico en el ámbito de recursos hídricos, estos son:

Como resultado del trabajo, hemos identificado 45 entidades que realizan actividades de investigación y/o desarrollo en el área de recursos hídricos en Chile. De las 45 entidades identificadas, el 80% corresponde a universidades, y el 20% restante a centros de investigación con financiamiento público y privado que actúan de manera autónoma. Los centros de investigación nacionales con actividades en materia de recursos hídricos son los siguientes:

- › Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)
- › Centro de Estudios Científicos (CECs)
- › Centro de Estudios del Cuaternario Fuego-Patagonia y Antártica (CEQUA)
- › Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería (CICITEM)
- › Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP)
- › Centro de Investigación Tecnológica del Agua en el Desierto (CEITZASA)
- › Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM)
- › Centro del Agua para Zonas Áridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC)
- › Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (CIGIDEN)
- › Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB)
- › Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI).

Del mismo modo, hemos identificado 36 universidades nacionales en las que se desempeñan investigadores con evidencia de realizar investigación científica y/o desarrollo tecnológico en el ámbito de recursos hídricos (ordenadas de norte a sur):

- › Universidad Arturo Prat
- › Universidad de Antofagasta
- › Universidad Católica del Norte
- › Universidad de Atacama
- › Universidad de La Serena
- › Universidad de Valparaíso

¹³ Servicio de Información de Educación Superior (SIES), 2016. Listado de instituciones vigentes al 30 de diciembre de 2015. Disponible en <http://www.mifuturo.cl/index.php/servicio-de-informacion-de-educacion-superior/listado-de-instituciones-vigentes-2015>

- › Universidad de Playa Ancha
- › Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
- › Universidad de Aconcagua
- › Universidad de Los Andes
- › Pontificia Universidad Católica de Chile
- › Universidad Academia de Humanismo Cristiano
- › Universidad Alberto Hurtado
- › Universidad Andrés Bello
- › Universidad Autónoma
- › Universidad Bernardo O'Higgins
- › Universidad Central
- › Universidad de Chile
- › Universidad de Santiago de Chile
- › Universidad del Desarrollo
- › Universidad del Pacífico
- › Universidad Diego Portales
- › Universidad Gabriela Mistral
- › Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
- › Universidad Santo Tomás
- › Universidad Tecnológica de Chile
- › Universidad de Talca
- › Universidad Católica del Maule
- › Universidad del Bío Bío
- › Universidad Católica de la Santísima Concepción
- › Universidad de Concepción
- › Universidad de La Frontera
- › Universidad Católica de Temuco
- › Universidad Austral de Chile
- › Universidad de Los Lagos
- › Universidad de Magallanes.

Por su parte, el Sistema productivo mostrado en la Figura 3.2 está compuesto por empresas relacionadas de manera directa e indirecta con el estudio de los recursos hídricos. Como mostramos en la Figura 3.2, las empresas identificadas se agrupan en cinco categorías de actividad: i) servicios profesionales, ii) servicios sanitarios, iii) agricultura, iv) minería y v) energía. La mayor cantidad de empresas identificadas (68%) se encuentran en la categoría de servicios profesionales, que agrupa una amplia gama de prestaciones relacionadas, entre los cuales se encuentran: servicios de ingeniería, legales, de arquitectura, de hidrología. Un 9% corresponde a empresas de servicios sanitarios, un 20% a empresas de diversas actividades económicas sectores donde el uso del recurso hídrico es gravitante, como es el caso minería, energía, agricultura y manufactura, y un 2% a empresas de construcción.

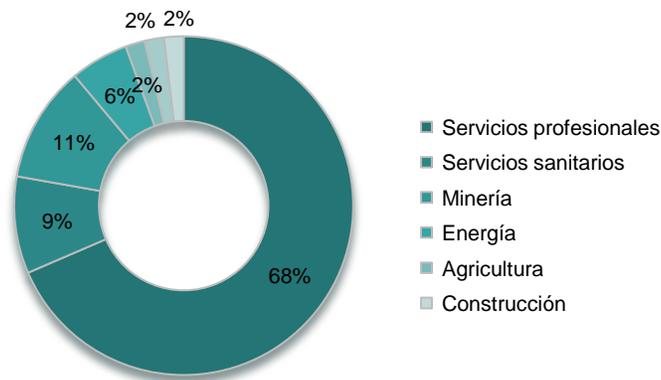


Figura 3.2. Distribución de empresas pertenecientes al Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos, según categoría (N=54). Elaboración propia

Además, existe un marco compuesto por infraestructura y servicios para la innovación que involucra a entidades financieras, proveedores de capital de riesgo, derechos de propiedad intelectual, normas técnicas, etc. que proveen recursos y regulan los procesos de investigación científica y desarrollo tecnológico. La generación de conocimiento puede ser demandada por productores, consumidores y el Estado, y se encuentra influenciada por el marco tributario, legal, cultural, laboral, entre otros, propios del país y de cada región.

4 Capacidades del Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos

En este capítulo presentamos y caracterizamos las capacidades del Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos. Para ello consideramos las capacidades del Sistema en el ámbito humano (Sección 4.1) así como en el ámbito científico (Sección 4.2). En el Anexo D presentamos las capacidades en el ámbito tecnológico. Las metodologías utilizadas se detallan en las secciones respectivas.

4.1 Capacidades humanas

En esta sección presentamos las capacidades humanas que hemos identificado en el *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos* (SNI-RH). Las capacidades de este tipo que son de interés en el marco del presente trabajo se refieren a i) especialistas, así como ii) profesionales en especialización. Tal como explicamos en la Sección 1.3, en este contexto el término capacidades se refiere a recursos que poseen los actores institucionales del Sistema.

4.1.1 Investigadores y otros especialistas

A continuación presentamos y caracterizamos los especialistas residentes en Chile en temas relacionados con recursos hídricos que hemos identificado en el marco del presente trabajo.

A. Alcance metodológico

Para identificar un grupo de análisis de especialistas en temas relacionados con recursos hídricos que residen en Chile hemos combinado diferentes técnicas de trabajo, dentro las que se destacan las siguientes:

REVISIÓN DOCUMENTAL

La identificación de especialistas ha sido un proceso iterativo, iniciado a partir de una revisión documental con el fin de identificar un primer grupo de estos actores a nivel individual trabajando en

Chile en ámbitos relacionados con recursos hídricos. En este contexto, utilizamos como fuente de información secundaria la base de datos con los integrantes de la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos. De este modo, cada vez que identificamos un nuevo actor institucional, revisamos sistemáticamente el sitio web respectivo con el fin de identificar a otros actores individuales. En este proceso también consideramos los actores institucionales identificados durante la elaboración de los catastros de artículos científicos, tesis y ponencias en congresos así como de capacidades tecnológicas relacionadas con recursos hídricos.

ENTREVISTAS A ACTORES INDIVIDUALES

La identificación de especialistas siguió la lógica del muestreo tipo bola de nieve, contactando un primer grupo de sujetos clave dentro del grupo de análisis, los cuales nos llevaron a otros en base a sus contactos y conocimientos sobre el *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*, y así sucesivamente, hasta conseguir un grupo de análisis suficientemente grande (Vieytes, 2004)¹⁴. Sobre estos actores realizamos entrevistas individuales semiestructuradas, tanto en modalidad presencial como a distancia (por vía telefónica e internet). Utilizamos este tipo de entrevistas dada su utilidad para recabar información de manera flexible, conciliando entre lo que los entrevistados manifiestan en sus propios términos, y la focalización de los entrevistadores para recolectar información relevante para el estudio. Posteriormente, la información recolectada fue transcrita a archivos en formato *MS Word* con la finalidad de procesarla utilizando técnicas de análisis de contenido temático y sistematizarla en una base de datos.

ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

Para identificar los campos, las áreas y/o las disciplinas de especialistas, realizamos un análisis bibliográfico, utilizando las bases de datos *Scopus* y *Web of Science*. Para esto, identificamos las publicaciones científicas de los especialistas identificados. El criterio de incorporación al grupo de análisis de un especialista del ámbito académico fue que tuviese al menos una publicación relacionada temáticamente con el estudio de los recursos hídricos en un sentido amplio.

B. Caracterización de los especialistas

A partir de la información recolectada desde las fuentes primarias y secundarias anteriormente mencionadas hemos identificado un grupo de análisis con 683 profesionales residentes en Chile especializados de alguna manera en recursos hídricos. Dentro de ellos tenemos investigadores trabajando en universidades, centros de investigación e institutos tecnológicos públicos, docentes asociados a programas de postgrados y postítulos, así como especialistas trabajando en empresas privadas y organismos públicos.

Las variables que utilizamos para la caracterización general del grupo de análisis de especialistas identificados son las siguientes:

- › Grados académicos de los especialistas,
- › Máximo grado académico de los especialistas,
- › Campo científico-tecnológico del máximo grado académico,

¹⁴ Vieytes, R. (2004). Metodología de la investigación en organizaciones, mercado y sociedad. Epistemología y técnicas. Buenos Aires: Editorial de las ciencias.

- › Área científico-tecnológica del máximo grado académico,
- › Tipo de afiliación del actor individual,
- › Localización de la entidad de afiliación del actor individual.

En la Figura 4.1 (a) podemos observar el detalle de la totalidad de los grados académicos y otras especializaciones del grupo de análisis. De acá obtenemos que un 28% de estos profesionales posee los grados de licenciado, máster y doctorado, en tanto que un 26% posee los grados de licenciado y doctorado. Es decir, un 54% de los especialistas posee un doctorado como máximo grado académico. Un 23% de los especialistas posee los grados de licenciado y máster y un 23% de ellos posee sólo el grado de licenciado. En este contexto cabe hacer notar que para facilitar la presentación no consideramos los títulos universitarios, ya que la mayoría de los licenciados posee uno. De este modo, el 77% del total de actores tiene como grado máximo un máster o un doctorado, observando así un alto nivel de formación académica del grupo de análisis de especialistas

Para el análisis de los campos y áreas científico-tecnológicas del máximo nivel de especialización del grupo de análisis de especialistas, la Figura 4.1 (b) nos indica que un 35% de éstos se especializa en Ciencias Técnicas, un 30% se especializa en Ciencias Naturales, un 21% en Ciencias Sociales y sólo un 14% se especializa en Ciencias Agrícolas.

En relación al tipo de afiliación, en la Figura 4.1(c) observamos que un 83% de ellos tiene su afiliación principal en una universidad o centro de investigación, en tanto que un 10% se desempeña principalmente en empresas privadas y sólo un 5% de ellos está afiliado a entidades de gobierno. Adicionalmente, un 2% de los actores identificados se encuentra en la categoría “otros” que agrupa a individuos vinculados a organizaciones de la sociedad civil (por ejemplo, fundaciones, juntas de vigilancia, asociaciones de canalistas, entre otros) y organismos multilaterales (Cepal, Unesco, etc.). En el resto de este trabajo a los integrantes del primer grupo denominamos *académicos*.

Finalmente, en la Figura 4.1 (d) mostramos la distribución geográfica del grupo de análisis de especialistas relacionados con recursos hídricos. Esta figura revela que la Región Metropolitana concentra el 51% de los profesionales; la macrozona centro sur (entre las regiones de Valparaíso y Biobío) acumula un 25% de estos actores y que las macrozonas norte (desde Arica y Paríacota hasta Coquimbo) y sur-austral (desde La Araucanía hasta Magallanes) concentran cada una un 12% de los especialistas del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos* respectivamente.

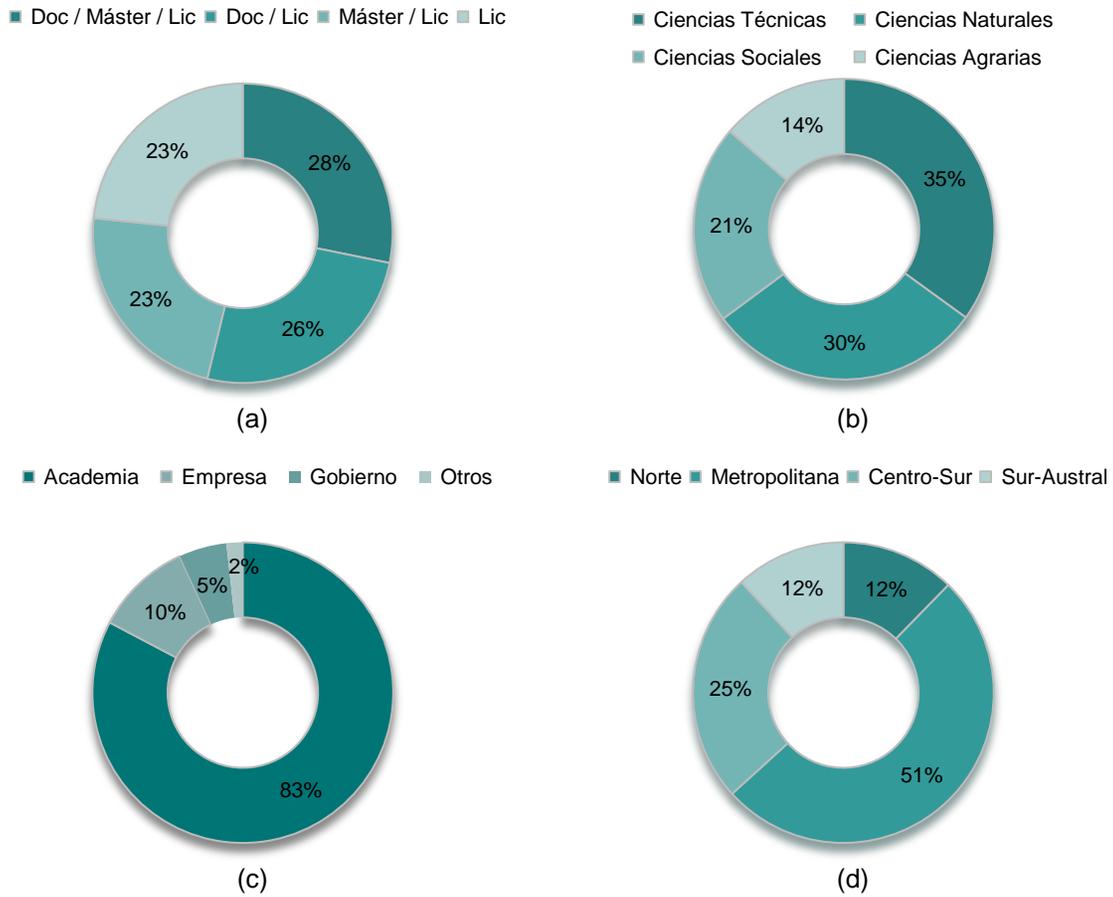


Figura 4.1. Caracterización de especialistas según (a) grados académicos, (b) campo del máximo grado académico, (c) tipo de afiliación y (d) localización de entidad de afiliación (N=683). Elaboración propia

Debido a la relevancia de los actores afiliados a universidades y centros de investigación para el análisis de las capacidades científicas, en lo que sigue nos concentramos en este tipo de actores. Este grupo de análisis consta de 565 especialistas, de ellos 221 son académicos con una o más publicaciones en revistas de corriente principal, 344 son académicos sin publicaciones en este tipo de revistas. Al analizar las características de los académicos utilizando las mismas variables de caracterización utilizadas anteriormente, las proporciones mostradas en la Figura 4.1 cambian la distribución de la totalidad de los grados académicos y otras especializaciones del grupo de análisis, así como la distribución geográfica de los académicos relacionados con recursos hídricos. En efecto, como podemos ver en la Figura 4.2 (a), si analizamos solo los académicos se tiene que la cuota de actores con máximo grado académico aumenta desde un 54% a un 61% y la cuota de participación de actores cuyo máximo grado es licenciatura desciende desde un 23% a un 17%. A su vez, desde la Figura 4.2 (d) podemos ver que la participación de académicos de la Región Metropolitana decrece de 51% a 44%, y que todas las macrozonas aumentan levemente su participación.

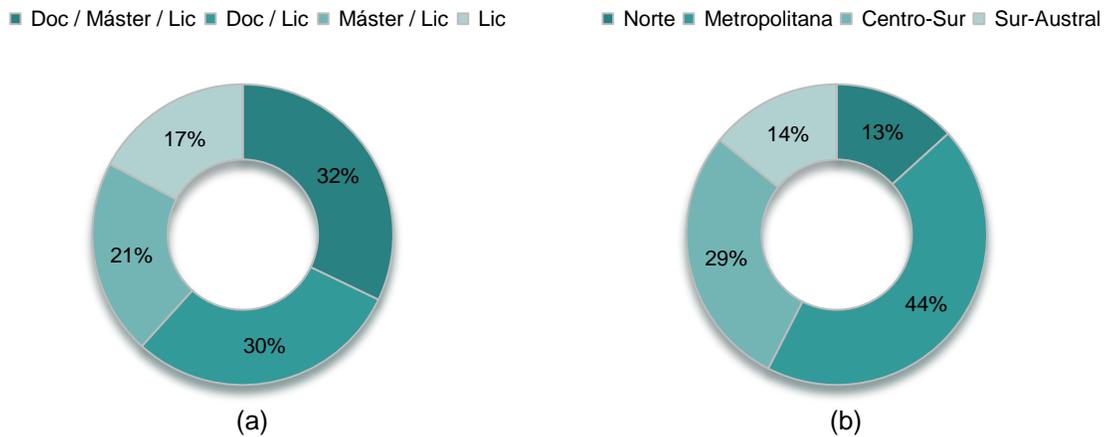


Figura 4.2. Caracterización de académicos según (a) grados académicos y (b) localización de entidad de afiliación (N=565). Elaboración propia

Respecto de la distribución de los académicos a nivel regional, en la Figura 4.3 (a) nuevamente podemos apreciar una clara predominancia de la Región Metropolitana con una cuota del 44% del total de éstos. La siguiente región con mayor cuota de participación de estos especialistas es la del Biobío con un 15% del total. Luego destacan, aunque en menor medida, las regiones de Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, Maule, La Araucanía y Los Ríos con participaciones entre el 5% y 8%. Por otra parte, de la Figura 4.3 (a) también es posible verificar la escasa participación de académicos que estudien recursos hídricos en las tres regiones del norte del país (Arica y Parinacota, Tarapacá y Atacama), en las tres regiones del extremo austral de Chile (Los Lagos, Aysén y Magallanes) así como en la Región de O’Higgins.

Para profundizar el análisis anterior, hemos ajustado la distribución de académicos en las regiones de acuerdo al número de habitantes en la región respectiva. En la Figura 4.3 (b) observamos el número de académicos por millón de habitantes en las regiones de Chile. En esta comparativa, la Región Metropolitana queda relegada a la novena posición a nivel nacional. Por su parte la posición de la Región de Valparaíso baja, quedando en el lugar número once. De este modo, las regiones verdaderamente rezagadas serían las de, Valparaíso y Los Lagos, así como las regiones de Arica y Parinacota y O’Higgins (en el grupo de análisis no existen académicos trabajando en materias relacionadas con recursos hídricos). En cuanto a académicos con doctorado, en este caso resalta que la posición de la Región de Los Ríos, con 52 doctorados por millón de habitantes; le sigue la Región de Aysén con 37 doctorados por millón de habitantes, las regiones del Biobío y Antofagasta con 31 y 30 doctorados por millón de habitantes respectivamente. Más abajo se encuentran las regiones del Maule, La Araucanía, Metropolitana y Coquimbo que tienen entre 18 y 24 doctorados por millón de habitantes respectivamente.

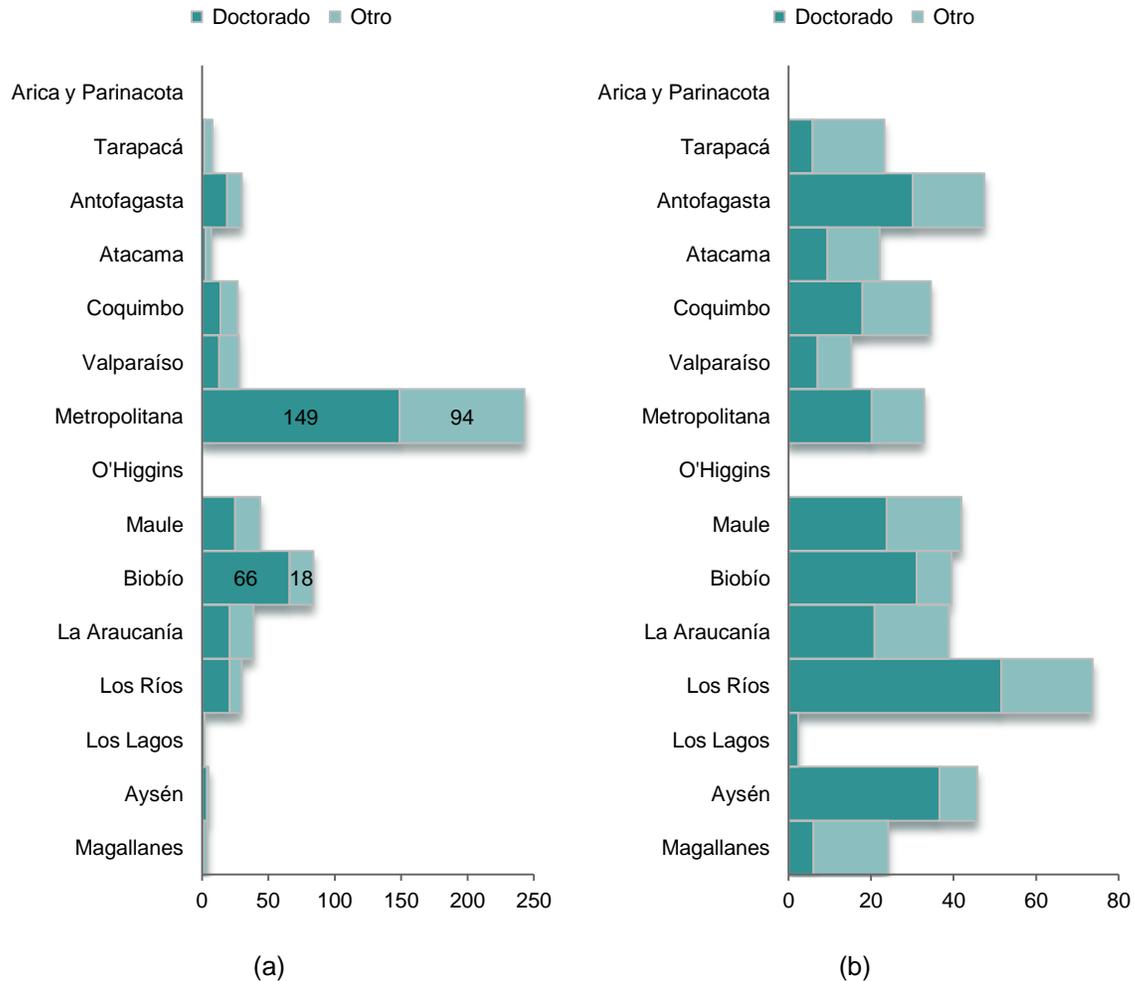


Figura 4.3. Distribución de académicos que estudian recursos hídricos, por región según máximo grado académico: (a) números de académicos y (b) número de académicos por millón de habitantes (N=565). Elaboración propia

De los gráficos anteriores es posible observar que el número de especialista en las regiones del país está correlacionado positivamente con la población regional. En la Figura 4.4 (a) mostramos la relación entre estas dos variables. De acá es posible confirmar que la correlación mencionada es tan alta, que la población regional explica en un 93% el número de especialista en las regiones del país. Así también, a partir del modelo presentado en este gráfico, es posible visualizar qué regiones del país que tienen un número de especialista inferior o superior respecto al valor esperado (32,9 especialista por millón de habitantes). En este sentido, destacan positivamente las regiones de Los Ríos, Antofagasta y Aysén. Por el contrario, las regiones como Arica y Parinacota, O'Higgins, Los Lagos y Valparaíso presentan escasez de especialistas regionales de acuerdo al tamaño de su población. Por otra parte, en la Figura 4.4 (b) mostramos la relación entre el número de doctorados y especialista en las regiones del país. En este gráfico también podemos observar una alta correlación entre estas variables y que el número de especialista con doctorado en una región queda explicado en un 98% por la cantidad de especialista en la misma, con un valor esperado de 62,8 es-

pecialista con doctorado por cada cien especialista. En síntesis, estas dos variables explican en más del 90% los resultados anteriores en cuanto al número de especialista en regiones y el número de especialista con doctorado en regiones.

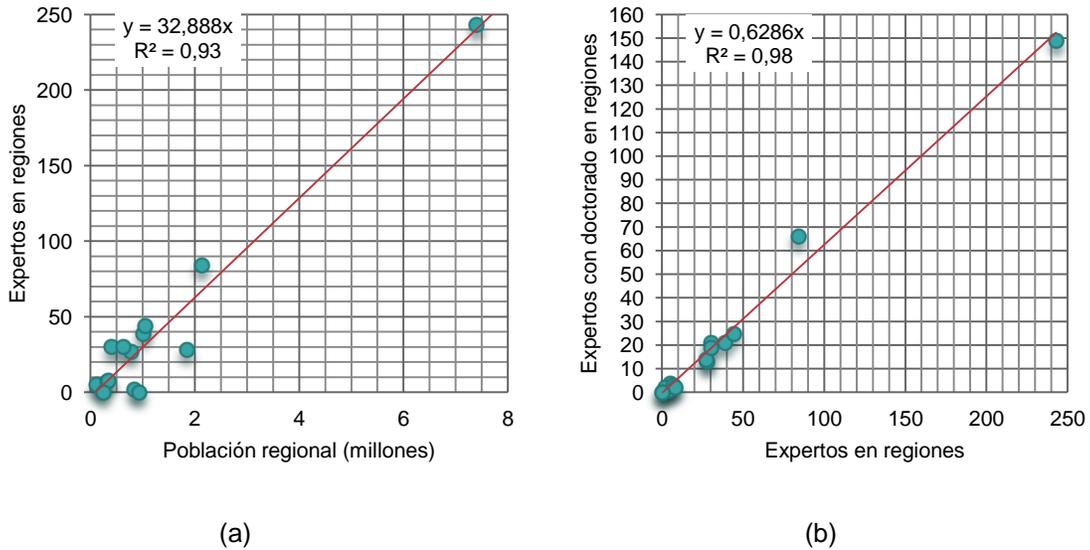


Figura 4.4. Modelos de regresión lineal para explicar: (a) el número de especialista y (b) el número de especialista con doctorado en las regiones; ambos en las regiones del país.

Elaboración propia

En la Figura 4.6 mostramos el resultado de organizar a los académicos según su entidad de afiliación, en donde podemos identificar tres categorías. De las 44 entidades en el grupo de análisis, 3 tienen más de 60 académicos, a saber: Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Concepción. En estas 3 universidades se desempeña el 39% de los académicos. En la categoría entre 20 y 40 académicos se encuentran el grueso de las universidades de investigación nacionales, a saber las universidades de Talca, de Santiago, Católica de Temuco, Católica del Norte, Austral y Pontificia de Valparaíso. Estas universidades concentran el 31% de los académicos. El 30% restante lo acumulan 26 universidades y 9 centros de investigación (en la Figura 4.6 sólo se muestran 15 universidades y 4 centro de investigación).

Realizando un análisis más detallado de las universidades que concentran la mayor parte de los académicos obtenemos que la primera categoría de tres universidades mencionada anteriormente tienen en promedio una cuota de académicos con doctorado que alcanza el 78% en tanto que la segunda categoría de seis universidades tiene una cuota de académicos con doctorado del 64%. En cuanto a las cuotas de académicos con doctorado en las universidades en la tercera categoría mencionada anteriormente, estas son muy dispares y la cuota de académicos con doctorado en promedio es de 49%, no obstante la mediana corresponde a un 46%.

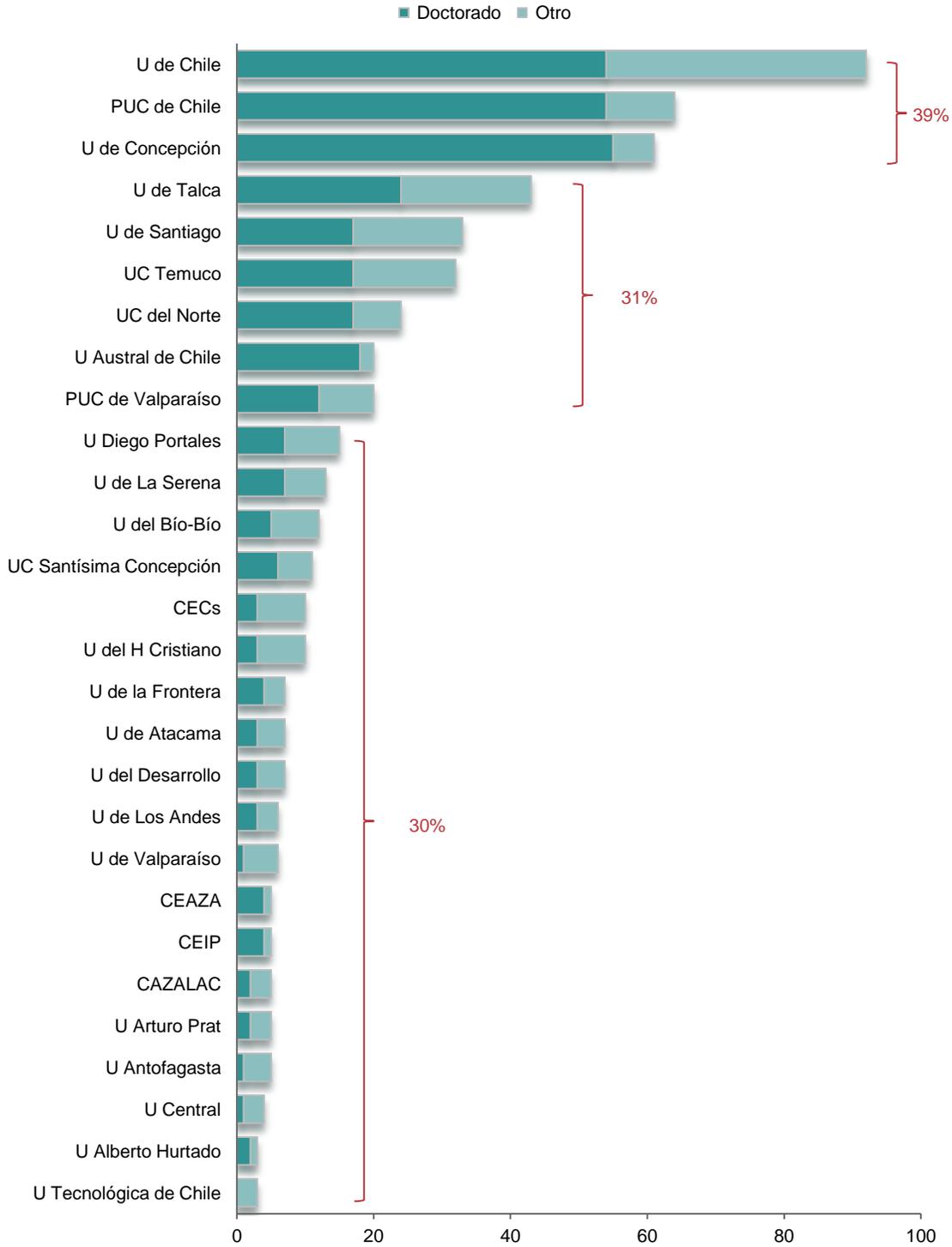


Figura 4.5. Distribución de académicos que estudian recursos hídricos, por entidad de afiliación principal según máximo grado académico. Elaboración propia

C. Principales resultados

En términos generales, más del 54% de los especialistas considerados en el grupo de análisis tiene un doctorado en ciencias técnicas (35%), naturales (30%), sociales (20%) o agrarias (15%) y está afiliado a alguna institución de educación superior.

A nivel nacional, la distribución de los especialistas es muy desigual entre regiones en términos absolutos. Por ejemplo, la Región Metropolitana acumula el 44% del total de los académicos que trabajan en temas relacionados con recursos hídricos. La siguiente región con mayor cuota de participación de académicos es la del Biobío con un 15% del total. Con participaciones entre el 5% y 8% sobre el total se registran las regiones de Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, Maule, La Araucanía y Los Ríos.

De acuerdo al análisis realizado, el número de habitantes en las regiones del país explica el número de especialistas en un 93% ($R^2=0,93$). En este contexto, destacan positivamente las regiones de Los Ríos, Antofagasta y Aysén, que tienen más especialistas trabajando en temas relacionados con recursos hídricos que el valor esperado. En menor grado, pero de igual forma sobre pasando el valor esperado encontramos a las regiones de Atacama y Tarapacá y Magallanes. Por el contrario, las regiones como Los Lagos y Valparaíso presentan escasez de especialistas regionales ya que poseen considerablemente menos especialistas que los que se esperaría de acuerdo al tamaño de su población.

Al analizar la distribución de los especialistas en las universidades y centros de investigación nacionales hemos identificado tres categorías de instituciones. En la primera categoría se encuentran la Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad de Concepción con más de 50 especialistas, acumulando caso el 40% de los especialistas que se desempeñan en la academia. En la segunda categoría, las entidades tienen entre 20 y 40 especialistas; en ella se encuentran el grueso de las universidades de investigación nacionales, a saber las universidades de Talca, de Santiago, Católica de Temuco, Católica del Norte, Austral y Pontificia de Valparaíso. Estas universidades acumulan el 30% de los especialistas que se desempeñan en la academia. El resto de los especialistas se desempeña en universidades y los centros de investigación con menos de 20 especialistas.

4.1.2 Profesionales en especialización

En esta sección presentamos la caracterización de los profesionales residentes en Chile en especialización tanto en Chile como en el extranjero en temas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos que hemos identificado en el marco del trabajo «*Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en recursos hídricos de Chile*» que han sido beneficiados por el Programa Becas Chile de Conicyt.

A. Alcance metodológico

Para identificar un grupo de análisis para los profesionales en especialización realizamos un análisis documental utilizando las bases de datos públicas de beneficiarios del programa Becas Chile, considerando dentro del grupo de análisis a aquellos profesionales en especialización que hayan comenzado sus estudios de postgrado a partir del año 2013 en adelante. Sin embargo, como esta información no es lo suficientemente detallada para poder determinar si un becario se está espe-

cializando en un tema habilitante para el estudio de los recursos hídricos, solicitamos a Conicyt que preseleccionara en sus bases de datos becarios que incluían en sus postulaciones al menos una de las palabras claves que mostramos en el Anexo B. Posteriormente, para determinar la relación de los programas de especialización con el estudio de los recursos hídricos, revisamos en detalle el objetivo y motivación del trabajo, así como la retribución esperada que cada postulante consignó en su postulación a estas becas.

En este contexto, usamos el término *habilitantes* para enfatizar que los programas respectivos imparten conocimientos relacionados con recursos hídricos sin que esto necesariamente implique que sus egresados tengan que desempeñarse laboralmente en este ámbito.

B. Caracterización de profesionales en especialización

La base de datos con beneficiarios preseleccionados del programa Becas Chile contiene 384 becarios que participaron en los concursos de Conicyt en el periodo 2010 – 2016. A partir del análisis de la información consignada por estos becarios en su postulación a este programa, identificamos 134 profesionales que podemos considerar en especialización en temas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos. Estos 134 becarios conforman parte del grupo de análisis de profesionales residentes en Chile en especialización en temas relacionados con recursos hídricos en instituciones localizadas tanto en Chile como en el extranjero. Para la caracterización general de estos profesionales utilizamos las siguientes variables:

- › Grado académico a obtener
- › Campo de especialización del programa
- › País de localización del programa
- › Tipo de afiliación del profesional al momento de postular
- › Año esperado de graduación.

Como podemos observar en la Figura 4.6 (a), del total de profesionales en especialización identificados, un 76% corresponde a alumnos de doctorado y un 24% a alumnos de máster. El análisis de los campos del conocimiento de los programas respectivos (ÖFOS 1), nos muestra que un 40% de los profesionales se especializa en Ciencias Naturales, un 28% en Ciencias Técnicas, un 19% en Ciencias Agrícolas y finalmente un 12% en Ciencias Sociales, como muestra la Figura 4.6 (b).

En relación al país en donde cursan los programas respectivos, en la Figura 4.6 (c) observamos que un 67% de los becarios ha optado por una institución de educación superior en Chile, en segundo lugar, se ubican las universidades en Europa con un 20% de los profesionales identificados, destacando en este sentido el Reino Unido y los Países Bajos (que concentran más del 75% de los profesionales en especialización en Europa). Le siguen instituciones en Australia y Nueva Zelanda con un 8% y finalmente universidades en el resto de América con un 5%; en esta categoría se incluyen instituciones en los EEUU, Canadá y Brasil.

Por otra parte, si categorizamos a los profesionales en especialización de acuerdo al tipo de afiliación antes de iniciar su programa de especialización, distinguiendo si el participante del programa de postgrado proviene de centros de investigación y/o de universidades (academia), de empresas privadas o de organismos de gobierno, podemos observar en la Figura 4.6 (d) que los profesiona-

los provenientes de la academia representan el 73% del total. En segundo lugar, se ubican los profesionales provenientes de empresas privadas, con un 16% y finalmente, los profesionales provenientes de organismos públicos con una cuota de 11%.

Finalmente, en la Figura 4.6 (e) mostramos el año esperado de graduación de los becarios. En 2016 un 8% de los profesionales identificados concluirán con sus respectivos programas de especialización. Para 2017, se proyecta que el 19% de los profesionales concluyan sus programas de especialización. El 31% y 30% finalizarán sus programas de especialización durante 2018 y 2019 respectivamente, mientras que el 12% restante se graduará el año 2020. La caída en la cantidad relativa de profesionales que se graduarán en 2020 se debe a que el grupo de análisis no considera aquellos que comenzarán sus estudios a partir de 2018.

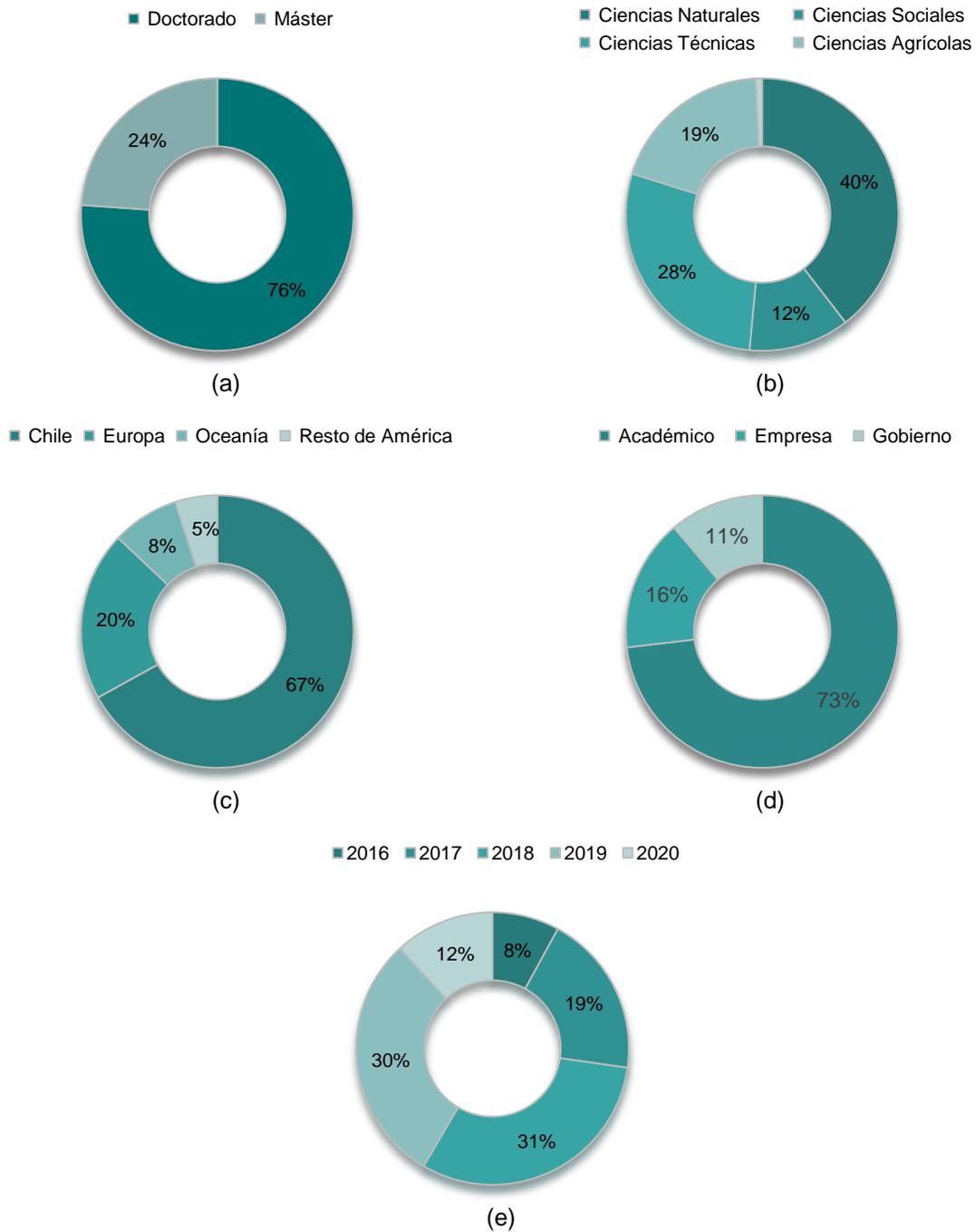


Figura 4.6. Caracterización de profesionales en especialización beneficiados por el Programa Becas Chile de Conicyt, según; (a) grado académico, (b) campo de conocimiento, (c) país de estudios, (d) tipo de afiliación y (e) año esperado de finalización (N=134). Elaboración propia

Luego de esta caracterización general presentamos los resultados más destacados de cruzar algunas de las variables de caracterización presentadas al comienzo de esta sección. Sintetizamos

sólo resultados que difieren de la distribución mostrada en la caracterización general mostrada en la Figura 4.6.

En la Figura 4.7 mostramos la distribución de becarios por grado académico a obtener según el Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS de los programas respectivos. De acá podemos verificar que la distribución general mostrada en la caracterización unidimensional (Figura 4.6) por grado académico a obtener se cumple en el caso de las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales, es decir 76% cursando programas de doctorado. En el caso de Ciencias Agrícolas, el predominio de profesionales especializándose en programas de doctorado en relación a quienes se están especializando en programas de máster es muy marcada, siendo el 96% que cursa estudios de doctorado; a diferencia de lo que se observa en las Ciencias Técnicas, donde no se alcanza a cumplir el resultado de la caracterización general, pues el 63% de los profesionales se encuentra cursando un programa de doctorado.

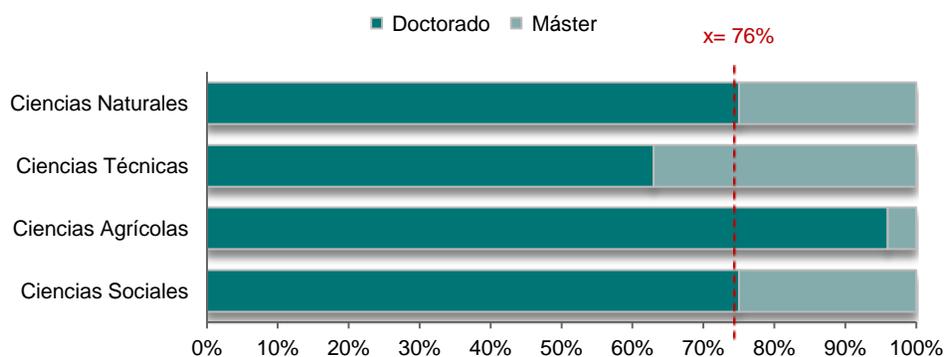


Figura 4.7. Distribución de profesionales en especialización beneficiados por el Programa Becas Chile de Conicyt, por grado académico según Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS 1 de los programas de especialización. Elaboración propia

Del mismo modo, al analizar la distribución de profesionales en especialización según grado académico a obtener en los países de localización de los programas de postgrado podemos comprobar que la distribución general mostrada en la caracterización unidimensional (Figura 4.6), es decir, el 76% cursando programas de doctorado, en la mayoría de los casos no se cumple. En efecto, en la Figura 4.8 mostramos que los profesionales que se están especializando en Chile se concentran mucho más en programas de doctorado (87%), en tanto que los profesionales cursando programas de máster (13%) son menos que el promedio del grupo de análisis; situación que es similar en el resto del continente americano. En Europa y el resto de los países la situación está equilibrada entre profesionales cursando programas de doctorado y máster, predominando los profesionales que cursan un programa de doctorado en Europa, mientras que en Oceanía los profesionales que están cursando un programa de máster son mayoría dentro del grupo de análisis, lo que difiere del resultado promedio del grupo de análisis.

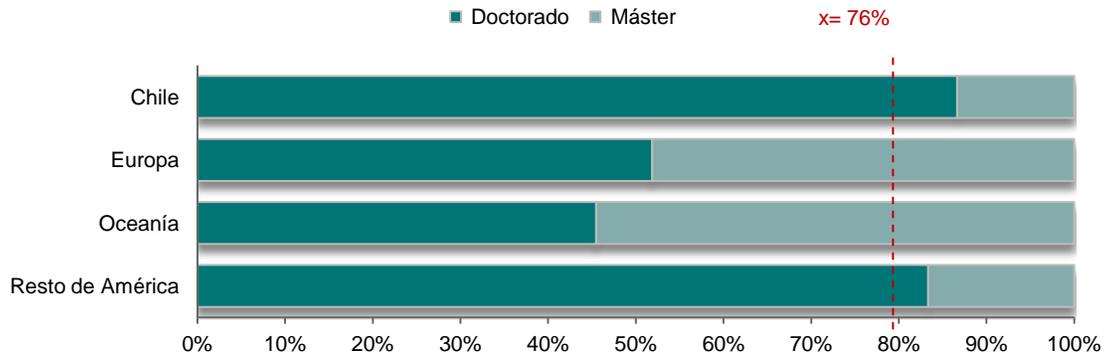


Figura 4.8. Distribución de profesionales en especialización beneficiados por el Programa Becas Chile de Conicyt, según grado académico a obtener por país de localización del programa. Elaboración propia

Considerando sólo el caso de los becarios que se están especializando en Chile, en la Figura 4.9 mostramos la distribución de los profesionales según la institución de educación superior que ofrece la especialización. De esta figura podemos comprobar que las universidades nacionales que más especialistas de alto nivel forman en materia de recursos hídricos son la Universidad de Concepción con un 27%, seguida por la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile, ambas con un 22%. Las otras universidades identificadas tienen una participación menor: cuatro de ellas (universidades Austral de Chile, de la Frontera, de Talca y Católica del Norte) acumulan el 21% de los profesionales en especialización en temas relacionados con recursos hídricos y las cinco restantes (Técnica Federico Santa María, de Antofagasta, de Santiago, Católica de Temuco y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso) acumulan el 8% de los profesionales en formación.

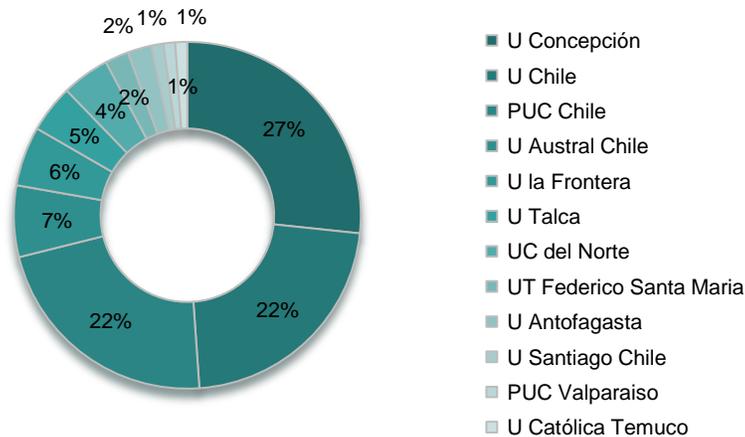


Figura 4.9. Distribución de profesionales especializándose en Chile en temas relacionados con recursos hídricos, por universidad (N=134). Elaboración propia

En cuanto a la distribución de los profesionales en especialización según campo de conocimiento en los países de localización de los programas de postgrado, en la Figura 4.10 podemos observar

que los que se están formando en Chile se distribuyen mayoritariamente en Ciencias Naturales, Ciencias Técnicas y Ciencias Agrícolas. Cabe destacar que en el grupo de análisis no se identificaron profesionales especializándose en Ciencias Agrícolas en Europa ni en América, predominando largamente en Europa las especializaciones en Ciencias Naturales, mientras que en el resto de América son mayores las especializaciones en Ciencias Sociales. En Oceanía predominan mayormente los postgrados en Ciencias Técnicas, seguidos de una distribución homogénea en los demás campos de conocimiento identificados.

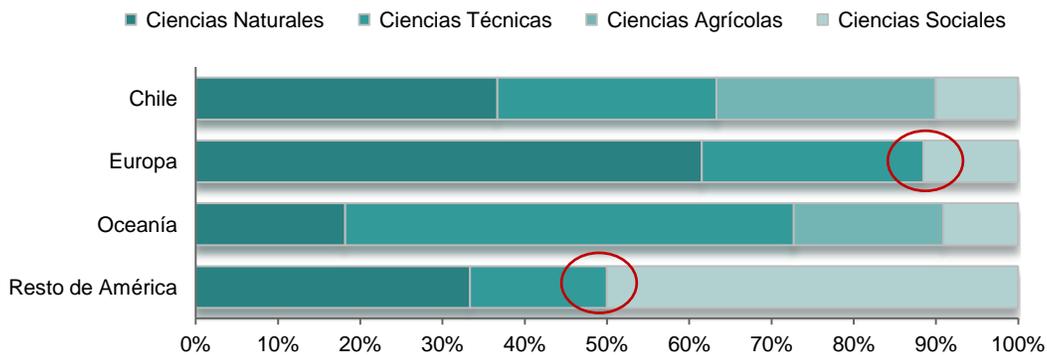


Figura 4.10. Distribución de profesionales en especialización beneficiados por el Programa Becas Chile de Conicyt, por campo de conocimiento según Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS 1, por país de localización del programa. Elaboración propia.

En relación con el tipo de afiliación de los becarios antes de comenzar el programa de postgrado y el grado académico al que postulan, en la Figura 4.11 podemos observar que independiente del tipo de afiliación (academia, empresa, gobierno), las distribuciones entre profesionales en programas de doctorado y máster son similares a la distribución general mostrada en la caracterización unidimensional (Figura 4.6), es decir 76% cursando programas de doctorado. El hecho que la cuota de participación de profesionales provenientes de empresas privadas que buscan alcanzar un grado de doctorado es más alta que para el caso de los profesionales proveniente de la academia es un resultado destacable.

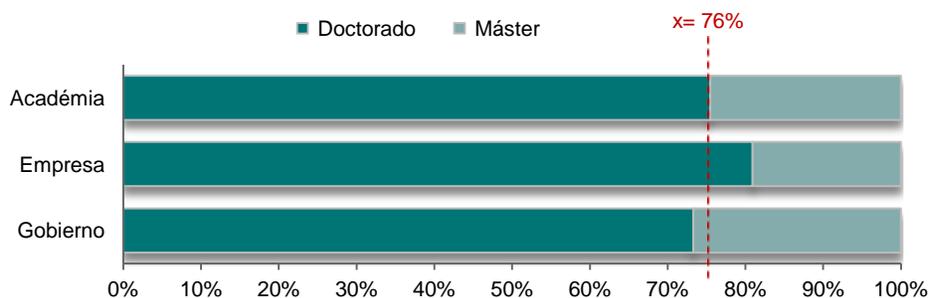


Figura 4.11. Distribución de profesionales en especialización beneficiados por el Programa Becas Chile de Conicyt, según grado académico a obtener, por tipo de afiliación antes del inicio del programa. Elaboración propia.

Con respecto al tipo de afiliación de los profesionales en especialización antes de comenzar el programa de postgrado y el campo de conocimiento del programa al que postulan, en la Figura 4.12 mostramos que las distribuciones entre los profesionales afiliados a la academia y al gobierno en los diferentes campos de conocimiento son similares a la distribución general mostrada en la caracterización unidimensional (Figura 1.1). Sin embargo, para los profesionales afiliados a empresas privadas no se cumple la caracterización general, pues la mayor parte de ellos (43%) está cursando programas que pertenecen al campo de las ciencias técnicas, seguido por un 29% de programas pertenecientes a las ciencias agrícolas y un 24% de ellos sigue programas relacionados con las ciencias naturales.

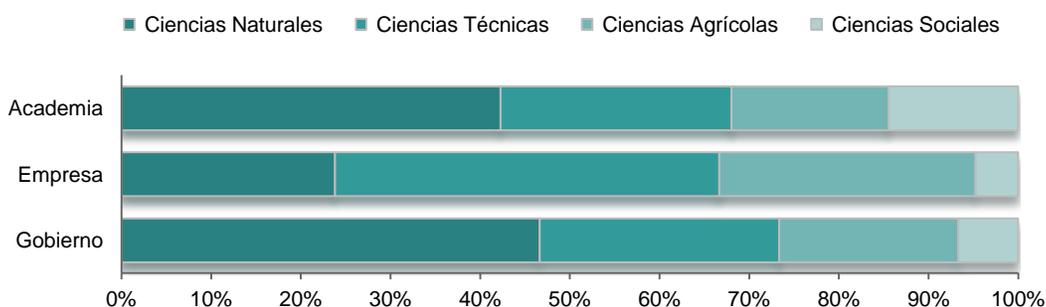


Figura 4.12. Distribución de profesionales en especialización beneficiados por el Programa Becas Chile de Conicyt, por campo de conocimiento según Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS 1, por tipo de afiliación antes del inicio del programa. Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura 4.13 presentamos la evolución de la distribución de becarios que se graduarán entre 2016 y 2020 según área de especialización. De esta figura se puede comprobar que la cuota de participación de los profesionales especializándose en Ciencias Naturales se mantiene estable durante el período 2016 – 2019, con cuotas cercanas al 40%, y se eleva a un 53% en el año 2020. Se puede observar que la cuota de participación de profesionales especializándose en Ciencias Sociales aumenta, teniendo en cuenta que este campo aparece desde el año 2017, ya que en el año 2016 no se registran postgrados en este campo de conocimiento; en tanto que la cuota de participación de profesionales especializándose en Ciencias Técnicas durante el período 2016 – 2020 disminuye enormemente. Por último, el comportamiento de la cuota de profesionales especializándose en Ciencias Agrícolas aumenta desde 2016 hasta alcanzar su mayor punto en 2018, para luego disminuir durante 2019 y 2020.

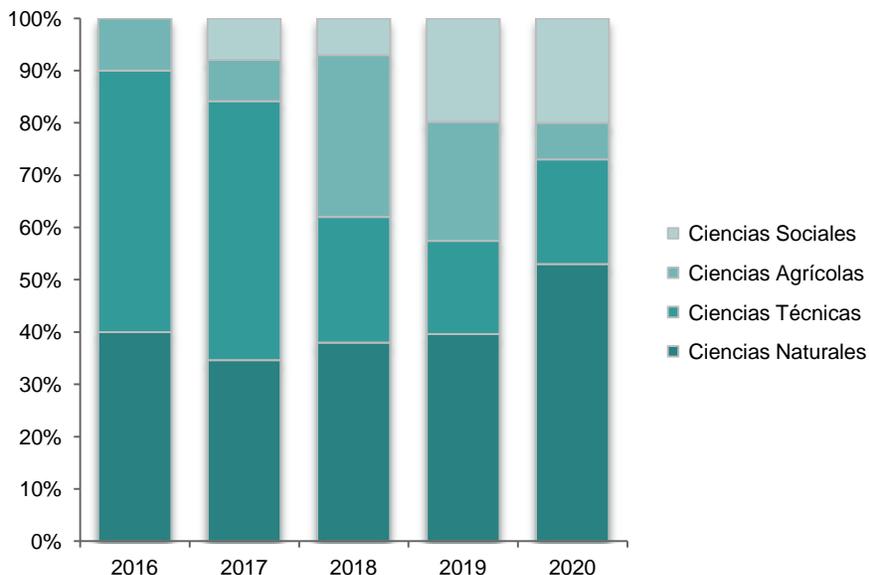


Figura 4.13. Distribución de profesionales en especialización beneficiados por el Programa Becas Chile de Conicyt, según grado académico a alcanzar, por tipo de afiliación antes del inicio del programa. Elaboración propia.

C. Principales resultados

En términos generales, más de dos tercios de los becarios de nuestro grupo de análisis proviene de la academia, busca obtener un doctorado en Chile en ciencias naturales (40%) y técnicas (28%) y cuenta con financiamiento del programa Becas Chile. El resto de los profesionales en especialización busca alcanzar un postgrado en ciencias agrícolas (19%) o ciencias sociales (12%). En este sentido, existe una diferencia notable respecto de la distribución de los actuales especialistas del ámbito de recursos hídricos según campo del conocimiento al que pertenecen (30% ciencias naturales, 35% ciencias técnicas, 14% ciencias agrícolas y 21% ciencias sociales). Esta nueva orientación podría ser interpretada como un mayor interés por aspectos más aplicados en relación con recursos hídricos, tales como su uso y/o gestión, el desarrollo de nuevas tecnologías para generar y analizar datos, la gestión integrada, entre otros.

En este contexto cabe enfatizar que, en estricto rigor, los programas académicos de los profesionales en especialización identificados son sólo habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, ya que estos programas imparten conocimientos relacionados sin que esto, necesariamente, implique que sus egresados tengan que desempeñarse laboralmente en este ámbito.

El hecho que la gran mayoría (73%) de los becarios se encuentre afiliado a universidades o centros de investigación es un resultado esperable, sin embargo es destacable el hecho que el 15% de los profesionales haya estado afiliado a empresas privadas y que de éstos un 80% busque obtener un doctorado, ya que experiencias laborales fuera de la academia son valiosas para la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación en un sentido amplio.

En cuanto a la distribución geográfica de los profesionales en especialización, también es sorprendente que un 67% de ellos esté realizando estudios de postgrado en Chile, indicio del alto nivel de

la investigación científica nacional en materia de recursos hídricos, que además resulta favorable para los grupos de investigación respectivos, considerando que un 87% de estos profesionales busca alcanzar el grado de doctorado.

Respecto a los profesionales especializándose en el extranjero, éstos se encuentran realizando sus estudios de postgrado en los polos de desarrollo científico a nivel mundial, particularmente Reino Unido, Países Bajos, EEUU, Canadá, Alemania y Australia. En cuanto a la distribución geográfica de profesionales en especialización según campos de conocimiento de los programas de postgrado, cabe destacar que todos los profesionales del grupo de análisis especializándose en ciencias agrícolas (20% de todos los profesionales en especialización) se encuentran atendiendo programas en el hemisferio sur (Australia y Nueva Zelanda), predominando los programas de postgrado en ciencias técnicas en Oceanía; mientras que en el hemisferio norte (Europa y el resto de América) los estudios de postgrado predominantes son los programas en ciencias naturales y en ciencias sociales.

Respecto a los becarios especializándose en Chile en temas relacionados con recursos hídricos, destaca la Universidad de Concepción con la mayor cuota (27%). Esta posición se explica principalmente por el programa de Doctorado en Ciencias Ambientales, con mención en sistemas acuáticos continentales, que imparten el Centro EULA-UdeC; este programa es el más cursado a nivel nacional, con un 15% de los profesionales en especialización en Chile. Le siguen, la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile, con un 22% de los becarios cada una. La concentración en tres universidades del país se podría explicar por la existencia de un efecto de acumulación, que en este caso implica que los postulantes a programas de postgrado otorgan un reconocimiento muchísimo mayor a las universidades más antiguas, más grandes y/o más prestigiosas, que a otras universidades.

4.2 Capacidades científicas

En esta sección presentamos las capacidades científicas que hemos identificado en el *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos (SNI-RH)*. De acuerdo a los términos de referencia, las capacidades de este tipo que son de interés se refieren a: i) líneas de investigación, producción e impacto científico de los especialistas individualizados; ii) trabajos de tesis, congresos y estudios; iii) programas de formación y especialización relacionados con recursos hídricos en Chile.

De acuerdo al breve marco conceptual discutido al comienzo de este capítulo, en este contexto *capacidades científicas* se refiere a recursos que poseen los actores institucionales del Sistema. De este modo, líneas de investigación, producción e impacto científico, así como programas de formación y especialización estrictamente no corresponden a capacidades en el sentido de recursos que poseen los actores institucionales del Sistema para realizar actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico y/o innovación, sin embargo, estas variables evidencian la existencia de capacidades científicas que poseen estos actores, y por ende su inclusión y análisis se consideraron relevantes para los fines de este trabajo

4.2.1 Producción científica de los investigadores identificados

En esta sección presentamos la caracterización de la producción científica de los especialistas que hemos identificado en el marco del presente trabajo.

A. Alcance metodológico

Para determinar y caracterizar la producción y el impacto científico, hemos realizado un análisis bibliométrico utilizando dos bases de datos bibliográficos de prestigio internacional: *Scopus* y *Web of Science*¹⁵. En este contexto es importante recordar que la mayor parte de los trabajos de los especialistas fuera del ámbito académico no son publicados en revistas de corriente principal, por lo que su productividad e impacto no son visibles con este tipo de métrica. Por esta razón, en el análisis de las líneas de investigación, la producción científica, así como el impacto científico a través de las bases de datos mencionadas, sólo consideramos académicos.

Para identificar la producción científica hemos utilizado como base a los actores nacionales del ámbito académico, los que en total suman 354. Por cada uno de ellos, hemos realizado un trabajo sistemático de búsqueda de sus publicaciones entre los años 2010 – 2015, utilizando para ello el código identificador por autor que tiene a disposición la base de datos de Scopus. En lo que sigue sólo usamos el término *investigador* para un académico que cuente con publicaciones en revistas de corriente principal.

Luego de identificar la producción científica, hemos seleccionado, del total de publicaciones, sólo aquéllas relacionadas con el estudio de los recursos hídricos, así como revisado que la asignación de publicaciones a autores sea la correcta. Esta etapa es importante ya que, si bien los actores individuales que hemos identificado se dedican a la investigación en materia de recursos hídricos, sus temas de investigación pueden cubrir otras áreas de estudio.

A nivel analítico, para la identificación y caracterización de la línea de investigación principal de los investigadores identificados hemos trabajado en base a la información de clasificación disponible en las bases de datos de publicaciones utilizadas; luego hemos realizado un ejercicio de traducción de estas líneas de investigación a las categorías de las principales dimensiones de estudio de los recursos hídricos, así como también al Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS; finalmente, en base a la frecuencia en que estas líneas de investigación se presentan para el total de publicaciones, observamos su distribución.

Para caracterizar la producción científica de los investigadores identificados, trabajamos sobre el total de publicaciones por autor relacionadas con recursos hídricos, para el tramo de años 2010 – 2015, separando las publicaciones por el tipo de indexación. Luego analizamos la distribución en de las publicaciones en el tiempo y por autores, para determinar los investigadores identificados con mayor relevancia dentro del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*.

¹⁵ Esta selección se justifica ya que la base de datos Scopus posee mayor nivel de generalidad que Web of Science, dado que incorpora tanto publicaciones ISI como aquéllas pertenecientes a otras indexaciones. Sin embargo, a pesar de que la base de datos Web of Science considera sólo publicaciones ISI, esta base de datos entrega mayor detalle en cuando a la información referente a la temática de las publicaciones, lo que no ocurre para el caso de la base de datos de Scopus.

En el caso del impacto de la producción científica de los investigadores identificados, analizamos el Impacto por Publicación (IPP)¹⁶ de las publicaciones realizadas por los investigadores identificados, así como el número de citaciones que sus publicaciones alcanzan. Decidimos utilizar IPP ya que permite estimar el impacto de un autor para un subconjunto de su trabajo científico, por ejemplo relacionado con recursos hídricos. Con estos datos hemos calculado indicadores de impacto científico agregado y promedio por investigador.

B. Caracterización de la producción científica de los investigadores identificados

A partir de la información recolectada desde publicaciones científicas, hemos obtenido que de los 354 actores del ámbito académico del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*, 226 cuentan con evidencia de ser investigador (64% del total), al haber publicado en una revista científica de alto impacto entre los años 2010 – 2015 un total de 711 artículos en materias de recursos hídricos. De éstos, a través de la base de datos Web of Science hemos identificado las publicaciones en revistas ISI entre los años 2010 – 2015, identificando un total de 539 publicadas por 179 investigadores. En esta sección presentamos la caracterización de estos resultados en términos de: 1) la producción científica propiamente tal, 2) el impacto científico de los autores respectivos y 3) las relaciones temáticas entre las publicaciones científicas en materia de recursos hídricos.

1. Caracterización de la producción científica

Para caracterizar la producción científica de los investigadores del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*, tomamos las 711 publicaciones identificadas para su análisis en términos de producción científica por: i) campo científico-tecnológico; ii) año de publicación y iii) autor. En base a esto, observamos la forma en que se distribuye y/o concentra esta producción dentro del Sistema.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR PRINCIPALES DIMENSIONES DE ESTUDIO

Debido a que la mayor parte de la producción científica asociada al estudio de los recursos hídricos es de carácter multidisciplinar, la producción científica de los investigadores nacionales no necesariamente se enfoca en una sola línea o área de investigación, por lo que hemos asociado a cada publicación una o dos categorías (cuando corresponde) de la taxonomía presentada en la Sección 2.4, a saber: i) *Estudio del Recurso Hídrico*; ii) *Ciencias y Tecnologías Afines*; iii) *Gestión y Usos del Recurso Hídrico*; iv) *Recursos Hídricos y Medioambiente*; v) *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano*; vi) *Recursos Hídricos y Educación*; vii) *Legislación y Política de Recursos Hídricos*; viii) *Cambio Global*. En base a este ejercicio, obtenemos un total de 936 clasificaciones.

De los resultados obtenidos de las publicaciones y de los autores nacionales identificados en materias de recursos hídricos, hemos encontrado evidencia de líneas de investigación en base a publicaciones científicas a nivel internacional en siete de las ocho categorías de la taxonomía mencionada, tal como se aprecia en la Figura 4.14. Así, la categoría *Estudio del Recurso Hídrico* corres-

¹⁶ El Impacto por Publicación (IPP) es un indicador elaborado por la Universidad de Leiden por encargo de Scopus, equivalente al Factor de Impacto de Thomson Reuters. Este indicador mide el cociente de citas por artículo publicado en una revista; se calcula dividiendo el número de citas recibidas en un año por los artículos publicados en una determinada revista los tres años anteriores, por el número total de artículos académicos publicados en esos mismos tres años.

ponde a la principal línea de investigación de los actores nacionales, con un 38% del total (lo que equivale a un total de 353 clasificaciones). En segundo lugar, se encuentra la categoría *Gestión y usos del Recurso Hídrico* con un 23% del total (221 clasificaciones) y en tercer lugar se encuentra la categoría *Recursos Hídricos y Medioambiente* con un 19% (175 clasificaciones). Estas tres categorías concentran el 80% del total de asignaciones, lo que evidencia una alta concentración temática en las publicaciones científicas por parte de los investigadores nacionales.

En un menor nivel de relevancia en cuanto a enfoque de las publicaciones científicas a nivel internacional se encuentran las categorías *Ciencias y Tecnologías Afines* con un 12% del total (114 clasificaciones), *Cambio Global*, con un 4% (35 clasificaciones), *Legislación y Política de Recursos Hídricos* con un 2% (20 clasificaciones) y *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano*, con 2% (18 clasificaciones). Finalmente, no hemos encontrado publicaciones científicas internacionales enfocadas al tema *Recursos Hídricos y Educación*.

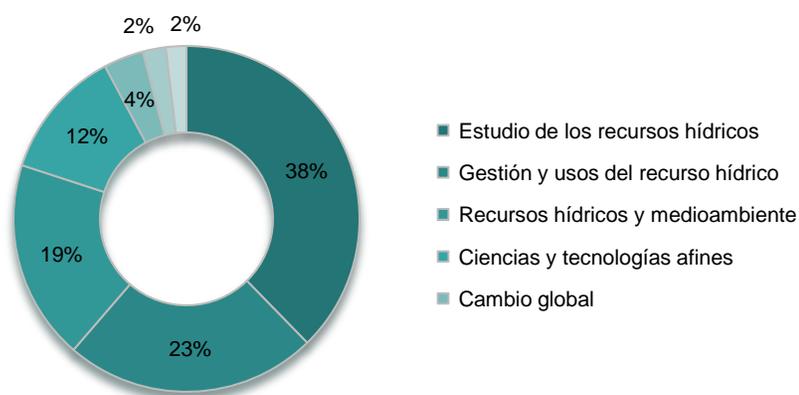


Figura 4.14. Cuotas de participación de las principales dimensiones de estudio de los recursos hídricos de los investigadores residentes en Chile. Elaboración propia.

Uno de los aspectos que podemos relevar de lo anterior es el peso que se evidencia por parte del *Estudio del Recurso Hídrico*, en tanto categoría, dimensión enfocada principalmente a estudiar los procesos físicos asociados al agua. Además, la *Gestión y usos del Recurso Hídrico* se encuentra en segundo lugar de relevancia, lo cual refleja el nivel de importancia que tiene el manejo eficiente del recurso en distintas áreas productivas del país dentro de la producción científica nacional. Otro de los puntos que nos parecen destacables es el espacio que han ido ganando, lentamente, categorías que consideran aspectos sociales y/o culturales dentro del estudio de los recursos hídricos, siendo el caso de las categorías *Legislación y Política de Recursos Hídricos* y *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano*, las cuales parecen fundamentales para comprender problemáticas y conflictos socio-naturales referidos al recurso hídrico. Sin embargo, nos parece preocupante la ausencia de la categoría *Recursos Hídricos y Educación*, al ser ésta uno de los pilares en base a la cual construir un país sostenible con respecto a recursos hídricos, y sobre todo a la divulgación de los conocimientos adquiridos con respecto a éstos, siendo su desarrollo un desafío a tener en cuenta a futuro.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR CAMPO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO

Junto con la clasificación en base a la taxonomía basada en las principales dimensiones de estudio de los recursos hídricos, también es relevante observar la distribución de la producción científica en base a los campos científico-tecnológicos basados en la taxonomía ÖFOS. A continuación, presentamos la línea principal de investigación de los investigadores identificados, utilizando el Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS. Como podemos observar en la

Figura 4.15 el campo más frecuente de las líneas de investigación principales de los investigadores residentes en Chile trabajando en el ámbito de recursos hídricos es Ciencias Naturales, concentrando un 61% del total de líneas de investigación, es decir cerca de dos tercios del total. Por su parte, las Ciencias Técnicas aparecen en segundo lugar de relevancia, aunque bastante más abajo que la categoría anterior, con una concentración del 19% de las líneas de investigación principales, seguida de cerca, en tercer lugar, por las Ciencias Agrícolas, con una participación del 18% del total de líneas de investigación principales. Finalmente, observamos que las Ciencias Sociales cuentan con una participación marginal dentro de las principales líneas de investigación de los investigadores residentes en Chile, con una concentración del 2% sobre el total.

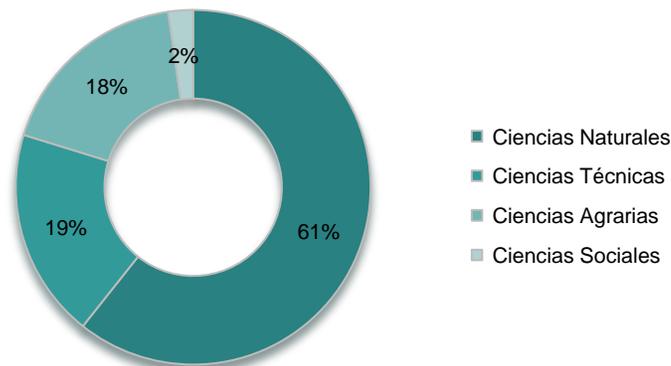


Figura 4.15. Cuota de participación de los campo científico-tecnológicos de la línea de investigación principal de los investigadores residentes en Chile en materia de recursos hídricos, según Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS. Elaboración propia

Uno de los aspectos que podemos relevar de lo anterior es el peso que se evidencia por parte de las Ciencias Naturales dentro del estudio de los recursos hídricos, las cuales se enfocan principalmente a estudiar el agua en tanto fenómeno físico como la principal área dentro de las líneas de investigación principales. Además, las Ciencias Técnicas también ocupan un lugar relevante, lo cual refleja el nivel de importancia que éstas tienen dentro de la producción científica nacional, así como su consolidación, siendo también relevantes dentro del estudio de la *Gestión y usos del Recurso Hídrico*, lo cual también se encuentra asociado con las Ciencias Agrícolas, de ahí el nivel similar de relevancia entre ambas categorías.

Por otra parte, también cabe destacar la falta de relevancia por parte de las Ciencias Sociales, considerando que algunas disciplinas derivadas de este campo científico-tecnológico son fundamentales para comprender recursos hídricos de una manera holística, y a su vez con la multidiscipli-

plinariedad necesaria. Por lo mismo, evidenciamos que la importancia de este campo no ha pasado de ser solo un aspecto emergente, requiriendo esfuerzos para suplir esta brecha.

Finalmente, otro de los aspectos a mencionar es el nulo nivel de subdesarrollo para el estudio de los recursos hídricos de áreas científico-tecnológicas que se asocian al abordaje de las Ciencias Médicas, cuya presencia es inexistente dentro de esta distribución. Este es otro aspecto que buscamos destacar, ya que el abordaje desde este campo permitiría estudiar el recurso hídrico bajo una perspectiva de salud pública, íntimamente ligada al estudio del recurso hídrico en su relación con el desarrollo humano. Consideramos que esta igual es una brecha, la cual se vuelve necesaria de abordar en base a la potencial focalización de estudios futuros.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR AÑO DE PUBLICACIÓN

Para caracterizar el total de publicaciones científicas identificadas (N=711), en la Figura 4.16 mostramos la evolución en el número de publicaciones durante los años de estudio considerado, diferenciando por tipo de indexación. Desde acá podemos observar un aumento en la producción científica en materia recursos hídricos entre los años 2010 y 2012, para luego presentar una leve bajada en el tramo de años 2013, subiendo nuevamente entre los años 2014 y 2015, alcanzando el máximo de publicaciones con indexación ISI dentro de los años en estudio. El número total de publicaciones en el año 2015 llegó hasta las 128, lo que representa un aumento de un 22% con respecto a la producción científica en materia de recursos hídricos del año 2010, que fue de 105 publicaciones.

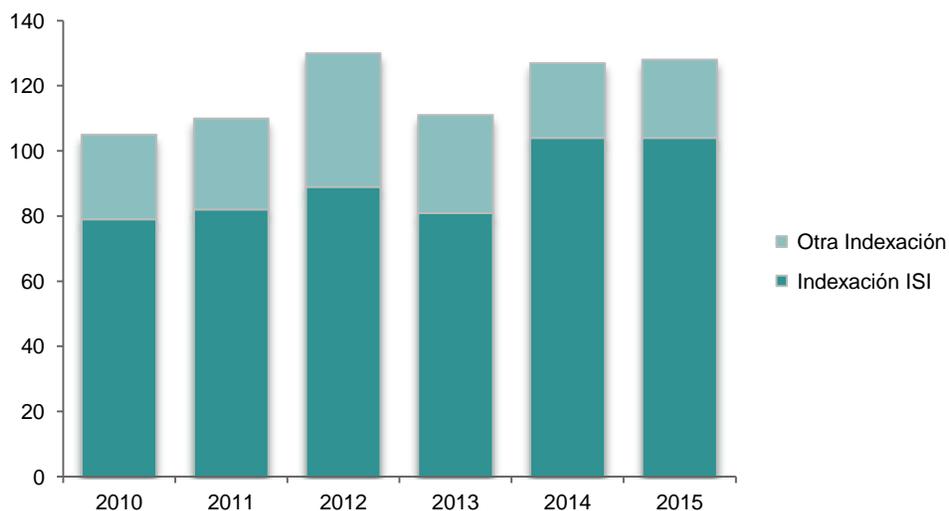


Figura 4.16. Número de publicaciones científicas, distribuidas tipo de indexación entre 2010 – 2015 (N=711). Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR AUTOR

Como parte de esta caracterización, también consideramos los investigadores de las publicaciones identificadas. En términos generales, los 226 investigadores identificados acumulan un total de 711 publicaciones científicas; si consideramos a cada publicación de manera independiente en base a su autoría, tenemos así un total de 1.097 asignaciones por autor a publicaciones científicas. Esto deja que, en promedio, un investigador tiene una producción cercana a los 5 artículos cada uno en

el periodo 2010 – 2015, lo cual consideramos que es una producción de un nivel bajo, por significar menos de una publicación al año, en el periodo de años en análisis.

En lo que sigue, nos centramos en el desempeño del grupo de 25 investigadores que concentran cerca del 43% de las publicaciones identificadas del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*. En la Figura 4.17 mostramos la producción científica de estos autores en el periodo 2010 – 2015. Al analizar la producción promedio de este grupo, en comparación con el resto, observamos que la diferencia es significativa: los 25 investigadores principales tienen una producción promedio de 19 publicaciones cada uno, mientras que los otros 201 investigadores tienen una producción promedio de 3 publicaciones en el periodo 2010 – 2015.

Esta información se distribuye en una proporción bastante similar, sólo al considerar las publicaciones que cuentan con indexación ISI. Al analizar la producción de mayor calidad en este grupo de autores, en comparación con el resto, observamos que la diferencia se mantiene significativa: los 25 investigadores principales tienen una producción promedio de 15 publicaciones ISI cada uno, mientras que los otros 201 investigadores una producción promedio de 2 publicaciones en el periodo 2010 – 2015.

Uno de los aspectos interesantes a resaltar acá, es que el número total de publicaciones no se encuentra siempre directamente correlacionado con el número de publicaciones científicas con indexación ISI; por lo general, a mayor número de publicaciones, también es mayor el número de publicaciones publicadas en revistas con el más alto nivel de indexación, pero existen casos en donde esto no ocurre, como por ejemplo con María Molinos, quien es la que se encuentra en primer lugar con publicaciones de mayor calidad; u otros casos de investigadores que cuentan con menor cantidad de publicaciones científicas, pero todas ellas publicadas en revistas de alta calidad, como por ejemplo Roberto Pizarro, Francisco Suárez o Enrique Hauenstein. En términos generales, de los investigadores principales, la mayoría cuenta con un alto nivel de indexación, lo que dice relación con la alta calidad científica de la producción científica en análisis.

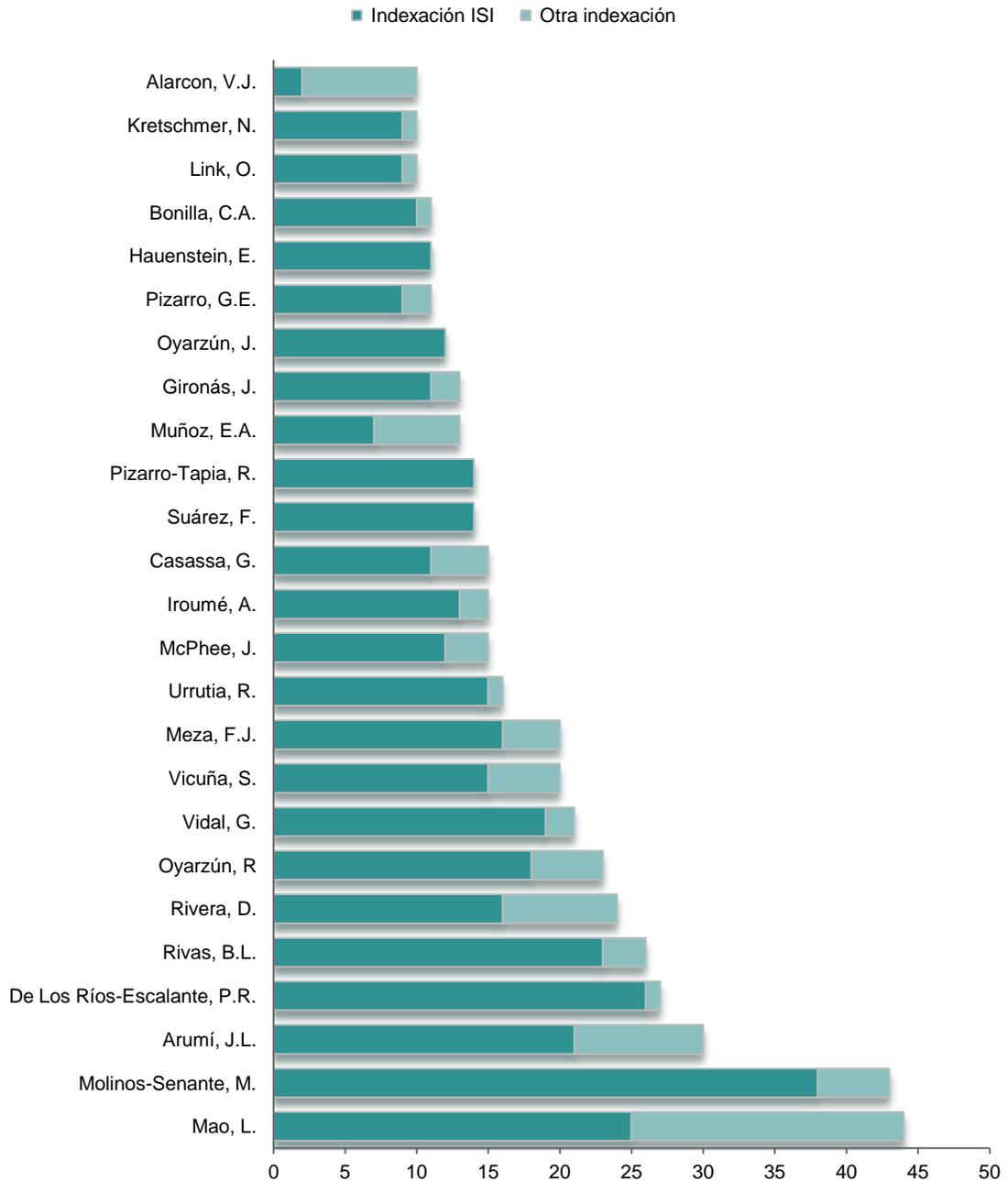


Figura 4.17. Producción científica de los 25 investigadores más productivos en el periodo 2010 – 2015 por tipo de indexación. Elaboración propia

Otros aspectos relevantes de analizar referido a la producción científica por autor, es la afiliación de los investigadores identificados en el Sistema, así como su distribución geográfica. Un primer acercamiento está relacionado con las instituciones que acogen a los investigadores del *Sistema Na-*

cional de Innovación en materia de Recursos Hídricos, observando así cuáles son las más destacadas a nivel nacional. De la

Figura 4.18 podemos verificar que un total de 10 instituciones concentra el 87% del total de producción científica en el periodo en estudio. Además, vemos claramente que, de estas 10 entidades, 3 concentran la mayor parte de producción científica del SNI-RH, con la Universidad de Concepción teniendo un total de 248 publicaciones (23%), la Pontificia Universidad de Chile con un total de 247 publicaciones (23%), y la Universidad de Chile con un total de 137 publicaciones (12%).

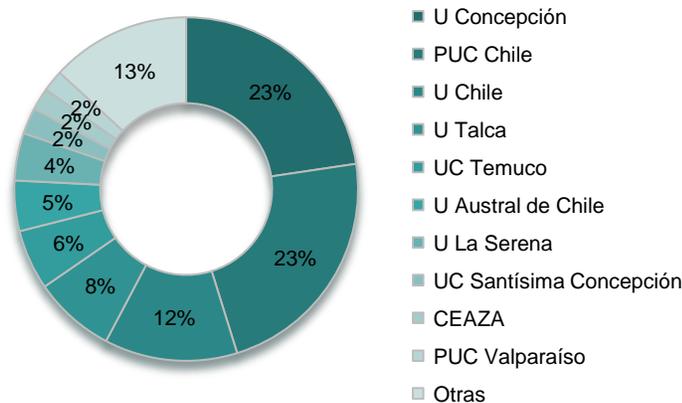


Figura 4.18. Cuotas de participación de las entidades de afiliación de los investigadores residentes en Chile en materia de recursos hídricos con publicaciones científicas en el periodo 2010 – 2015. Elaboración propia

Los resultados mostrados en el gráfico anterior son, a primera vista, esperados; las instituciones con la mayor producción científica son en su mayoría universidades de investigación tradicionales. Pese a ello, nos preguntamos si existe una variable que permita explicar estos resultados en forma más sistemática. En la Figura 4.19 mostramos la relación entre el número de publicaciones y el número de doctorados por entidad. De acá es posible confirmar que la correlación mencionada es bastante alta, ya que el número de doctorados en una entidad explica en un 90% el número de publicaciones. Además, también es posible observar que la relación entre las variables no es lineal: entidades con menos de veinte investigadores presentan prácticamente el mismo nivel de producción científica, sin embargo, a partir de una determinada masa crítica de investigadores la producción científica aumenta en forma sobreproporcional.

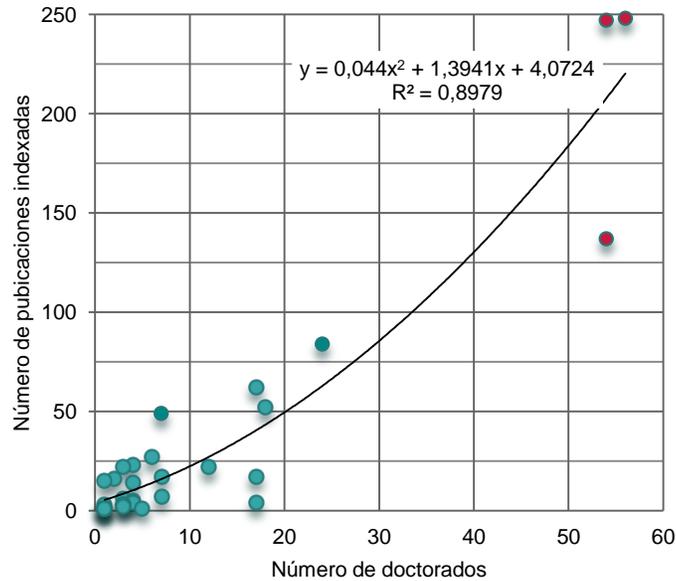


Figura 4.19. Modelo de regresión lineal para explicar la producción científica de acuerdo al número total de doctorados por institución académica. Elaboración propia

Para complementar la información anterior también podemos observar la distribución regional de los autores de las publicaciones científicas identificadas. Como mostramos en la Figura 4.20 (a), queda clara la relevancia de dos regiones por sobre las demás: la Región Metropolitana es en la cual se concentra la mayor cantidad de producción científica, con un total de 445 publicaciones científicas con autores en esta región, es decir, por sí sola, concentra un 41% de la producción científica del país. Por su parte, la Región del Biobío, aunque a mucha distancia de la Región Metropolitana, también tiene un lugar destacado dentro del escenario nacional, con un total de 276 publicaciones científicas con autores en esta región, concentrando así un 25% de la producción nacional. Sin embargo, a partir de la Figura 4.20 (b), podemos observar que al considerar la producción científica por millón de habitantes destaca la Región de Los Ríos con 182 publicaciones científicas con autores en esta región por millón de habitantes. Le siguen las regiones del Biobío, Aysén y Coquimbo con 130, 128 y 114 publicaciones científicas con autores en estas regiones por millón de habitantes, respectivamente.

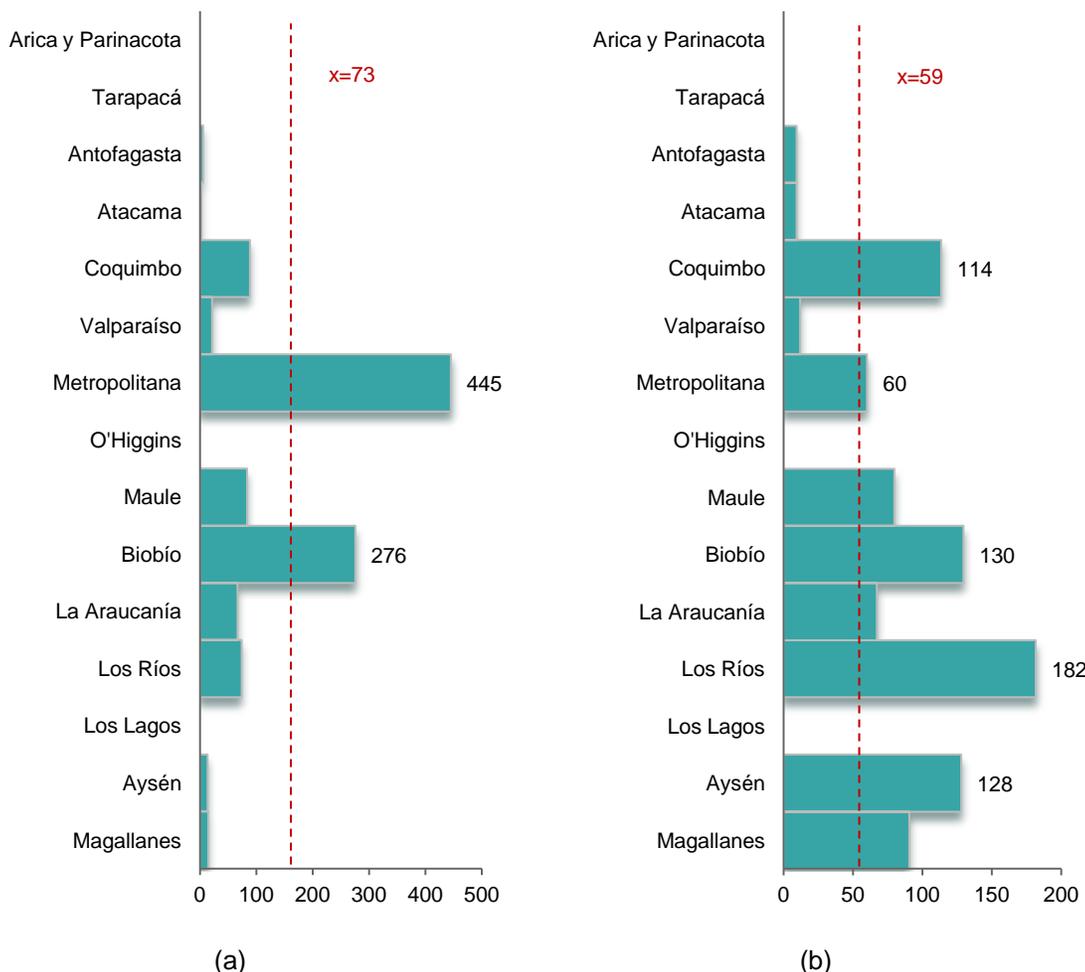


Figura 4.20. Distribución regional de publicaciones científicas de los investigadores con mayor producción en el periodo 2010 – 2015: a) cantidad absoluta, (b) cantidad por millón de habitantes. Elaboración propia

2. Impacto científico de los investigadores

En conjunto con lo anterior, otra dimensión relevante para la caracterización de la producción científica de los investigadores identificados en el *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*, es el impacto científico que han alcanzado estos investigadores con sus publicaciones. Para ello analizamos como indicadores el Impacto por Publicación (IPP), así como el número de citaciones que alcanzan sus publicaciones.

IMPACTO POR PUBLICACIÓN

El Impacto por Publicación (IPP) depende de las revistas en las cuales hayan publicado los investigadores identificados. En la Figura 4.21 presentamos aquellas revistas que cuentan con el mayor indicador de impacto (IPP) entre las que publican los investigadores residentes en Chile en materia de recursos hídricos. Desde acá podemos observar que, de las 23 principales revistas, la gran mayoría se encuentra en el campo de las Ciencias Naturales, mientras que algunas clasificarían dentro del campo de las Ciencias Agrícolas. Además, también observamos que estas revistas con ma-

yor IPP tienden a tener indicadores similares, concentrándose en lo que podríamos decir un impacto bajo al compararlos con el IPP de revistas de relevancia internacional como Science o Nature, con indicadores de 32,08 y 26,39 respectivamente. De las revistas identificadas, la que tiene el mayor IPP de las revistas en cuestión es la *Annual Review of Environment and Resources*, con indicador de 6,58. El resto de estas revistas con mayor indicador se concentra entre el indicador 5,44 y el 3,55, mientras que las que quedan fuera de este listado llegan hasta el valor 0.

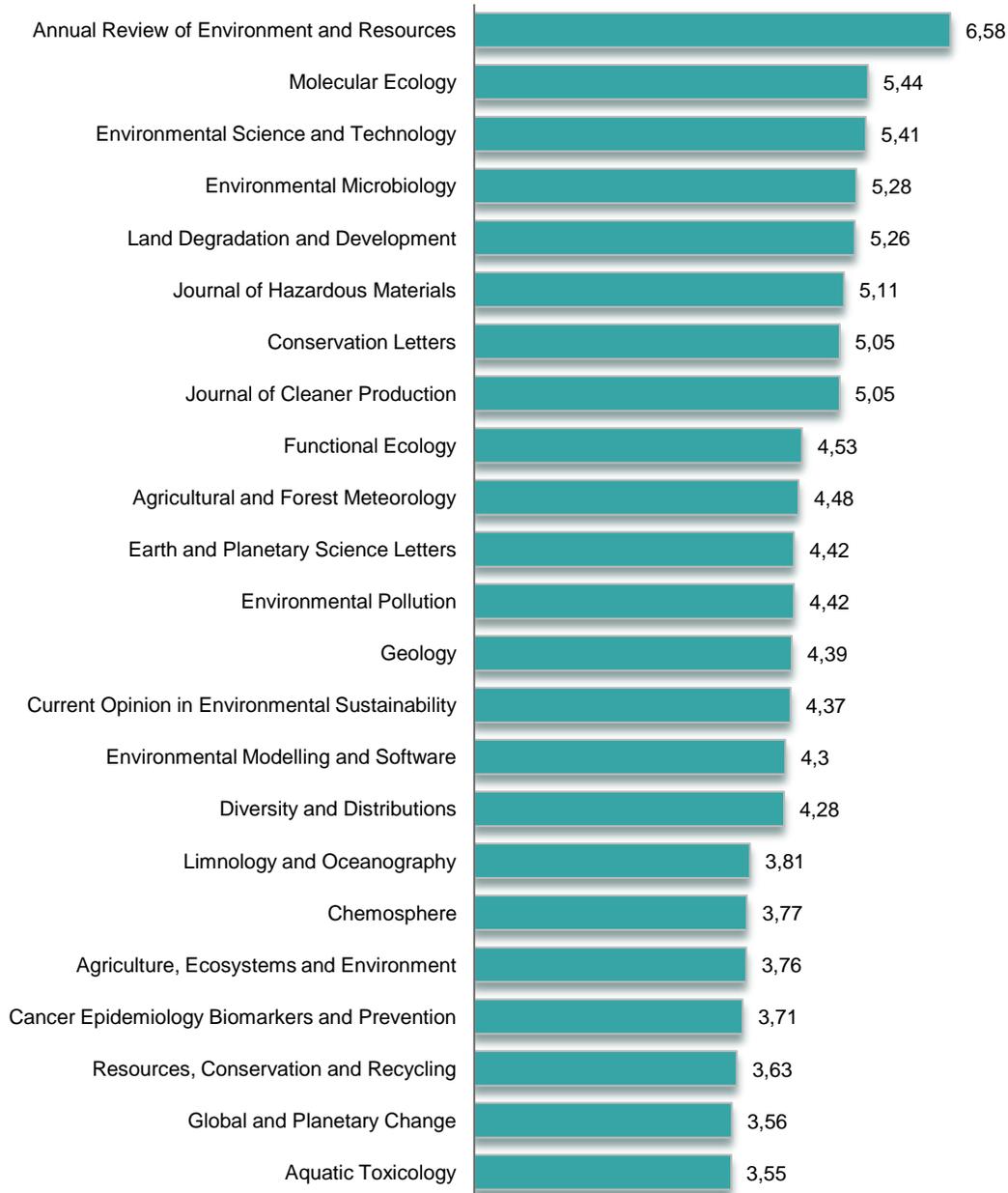


Figura 4.21. Revistas con mayor indicador de impacto (IPP) en las que publican los investigadores identificados. Elaboración propia

IMPACTO AGREGADO Y CITACIONES POR AUTOR

Otro indicador importante para medir el impacto científico de los investigadores del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos* por sus publicaciones directamente relacionadas con el estudio de los recursos hídricos, es la cantidad de citas que tienen. Mientras mayor es el número de citas que tiene un trabajo, mayor es el impacto de este.

A modo general, los 226 investigadores identificados acumulan un total de 7.162 citaciones, lo que deja en promedio por cada investigador 32 citaciones. Concentrándonos en los 25 investigadores con mayor producción científica, observamos que la diferencia es significativa: estos 25 investigadores principales acumulan el 44% de las citaciones, mientras que los otros 201 autores acumulan el 56%.

Para analizar el impacto científico, en la Figura 4.22(a) mostramos el Impacto por Publicación agregado, en tanto que en la Figura 4.22(b) mostramos las citaciones agregadas de las publicaciones de los 25 investigadores con mayor producción científica presentados anteriormente. Solo identificamos 3 investigadores con un impacto agregado sobre 60 puntos en la suma de Impacto por Publicación; un grupo compuesto por 7 investigadores que tienen un puntaje sobre 30 hasta 60 puntos en la suma de Impacto por Publicación; finalmente un grupo de bajo impacto compuesto por 15 investigadores, con menos de 30 puntos en la suma de Impacto por Publicación.

Con respecto a las citaciones, identificamos un primer grupo que concentra más de 200 citaciones cada uno, en donde se identifican 4 investigadores, de los cuales uno destaca de sobremanera por concentrar más de 600 citas, y otro, un poco más bajo, destaca por concentrar más de 400 citas; un segundo grupo compuesto por aquellos que concentran entre 100 y 200 citaciones, compuesto por un total de 6 investigadores; y un tercer grupo compuesto por aquellos que concentran menos de 100 citaciones, alcanzando un total de 15 investigadores. En términos generales, tanto en relación con el impacto agregado y las citaciones de la producción científica, observamos un escenario bastante concentrado.

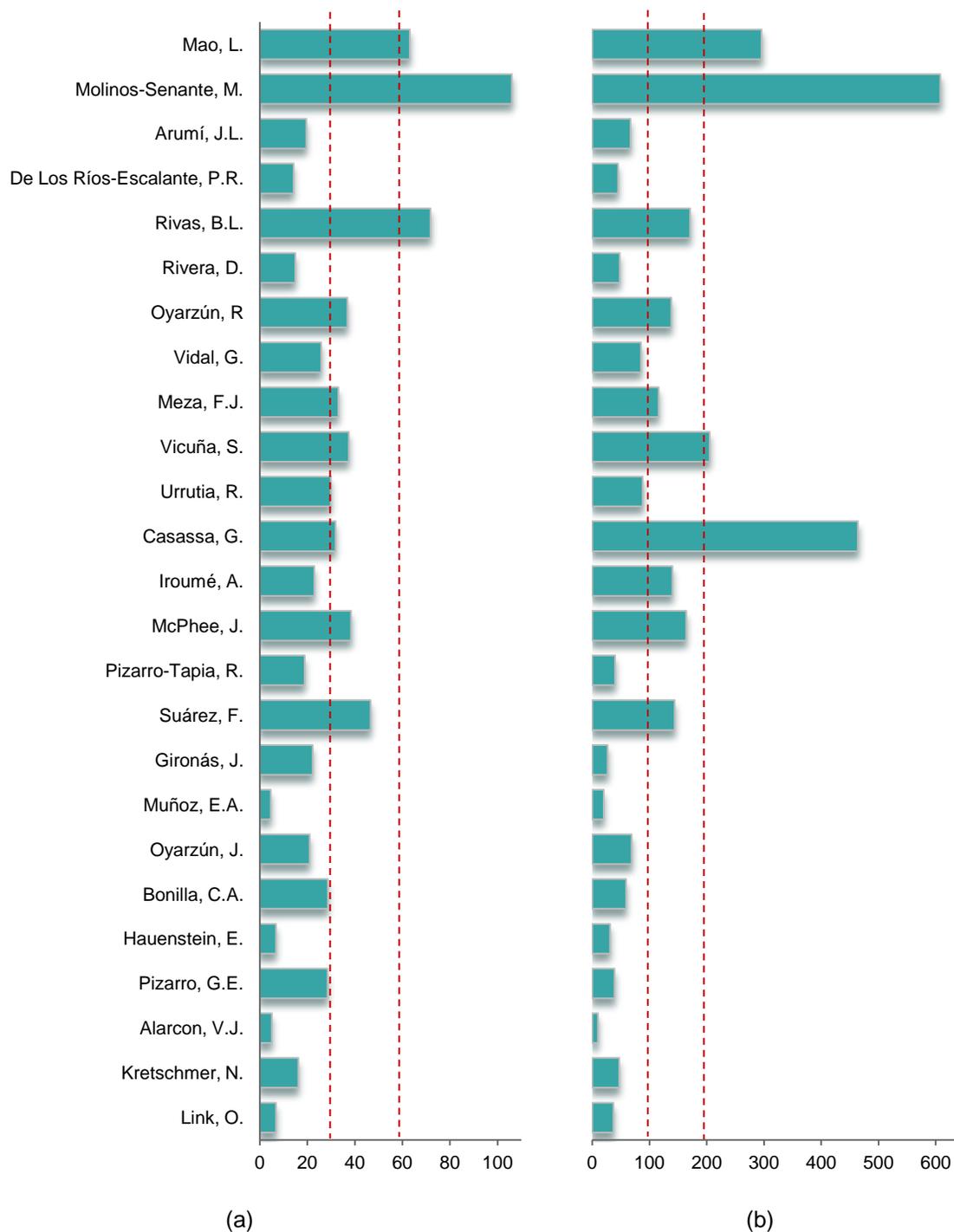


Figura 4.22. Impacto científico de los 25 investigadores con mayor producción científica en el periodo 2010 – 2015, según: (a) Impacto agregado de publicaciones; (b) Citaciones agregadas de publicaciones. Elaboración propia

En la Figura 4.23 mostramos en el eje de las abscisas el Impacto por Publicación de investigadores en tanto que en el eje de las ordenadas las citas recibidas por los autores; el tamaño de los círculos está dado por la producción del autor: mientras más grande el círculo mayor cantidad de publicaciones científicas del investigador. En el caso de la Figura 4.23(a) los datos son los agregados por autor en tanto que en la Figura 4.23(b) los datos son los promedios por autor. En este contexto es importante mencionar que la naturaleza de los indicadores anteriores es diferente: el Impacto por Publicación refiere a las revistas en donde publican los investigadores, en tanto que las citas se refieren a la recepción en la comunidad científica de las publicaciones de un investigador.

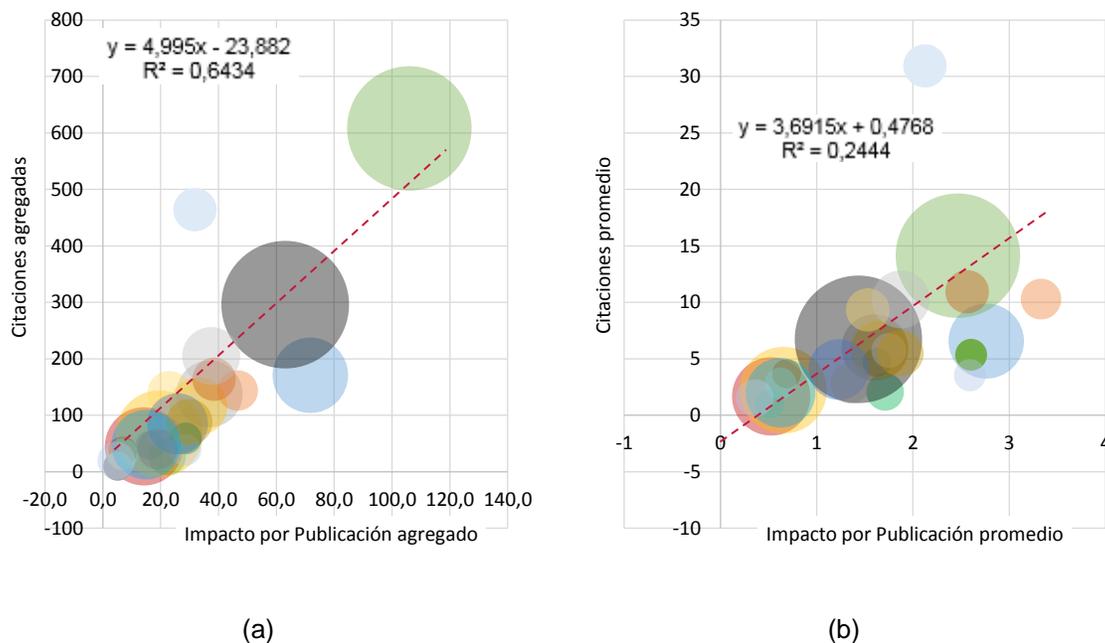


Figura 4.23. Distribución de los 25 investigadores con mayor producción científica en el periodo 2010 – 2015 según Impacto por Publicación vs citas: a) datos agregados, (b) datos promedio. Elaboración propia

De esta forma, un elemento identificable en estos gráficos es la relación directa existente entre citas recibidas y el Impacto por Publicación: en la medida en que los trabajos científicos se publican en revistas de mayor impacto, hay más citas por autor. Esto se puede explicar, primero porque el impacto de las revistas es calculado en base a las citas que reciben los artículos publicados en ellas, y segundo porque al publicar en estas revistas también se goza de mayor visibilidad. Sin embargo, en el caso de los datos agregados por autor el Impacto por Publicación no explica aproximadamente un 36% de la variabilidad del número de citas, situación que se agudiza al analizar los datos promediados por autor, en donde el Impacto por Publicación no explica cerca del 76% de la variabilidad de las citas.

Para el caso de los datos agregados, esta situación la atribuimos a aquellos casos que escapan a la distribución general, por ejemplo, investigadores que cuentan con una producción científica media alta, pero con un impacto agregado medio y un bajo nivel de citas agregadas. Así también,

encontramos un investigador que cuenta con un nivel medio bajo de producción científica, un alto impacto agregado y un nivel alto de citaciones agregadas, es decir, a pesar de contar con un número menor de publicaciones, éstas son de la calidad requerida para ser publicadas en revistas de mayor impacto científico, y también son recepcionadas de manera importante por la comunidad científica a través de las citaciones recibidas. De manera hipotética, el primer caso se podría explicar por un alto nivel de especialización en los temas abordados en las publicaciones, en tanto que el segundo caso se podría explicar en base al trabajo sobre los temas en boga, así como a la trayectoria del investigador. Sin embargo, la identificación de las causas definitivas de estos casos particulares escapa el alcance del presente trabajo.

Para el caso de los datos promediados por investigador, la baja en la capacidad explicativa de la variabilidad la asociamos impacto “real” de este grupo de investigadores en la medida en que IPP y citaciones se ajustan dependiendo del total de cada una de estas variables, en donde sólo destaca un autor por sobre el resto, el cual, a pesar de contar con un nivel de producción medio bajo, cuenta con un Impacto por Publicación promedio de nivel medio, pero una cantidad de citas promedios bastante altas, reflejando el trabajo de temas en boga académicamente, así como la tradición del investigar, como ya fue destacado.

Otro aspecto relevante de analizar referido al impacto científico por autor, es el desempeño de las entidades a las están afiliadas los investigadores identificados en el *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*. En la Figura 4.24 podemos observar el Impacto por Publicación y el número de citaciones de las 10 entidades con mayor producción científica a nivel nacional. De la Figura 4.24 (a) podemos verificar que de estas 10 instituciones, la Pontificia Universidad Católica de Chile es la que acumula publicaciones con mayor Impacto por Publicación y el mayor número de citaciones; le siguen de cerca la Universidad de Concepción y la Universidad de Chile en una situación similar, diferenciándose con respecto a los niveles de producción científica entre ambas. El resto de las entidades tiene un desempeño bastante más bajo.

Por otra parte, en la Figura 4.24 (b) podemos observar el Impacto por Publicación promedio y el número de citaciones promedio de la producción científica de las 10 entidades con mayor producción científica a nivel nacional. En este gráfico podemos ver que la situación anterior cambia sustancialmente para algunas entidades. Por ejemplo, la Universidad de Chile es la entidad con mayor Impacto por Publicación promedio y con un alto número de citaciones promedio; le sigue de cerca la Pontificia Universidad Católica de Chile, con menor impacto y menor cantidad de citaciones promedio, así como la Universidad Austral de Chile, la cual, a pesar de tener un número bastante menor de publicaciones, logra alcanzar niveles de Impacto por Publicación y citaciones promedio similares a los de la Universidad de Chile. Dentro de las 10 entidades con mayor producción científica a nivel nacional, el grupo de universidades que tienen un desempeño medio-alto en cuanto a estos dos indicadores se encuentran la Universidad de Talca, la Universidad de Concepción, disminuyendo su protagonismo dentro de la distribución, la Universidad de La Serena, la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas. En el grupo de universidades con un desempeño medio-bajo en cuanto a Impacto por Publicación promedio y número de citaciones promedio se encuentran solamente la Universidad Católica de la Santísima Concepción, dejando relegada en el nivel bajo en cuanto a Impacto por Publicación promedio y número de citaciones promedio a la Universidad Católica de Temuco. Dentro de esta distribución llama la atención la relevancia que adquieren entidades con niveles medios y bajos de producción

científica al ajustar por la cantidad de publicaciones por entidad, lo cual habla de un nivel de impacto “real” relevante por cada una de estas.

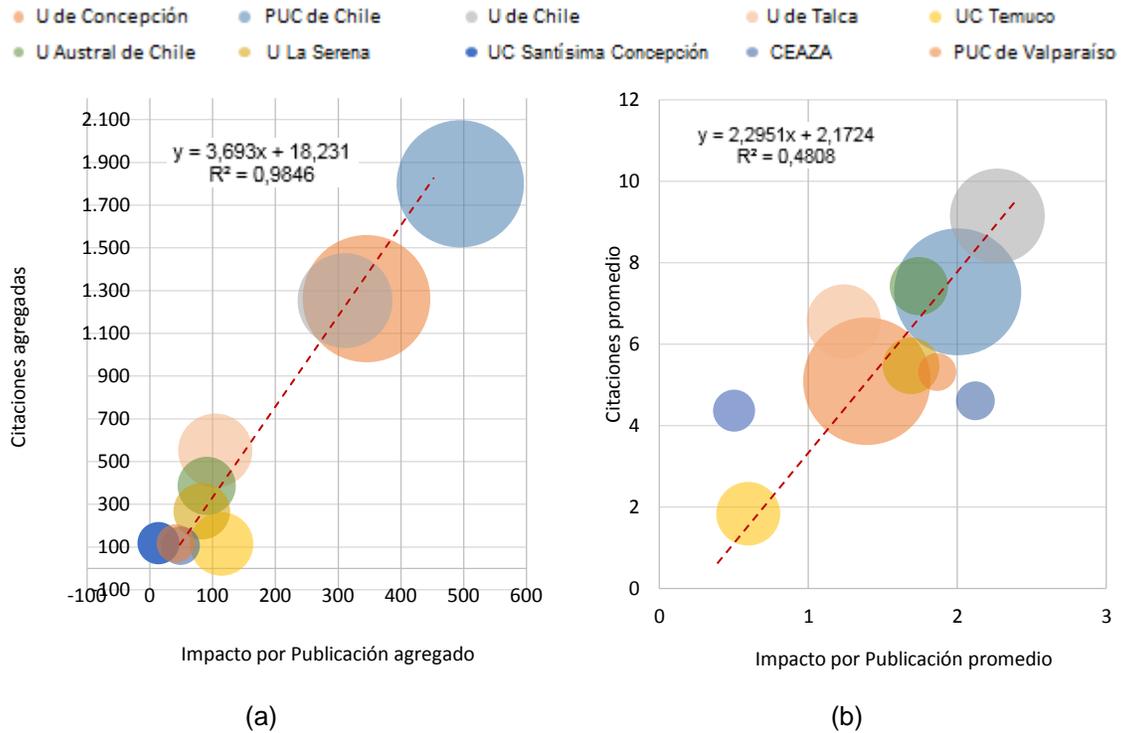


Figura 4.24. Distribución de las 10 entidades con los investigadores con mayor producción científica en el periodo 2010 – 2015 según: Impacto por Publicación vs citas: a) datos agregados, (b) datos promedio. Elaboración propia

3. Relaciones temáticas entre las publicaciones científicas en materia de recursos hídricos

El análisis de las publicaciones científicas identificadas para el período 2010 – 2015 y clasificadas de acuerdo a la taxonomía elaborada en base a las principales dimensiones de estudio de los recursos hídricos, nos permite identificar cómo se relacionan las dimensiones entre sí en la investigación desarrollada por los autores nacionales. Para ello, nos apoyamos de la técnica del Análisis de Redes Sociales, a través de la cual es posible conocer la estructura general de una red, de modo de profundizar en su composición y las interacciones entre los diversos componentes de un sistema.

En la representación gráfica de las redes que presentamos a continuación, los nodos representan a cada una de las principales dimensiones de estudio y su tamaño varía en función del número de publicaciones que se han clasificado en cada una. En tanto, las aristas que unen cada par de nodos representan la vinculación entre dos dimensiones y su grosor varía en función de la frecuencia o cantidad de veces en que dichas dimensiones se vinculan a través de una publicación.

Bajo este escenario, la Figura 4.25 muestra la relación entre las dimensiones de estudio para el total de publicaciones identificadas de autores en Chile (N=711). A partir de ella podemos notar que, de acuerdo al volumen de publicaciones científicas identificadas en el período de análisis, el

estudio de los recursos hídricos en Chile se concentra en cuatro dimensiones, estrechamente vinculadas entre sí, a saber: *Estudio del Recurso Hídrico*, *Gestión y usos del Recurso Hídrico*, *Recursos Hídricos y Medioambiente* y *Ciencias y Tecnologías Afines*. En tanto, las publicaciones en las dimensiones *Cambio Global*, *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano* y *Legislación y Política de Recursos Hídricos* presentan un menor volumen de publicaciones y sus conexiones con las dimensiones más relevantes son también débiles. Especial mención merece la dimensión *Recursos Hídricos y Educación* que no registra publicaciones, como se muestra al comienzo de esta sección y, por lo tanto, no forma parte de la red.

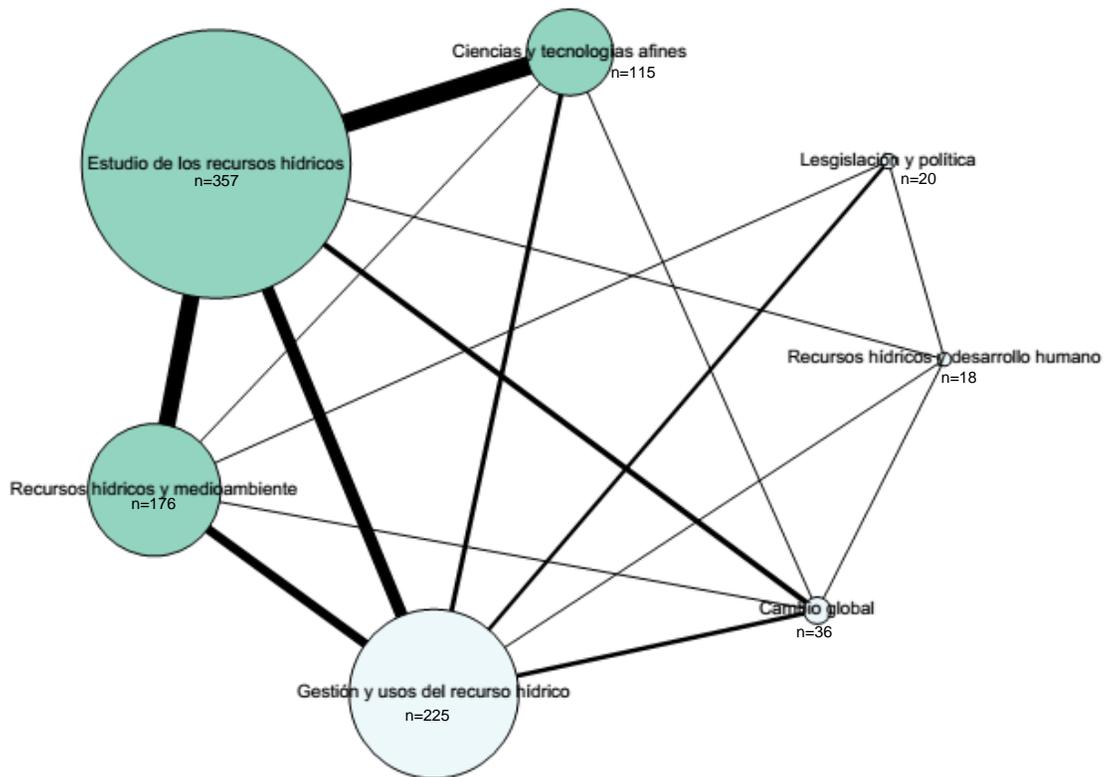


Figura 4.25. Relaciones entre las principales dimensiones de estudio para las publicaciones científicas de autores en Chile en el periodo 2010 – 2015. Elaboración propia.

La descomposición de esta red en macrozonas geográficas¹⁷ nos permite identificar los ámbitos de especialización de la producción científica en cada una de las macrozonas. Para ello, considera-

¹⁷ Las macro zonas geográficas responden a la organización de la Red de Investigación en Recursos Hídricos, constituida en el contexto de la Comisión de Investigación, Desarrollo e innovación (I+D+i) para la Sostenibilidad de recursos hídricos, organizada por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID).

mos los datos de publicaciones registradas en el período de análisis, distribuidos por macrozona, según el detalle presentado en la Figura 4.26.

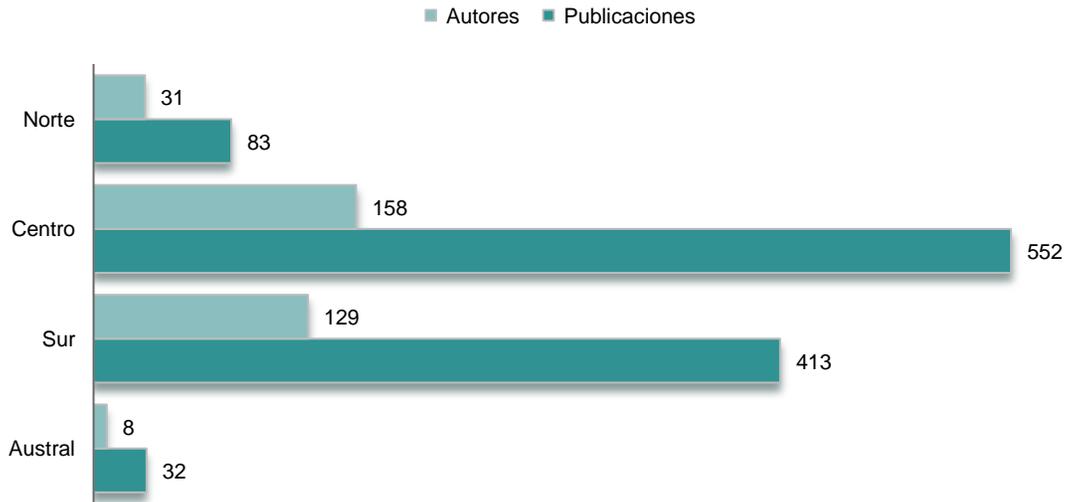


Figura 4.26. Distribución del número de publicaciones y autores identificados en el periodo 2010 – 2015, según macrozona. Elaboración propia.

En términos generales, en la Figura 4.27 mostramos la contribución de cada macrozona al total de publicaciones clasificadas por categoría de la taxonomía elaborada. En esta figura podemos notar que la **macrozona centro** tiene una participación relevante sobre el total de publicaciones en todas las categorías de la taxonomía, a excepción de *Recursos hídricos y medioambiente*, donde destaca la participación de la **macrozona sur**. Por su parte, la **macrozona sur** tiene también contribuciones relevantes en las categorías *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano*, *Gestión y usos del Recurso Hídrico*, *Ciencias y Tecnologías Afines* y *Estudio del Recurso Hídrico*.

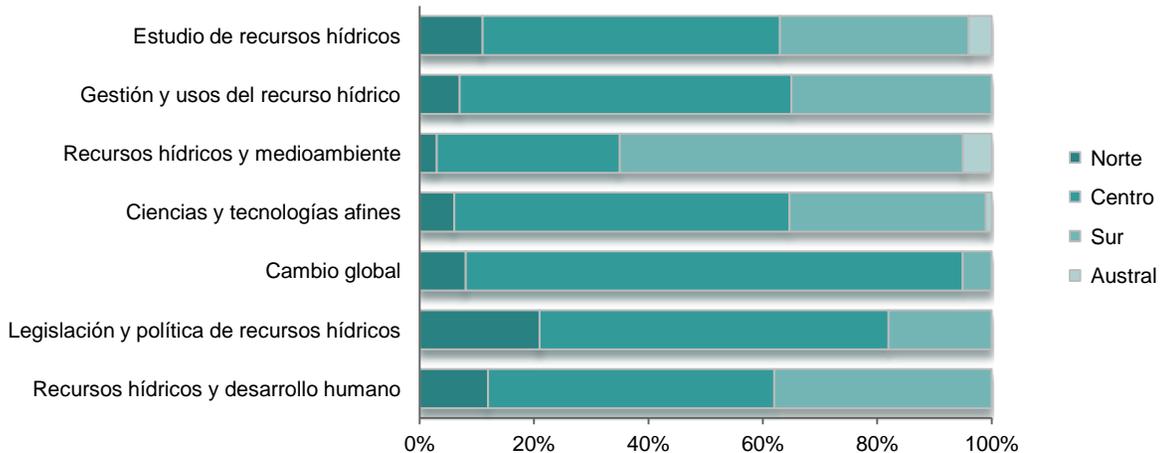


Figura 4.27. Distribución del total de publicaciones identificadas para las principales dimensiones de estudio, según macrozona. Elaboración propia.

A continuación, presentamos un análisis detallado de los resultados por macrozona, particularmente en lo que respecta a las vinculaciones entre las categorías de la taxonomía propuesta.

MACROZONA NORTE

En el caso de la macrozona norte, comprendida entre las regiones de Arica y Parinacota y Coquimbo, contabilizamos un total de 83 publicaciones identificadas, elaboradas por 31 autores afiliados a diversos centros generadores de conocimiento tales como: Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería, Universidad Arturo Prat, Universidad Católica del Norte, Universidad de Atacama y Universidad de La Serena.

La Figura 4.28 nos muestra que la mayor cantidad de las publicaciones se clasifican en la dimensión *Estudio del Recurso Hídrico*. Se observa, además, que esta dimensión se encuentra conectada principalmente con la *Gestión y usos del Recurso Hídrico* y con *Ciencias y Tecnologías Afines*, que son las dimensiones con mayor relevancia después del *Estudio del Recurso Hídrico*, junto con *Recursos hídricos y medioambiente*. Las dimensiones con menor desarrollo, en términos del volumen de publicaciones científicas, corresponden a *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano* y *Legislación y Política de Recursos Hídricos*.

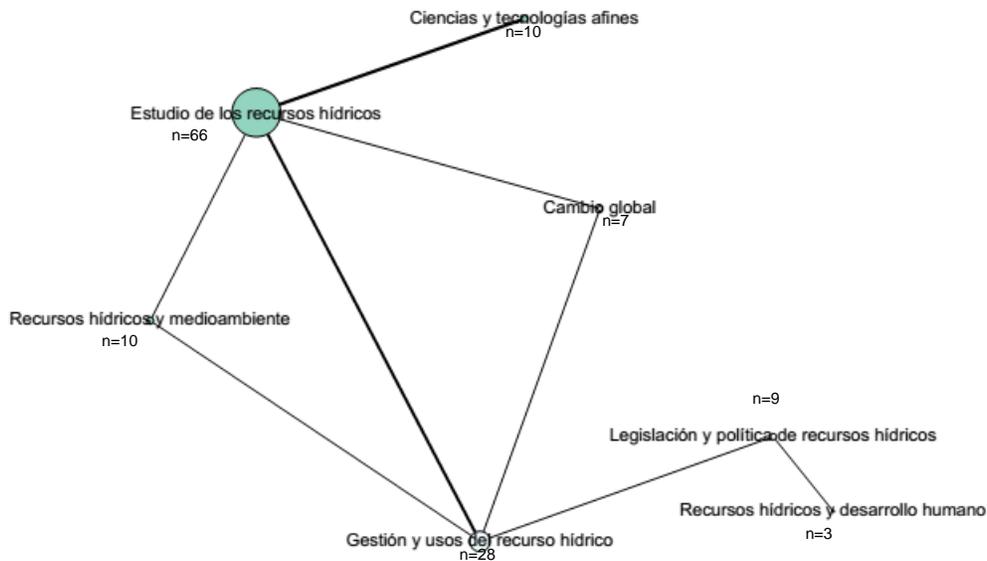


Figura 4.28. Relaciones entre las principales dimensiones de estudio para las publicaciones científicas de autores en la Macrozona Norte. Elaboración propia.

MACROZONA CENTRO

En el caso de la macrozona centro, comprendida entre las regiones de Valparaíso y Maule, se registró la mayor parte de las publicaciones registradas por autores con afiliación chilena, contabilizando un total de 552 títulos elaborados por 158 autores, afiliados a diversos centros generadores de conocimiento tales como: Centro del Agua para Zonas Áridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC), Pontificia Universidad Católica de Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Universidad Academia de Humanismo Cristiano, Universidad Andrés Bello, Universidad de Chile,

Universidad de Los Andes, Universidad de Santiago de Chile, Universidad de Talca, Universidad del Desarrollo y Universidad Diego Portales. Además, se distingue la participación de actores del ámbito gobierno (CIREN) y empresas.

La Figura 4.29 nos muestra que la macrozona centro presenta un alto nivel de desarrollo en términos del volumen de publicaciones científicas identificadas en la dimensión *Estudio del Recurso Hídrico*, que se encuentra estrechamente vinculada con las publicaciones en el ámbito de las *ciencias y tecnologías afines* y recursos hídricos y medioambiente, y en menor grado con *cambio global*, y gestión y uso del recurso hídrico. Las dimensiones de estudio menos desarrolladas en esta macrozona son *Legislación y Política de Recursos Hídricos* y *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano*. No obstante, es la macrozona que presenta la mayor densidad de la red lo que, en otras palabras, implica una mayor integración de las diversas dimensiones temáticas definidas para el estudio de los recursos hídricos.

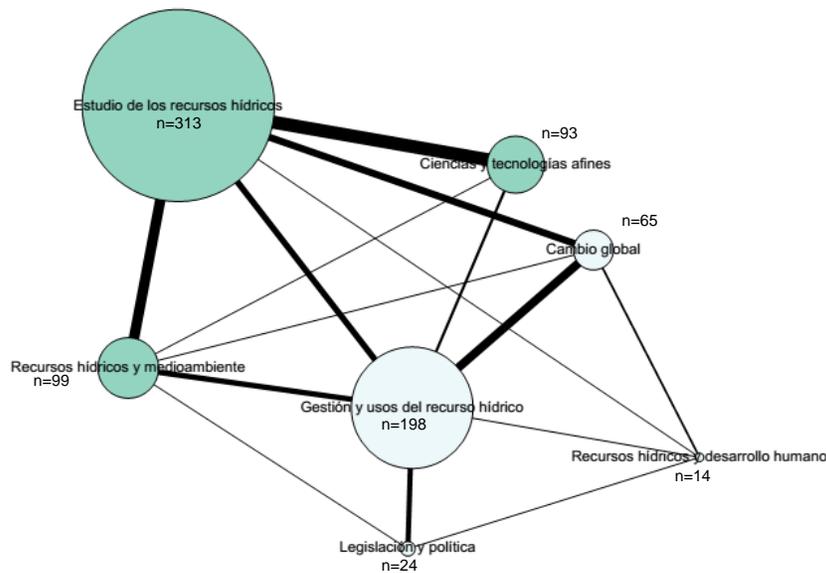


Figura 4.29. Relaciones entre las principales dimensiones de estudio para las publicaciones científicas de autores en la Macrozona Centro. Elaboración propia.

MACROZONA SUR

En esta macrozona comprendida entre las regiones del Biobío hasta Los Lagos, se registró la segunda mayor cifra de publicaciones a nivel nacional, con un total de 413 publicaciones elaboradas por 129 autores, afiliados a diversos centros generadores de conocimiento tales como: Universidad de Concepción, Universidad Católica de Temuco, Universidad Austral de Chile, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Universidad de La Frontera y Universidad del Bío Bío.

La Figura 4.30 nos muestra que la macrozona sur presenta un mayor desarrollo en el ámbito del *Estudio del Recurso Hídrico*, muy ligado a los trabajos en el ámbito de *Recursos hídricos y el medioambiente* y *Gestión y usos del Recurso Hídrico*. Aunque con un menor número de títulos, en esta macrozona destaca la vinculación entre las categorías *Gestión y usos del Recurso Hídrico* con *Desarrollo humano y recursos hídricos* y *Legislación y Política de Recursos Hídricos*.

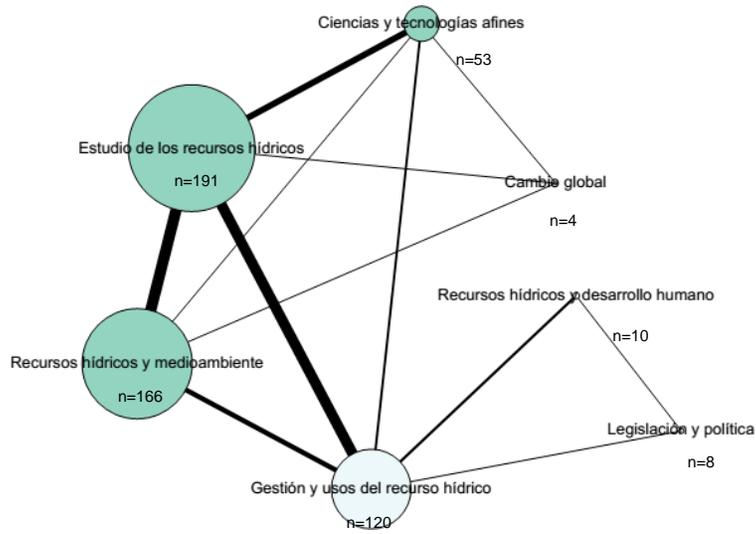


Figura 4.30. Relaciones entre las principales dimensiones de estudio para las publicaciones científicas de autores en la Macrozona Sur. Elaboración propia.

MACROZONA AUSTRAL

Finalmente, en esta macrozona, que comprende las regiones de Aysén y de Magallanes, se registró la menor cantidad de publicaciones a nivel nacional, con sólo 32 publicaciones generadas por un total de 8 autores afiliados a la Universidad de Magallanes y al Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP).

A partir de la Figura 4.31 podemos notar la macrozona registra un bajo nivel de publicaciones, las cuales se clasifican en sólo tres dimensiones, siendo las temáticas mayormente desarrolladas, el *Estudio del Recurso Hídrico* y *Recursos hídricos y medioambiente*. Adicionalmente, el desarrollo de la investigación, en términos del volumen de publicaciones en materia de recursos hídricos, es el más bajo a nivel nacional, lo cual se evidencia, no sólo en el volumen de publicaciones identificadas sino también en la densidad de la red presentada.

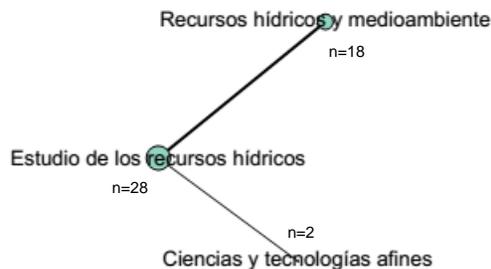


Figura 4.31. Relaciones entre las principales dimensiones de estudio para las publicaciones científicas de autores en la Macrozona Austral. Elaboración propia.

C. Principales resultados

Sobre un total de 711 publicaciones analizadas, desde donde identificamos a 226 autores afiliados a entidades chilenas, el primer decil de investigadores con mayor producción concentra cerca de la mitad de los trabajos científicos en materia de recursos hídricos. Además, observamos que cerca de dos tercios del total de los trabajos se vinculan a las ciencias naturales; le siguen las ciencias técnicas y ciencias agrícolas. Llama la atención la baja participación que tienen las ciencias sociales en esta distribución, presentando de esta forma una brecha necesaria de abordar para lograr un entendimiento integral de las problemáticas asociadas al recurso hídrico.

Sobre las principales dimensiones estudiadas, los investigadores identificados tienden a enfocarse en el *Estudio de los Recursos Hídricos*, la *Gestión y Uso de los Recursos Hídricos* y los *Recursos Hídricos y Medioambiente*, acumulando el 80% del total de publicaciones. Esto se encuentra íntimamente ligado a la participación de los campos científico-tecnológicos presentados, ya que ciencias naturales, ciencias técnicas y ciencias agrícolas se presentan como campos fundamentales para comprender el recurso hídrico en las tres dimensiones principales enunciadas. Sin embargo, dentro de estas tres dimensiones principales para el estudio de los recursos hídricos, no hallamos evidencia de una distribución geográfica clara a través de macrozonas diferenciando por cada una de estas dimensiones.

En base al análisis de redes realizado, observamos que el orden de relevancia de las dimensiones de estudio tiende a mantenerse, destacando en primer lugar la dimensión *Estudio de los Recursos Hídricos*. Por otro lado, entre *Recursos Hídricos y Medioambiente* y *Gestión y Usos del Recurso Hídrico*, tiende a existir una diferenciación, aunque menor, entre las macrozonas geográficas consideradas. A pesar de esto, en base a las necesidades y realidades hídricas por macrozona, esperábamos que las dimensiones se distribuyeran respondiendo a este factor, por ejemplo, otorgando mayor relevancia a la gestión del recurso en la zona norte, producto de la escasez hídrica que la afecta. Sin embargo, la evidencia que levantamos no nos permite realizar esta afirmación, debido a que las diferencias entre dimensiones no son significativas entre macrozonas, dejando claridad del escenario a nivel nacional antes que macrozonal.

En otras palabras, aquellas entidades con mayor número de doctores presentan mayores cifras de publicaciones. Además, cabe señalar que la relación entre la producción científica de las universidades y centros de investigación nacionales en temas relacionados con recursos hídricos y el número de investigadores con doctorado no es lineal: entidades con menos de veinte investigadores con doctorado presentan prácticamente el mismo nivel de producción científica, sin embargo, a partir de cierta cantidad de investigadores, la producción científica aumenta en forma sobreproporcional, especialmente para aquellas instituciones que cuentan con más de cincuenta doctorados, diferenciándose notablemente del resto de las instituciones.

Tras evaluar el impacto científico de los investigadores residentes en Chile trabajando en materia de recursos hídricos utilizando como indicadores: i) el Impacto por Publicación y ii) el número de citas, hemos comprobado que existe una cierta correlación entre el número de citas que obtiene un investigador y su Impacto por Publicación.

Al utilizar los indicadores mencionados para caracterizar el desempeño de las diez entidades con mayor producción científica a nivel nacional, encontramos que la Pontificia Universidad Católica de Chile, en términos agregados, es la entidad con mayor Impacto por Publicación y mayor número de

citaciones; le siguen a mucha distancia la Universidad de Concepción y la Universidad de Chile con un desempeño mediano, mientras que en el extremo inferior se encuentran las otras siete entidades con mayor producción científica a nivel nacional en materia de recursos hídricos.

No obstante, al calcular el Impacto por Publicación y el número de citas promedio de estas instituciones, la posición de algunas entidades cambia drásticamente. En efecto, al grupo con un desempeño alto ingresa la Universidad Austral de Chile y la Universidad de Concepción pasa al grupo con un desempeño medio, junto a las universidades de Talca, de La Serena, Pontificia Católica de Valparaíso. El Ceaza, la Universidad Católica de la Santísima Concepción y la Universidad Católica de Temuco se mantienen en una situación de bajo impacto científico.

Todo lo anterior viene a poner en evidencia la escasez de investigadores con producción científica e impacto científico significativo en algunas regiones del país, sobre todo en las más extremas, siendo esta una brecha que debe ser superada, particularmente considerando la necesidad de asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos, para lo cual la generación de conocimiento científico con un enfoque territorial es una condición necesaria, teniendo en cuenta que algunas problemáticas se encuentran específicamente localizadas en determinadas zonas del país.

4.2.2 Producción científica sin revisión por pares

En esta sección presentamos la caracterización de los trabajos de tesis, participación en congresos que hemos identificado.

A. Alcance metodológico

Para la realización del catastro de tesis de las universidades chilenas en materia de recursos hídricos, en primer lugar, hemos realizado una búsqueda de información a través de los repositorios digitales de las universidades chilenas, en los cuales se encuentran las tesis de pregrado, máster y doctorado de cada una. Con la finalidad de realizar una búsqueda sistemática, elaboramos un directorio por cada universidad con su respectivo catálogo digital, los cuales hemos examinado a partir de las palabras claves mostradas en el Anexo B, las que comprenden diferentes áreas del estudio de los recursos hídricos. Una vez obtenidas la totalidad de las tesis desde los repositorios digitales, depuramos la información extraída seleccionando sólo aquellas tesis relacionadas con los estudios de recursos hídricos. Esto fue necesario, ya que algunos conceptos relevantes para el estudio de los recursos hídricos también se encuentran relacionados a otras áreas de estudio.

En segundo lugar, realizamos la identificación de trabajos presentados en congresos a partir de la recolección de datos de fuentes secundarias, siguiendo la lógica del muestreo tipo bola de nieve, considerando como punto de inicio de búsqueda el calendario de actividades del Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional (PHI), y agregando progresivamente nuevas fuentes de información a partir de la identificación de actores relevantes a nivel institucional.

B. Caracterización de producción científica sin revisión por pares

Las capacidades científicas a nivel nacional sin revisión por pares, comprenden: 1) Tesis de pregrado, máster y doctorado y 2) Presentaciones en congresos nacionales en materia de recursos hídricos

1. Tesis de pregrado, máster y doctorado

Como resultado de la búsqueda realizada, hemos obtenido una base de datos con un total de 1.168 tesis de pregrado, máster y doctorado. Este catastro de tesis de las universidades en Chile en temas relacionados con recursos hídricos, abarca un 74% de los repositorios digitales, dado que 46 universidades de un total de 60 presentan tesis relacionadas al estudio de los recursos hídricos. A partir de la información resultante de la base de datos, hemos caracterizado el número total de tesis (pregrado, máster, doctorado) por universidad.

En la Figura 4.32 presentamos los resultados obtenidos para las 46 universidades en donde identificamos tesis en materia de recursos hídricos. Es importante destacar que estos resultados están fuertemente supeditados a la calidad de los repositorios digitales y la información disponible, y existe la posibilidad que no reflejen la producción real en determinados casos.

A nivel nacional, observamos que la Universidad de Chile comprende un 16,4% del total de tesis que presentan investigaciones relacionadas al estudio de los recursos hídricos. La Universidad de Concepción ocupa el segundo lugar en lo que respecta a la producción de tesis con un 12,2% del total, mientras que en una tercera posición está la Universidad de Talca junto a la Universidad de Valparaíso, las cuales representan de manera individual un 6,3% de las tesis nacionales, cada una. Es importante destacar la cantidad de tesis que se concentran en éstas 4 universidades, alcanza un 41,3% de la producción nacional.

Con participaciones menores al 6% aparecen otras universidades como por ejemplo la Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad de La Serena, Pontificia Universidad Católica de Chile, entre otras. Con cuotas de participación todavía inferiores, se encuentran otras 30 universidades, cuya suma de trabajos de tesis alcanza el 20% del total.

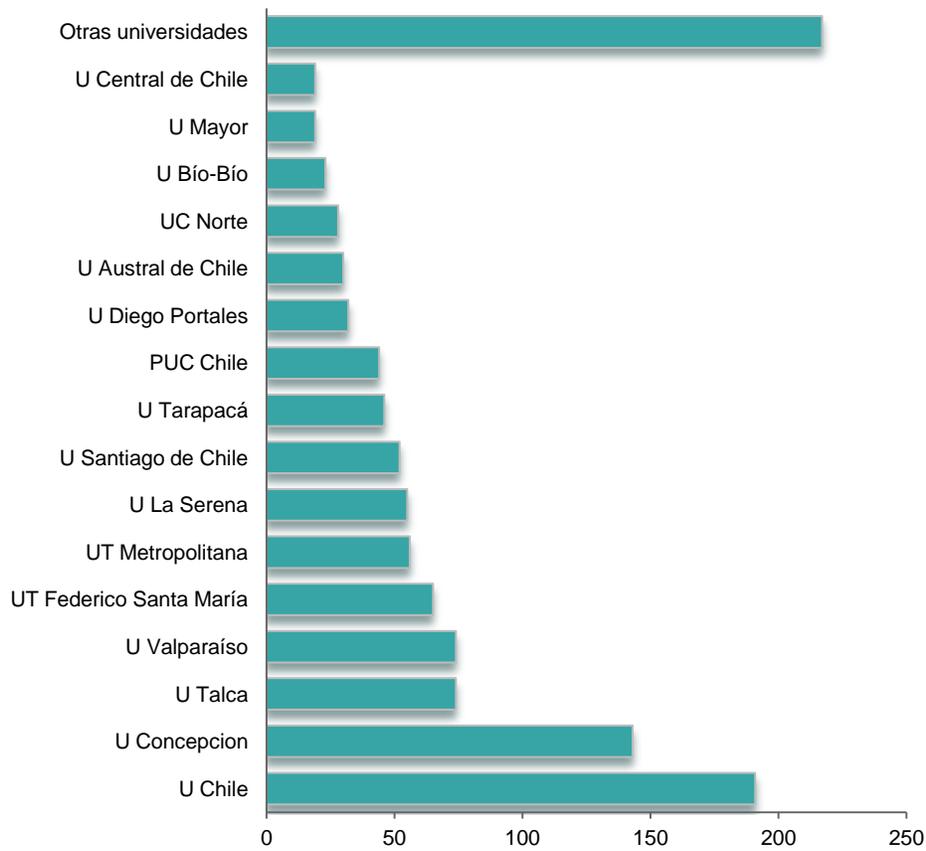


Figura 4.32 Distribución por universidad de tesis de pregrado, máster y doctorado, en materia de recursos hídricos publicadas en el periodo 2010 – 2015. Elaboración propia

Una vez identificadas las tesis de pregrado, magíster y doctorado relacionadas con el estudio de los recursos hídricos, hemos procedido a asociarles la taxonomía correspondiente. Debido a que una misma tesis puede abordar dos categorías distintas, hemos asociado hasta dos categorías de la taxonomía por tesis cada vez que corresponda. En la Figura 4.33 presentamos, por cada categoría, el número de tesis asociadas. Como se puede ver de esta figura, la categoría *Gestión y usos del Recurso Hídrico* comprende un 37% de las tesis realizadas en el país, lo cual expresa la importancia del agua en nuestra sociedad y la utilización de estas en las actividades productivas, así como también en el consumo humano. El *Estudio del Recurso Hídrico* es la segunda categoría de mayor relevancia con un 22%, de manera que ambas temáticas comprenden un 59% de las tesis universitarias.



Figura 4.33 Cuotas de participación de las principales dimensiones de estudio en tesis de pregrado, máster y doctorado, en materia de recursos hídricos publicadas en el periodo 2010 – 2015. Elaboración propia

Con tal de complementar el análisis, en la [Figura 4.34](#) presentamos las principales áreas desarrolladas en las 10 universidades que presentan el mayor número de tesis realizadas. Como se puede observar, se evidencia una predominancia de la categoría de *Gestión y usos del Recurso Hídrico* en todas las universidades, categoría que abarca un 36% del total en estas universidades, donde se realizan tesis enfocadas principalmente en lo que refiere a la optimización de sistemas de agua potable y reutilización de aguas, la aplicación de sistemas de riego, tratamiento de aguas y la eficiencia de los sistemas de agua potable en zonas rurales.

El *Estudio del Recurso Hídrico* es la segunda categoría con mayor cantidad de tesis, y le siguen de cerca en participación las *Ciencias y Tecnologías Afines*. En este sentido, es importante realizar una diferenciación entre los tipos de universidades cuyos trabajos de tesis se enfocan en una u otra categoría. Así, observamos que, en universidades con gran desarrollo de capacidades en investigación científica, y que además cuentan con carreras asociadas a las ciencias naturales, existe mayor proporción de tesis dedicadas al estudio de los recursos hídricos, principalmente a través de la modelación hidrológica de ciertos fenómenos. En tanto, en universidades con predominancia de capacidades técnicas y desarrollo tecnológico, observamos que las tesis de la categoría de Ciencias y Tecnologías Afines tienen una proporción superior en comparación con las que se centran en el estudio de los recursos hídricos. La cuarta categoría con mayor proporción de trabajos de tesis es *Legislación y Política de Recursos Hídricos*.

En menor proporción, agrupados en Otras, se encuentran trabajos de tesis de otras categorías como *Recursos hídricos y medio ambiente*, *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano*, *Recursos Hídricos y Educación*, y *Cambio Global*. En el ámbito de Recursos hídricos y medioambiente, no hay ninguna universidad en la cual predomine esta categoría, siendo una de las grandes falencias en el ámbito de las tesis, dada la importancia de esta dimensión en lo que refiere a la gestión sostenible del medioambiente y el impacto que generan las actividades antrópicas sobre los ecosistemas acuáticos. La categoría de *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano* es una de las áreas menos abordadas en las tesis de pregrado, máster y doctorado, a pesar de ser uno de los principales de-

safíos nacionales. En el caso de la categoría *Cambio Global*, la baja proporción muestra un déficit importante en el estudio de la variabilidad climática y la incertidumbre hídrica. La categoría con valores críticos corresponde a *Recursos Hídricos y Educación*, a pesar de que el factor educativo es esencial para generar conciencia sobre los usos del recurso hídrico, lo que es vital para la sostenibilidad.

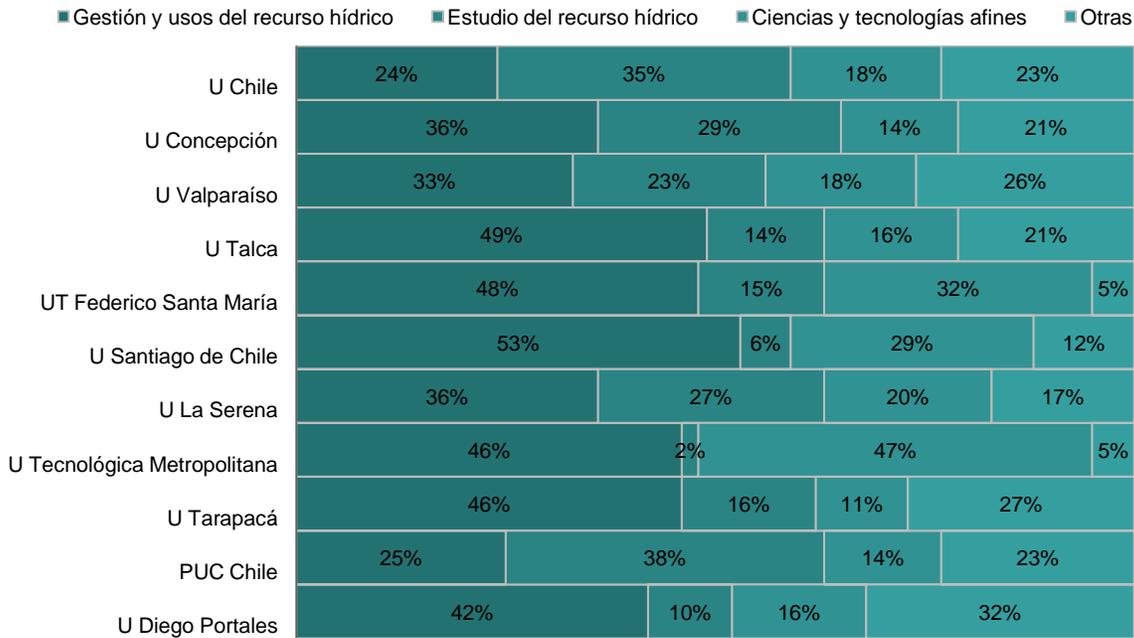


Figura 4.34 Distribución de las tesis de pregrado, máster y doctorado, en materia de recursos hídricos publicadas en el periodo 2010 – 2015 de las 10 principales universidades, por dimensiones de estudio. Elaboración propia

Por su parte, la Figura 4.35 muestra la evolución temporal de las tesis de pregrado, máster y postgrado realizados en Chile, entre los años 2010 – 2015. De esta figura se puede observar una tendencia creciente hasta el año 2014, desde 165 tesis en el año 2010 hasta 233 en el año 2014. El año 2015 rompe esta tendencia, dado que en ese año el número de tesis enfocadas en el estudio de los recursos hídricos disminuyó a 175. No hemos podido identificar las variables que han incidido en la disminución el total de tesis para el último año, como por ejemplo el desarrollo de nuevas líneas de investigación en las universidades chilenas, entre otros.

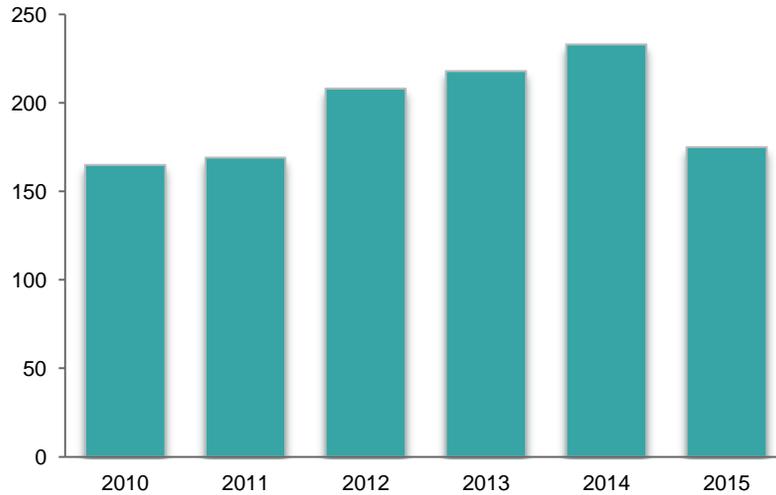


Figura 4.35 Número de tesis de pregrado, máster y postgrado realizados en Chile, entre los años 2010 – 2015, por año. (N=1.168). Elaboración propia

En la **Figura 4.36** presentamos la caracterización de las tesis relacionadas al estudio de los recursos hídricos con respecto al grado académico. Tal como se puede observar, un 85% de las tesis corresponde a carreras profesionales de pregrado, mientras que las tesis de postgrado a nivel nacional concentran sólo un 15% del catastro, correspondiendo a un 12% de tesis de máster y un 3% de tesis doctorales. Finalmente, se identificó sólo una tesis de diplomado, correspondiendo a una participación del 0%.

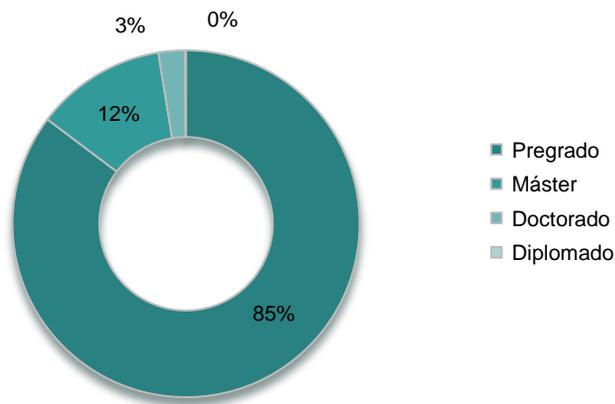


Figura 4.36 Cuotas de participación de los grados académicos de las tesis de pregrado, máster y doctorado, en materia de recursos hídricos publicadas en el periodo 2010 – 2015. Elaboración propia

Considerando la relevancia de las tesis de pregrado dentro de la distribución de tesis por grado académico, a continuación, presentamos los 10 programas académicos de pregrado con mayor producción de tesis, ya que ningún programa de postgrado presenta un número de tesis relevante

para realizar esta caracterización. Estos programas corresponden a los de las carreras de ingeniería civil, ingeniería ambiental, derecho, ingeniería química, ingeniería agronómica, ingeniería en construcción, ingeniería civil en obras civiles, ingeniería civil industrial, ingeniería civil mecánica, geografía e ingeniería civil agrícola. En general, la principal área de investigación de estas carreras es la *Gestión y usos del Recurso Hídrico*, seguida por *Estudio del Recurso Hídrico* y *Ciencias y Tecnologías Afines*, dada su orientación académica, pues la mayoría pertenece al campo de la ingeniería. Sin embargo, para las carreras de Geografía y Derecho no se observa esta caracterización, debido a las capacidades propias de estas disciplinas. Finalmente, tanto Ingeniería Civil como Ingeniería Ambiental cuentan con capacidades para abordar el estudio desde la gestión, por su enfoque en la administración de recursos de sus mallas, y desde el estudio del recurso, por los fundamentos en ciencias naturales que poseen ambas carreras en sus programas.

A nivel regional, el número de tesis se concentra en las regiones Metropolitana, del Biobío y de Valparaíso. Esto se debe a que las principales universidades del país se concentran en estas regiones. En la Figura 4.37 presentamos el resultado de las categorías de la taxonomía a nivel regional, en la cual podemos observar que la distribución de las áreas de investigación en relación a los recursos hídricos es similar para todas las regiones, concentrándose principalmente en *Gestión y usos del Recurso Hídrico* y seguido por *Estudio del Recurso Hídrico* y *Ciencias y Tecnologías Afines*, lo cual coincide con el análisis de los diez programas con mayor producción de tesis. Esto muestra la importancia que se le da a estudios (a nivel de tesis) relacionados con la disponibilidad, oferta, calidad y usos del agua en las actividades humanas, centrados bajo una perspectiva técnico-científica, existiendo pocas tesis enfocadas en el factor social de los recursos hídricos

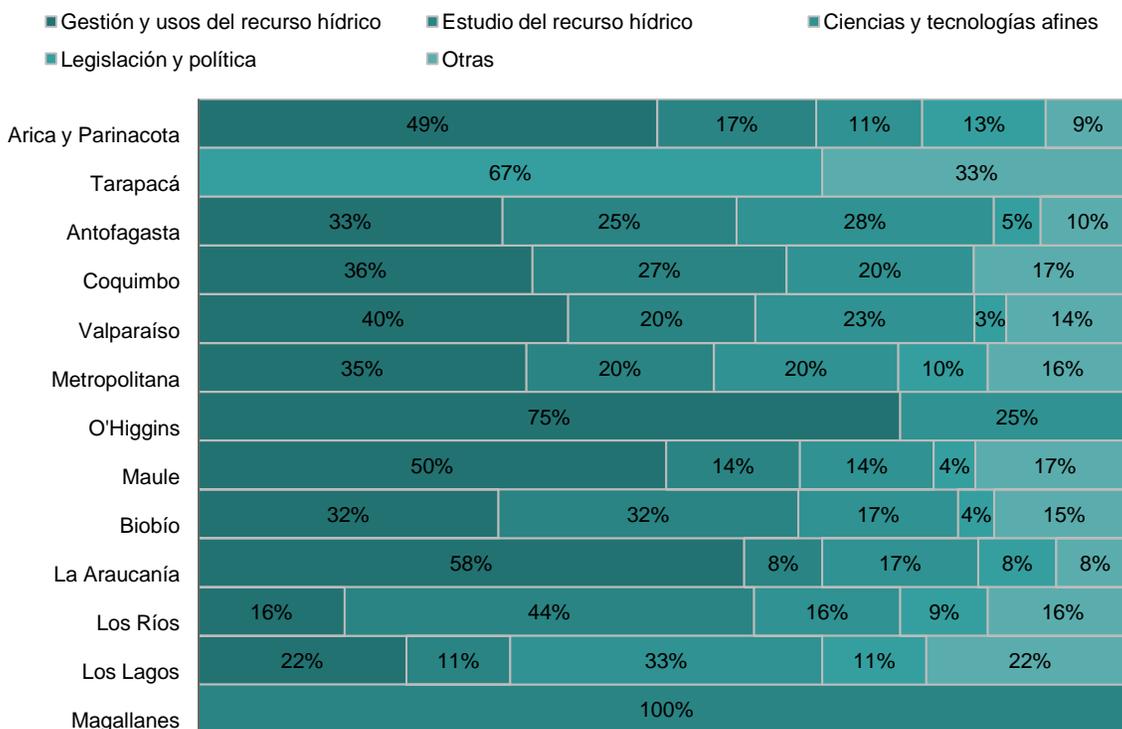


Figura 4.37. Distribución de las tesis de pregrado, máster y doctorado, en materia de recursos hídricos publicadas en el periodo 2010 – 2015 en las regiones de Chile, por dimensiones de estudio. Elaboración propia

2. Congresos nacionales en materia de recursos hídricos

En esta sección presentamos los resultados de la identificación de presentaciones en congresos realizados en Chile relacionados al estudio de los recursos hídricos, en el periodo 2010 – 2015. En base a esta búsqueda identificamos un total de 27 congresos realizados en Chile¹⁸ a cargo de entidades nacionales e internacionales. Dentro del periodo en análisis, destaca el año 2014, ya que es el año en el cual se identifica la mayor cantidad de congresos organizados en Chile por entidades nacionales e internacionales, acumulando un total de 5.

De los congresos identificados, hemos revisado la información disponible referida a la totalidad de trabajos presentados. De ésta registramos un total de 1.069 trabajos, correspondientes a exposiciones presenciales y posters, los cuales se distribuyen por evento, de acuerdo al detalle presentado en la Tabla 4.1. En ella podemos observar que la mayor cantidad de trabajos se identificaron para el XXVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica / XII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, realizado en el año 2014 por la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (Alhsud), con un total de 483. Le siguen una serie de congresos con un

¹⁸ En la selección de eventos para el análisis no se han incluido seminarios, jornadas, charlas, entre otros, sino que exclusivamente congresos.

volumen menor de trabajos, bajo las 100 unidades, los que conforman la mayoría del total identificado

Tabla 4.1 Congresos nacionales en materia de recursos hídricos identificados para el período 2010 – 2015, y total de trabajos presentado por congreso.

Año	Nombre de congreso	Trabajos
2015	XII Congreso de la Sociedad Chilena de Limnología	56
2015	XXII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica	51
2015	LXVI Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile y XIII SOCHIFRUT	8
2014	III Congreso del Futuro. Mirando a Chile.	2
2014	IV Congreso Internacional en Gestión del Agua en la Minería	63
2014	IV Congreso Latinoamericano de Desalación y Reúso del Agua	29
2014	XI Congreso Sociedad Chilena de Limnología	73
2014	XXVI Congreso Latam de Hidráulica / XII Congreso Latam de Hidrología Subterránea	483
2013	I Congreso Internacional del Bosque y el Agua	57
2013	XX Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	26
2013	XXI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica	34
2012	III Congreso Internacional en Gestión del Agua en la Industria Minera	96
2012	IV Congreso Nacional de Recursos Hídricos	11
2012	IX Congreso de la Sociedad Chilena de Limnología	1
2011	III Congreso Nacional de Recursos Hídricos	17
2011	XX Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica	51
2010	II Congreso Nacional de Recursos Hídricos	9

Elaboración propia

Considerando que algunos congresos registraron un bajo número de trabajos identificados, para efectos de los análisis posteriores, excluimos aquellos con menos de 10 trabajos presentados, por representar una participación marginal sobre el total. De este modo, la lista de congresos a considerar en el análisis se reduce a 13 y el total de trabajos identificados a 1.047, quedando excluidos los eventos realizados en el año 2010.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR PRINCIPALES DIMENSIONES DE ESTUDIO

Respecto a las dimensiones de estudio del total de trabajos identificados, la taxonomía propuesta posee ocho dimensiones, a saber: i) *Estudio del Recurso Hídrico*; ii) *Ciencias y Tecnologías Afines*; iii) *Gestión y usos del Recurso Hídrico*; iv) *Recursos hídricos y medioambiente*; v) *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano*; vi) *Recursos Hídricos y Educación*; vii) *Legislación y Política de Recur-*

tos Hídricos; viii) *Cambio Global*. La Figura 4.38 muestra el detalle de dicha clasificación, considerando el universo de trabajos identificados (N=1.047).¹⁹

De la figura se observa que la mayor parte de los trabajos revisados califican en las áreas de *Gestión y uso del recurso hídrico* y *Estudio del Recurso Hídrico*. En estas categorías se identifican trabajos relativos a la gestión de cuencas *hidrográficas*, *gestión y uso del agua* en sectores productivos, principalmente en minería y agricultura, los cuales abordan temáticas tales como la gestión integral del agua en el ciclo de la minería, tratamiento de efluentes y tecnologías y técnicas para el uso eficiente. También se incluyen trabajos relacionados con *desalación*. Los trabajos clasificados en la categoría de *Estudio del Recurso Hídrico* abordan diversas temáticas en el ámbito de la hidrología, incluyendo, por ejemplo, hidrología superficial, subterránea, hidrometeorología y glaciología, entre otras. Además, identificamos trabajos de hidráulica fundamental, en temas relacionados con la hidrodinámica de embalses, flujo de fluidos, presas hidráulicas y modelación hidrológica, además de limnología, incluyendo paleolimnología, la relación de la limnología con la sociedad y la búsqueda de nuevas técnicas de estudio. También califican dentro de esta categoría estudios asociados a calidad de aguas subterráneas y superficiales, y contaminación en cuerpos fluviales, entre otros.

En un segundo grupo, con menor volumen de trabajos se encuentran las categorías *Recursos Hídricos y Medioambiente* y *Ciencias y Tecnologías Afines*, encontrando trabajos relacionados con el estudio del sistema eco hidrológico y la biota acuática, los impactos ambientales en los sistemas acuáticos, relación bosques y agua, fauna íctica, y monitoreo ambiental del agua, entre otros, para el primer caso, y trabajos con bioindicadores, modelos de simulación para el estudio de los recursos hídricos, modelos de simulación, sensórica remota, entre otros, para el segundo

Finalmente, queda un grupo con una participación marginal de un 4% que agrupa las dimensiones de *Cambio Global*, *Legislación y Política de Recursos Hídricos*, *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano* y *Recursos Hídricos y Educación*. De esta forma, tal como en el caso de la producción científica indexada, observamos que hay un subdesarrollo de las dimensiones asociadas a las ciencias sociales y a las ciencias médicas.

¹⁹ La suma acumulada de trabajos en todas las categorías es mayor al universo de trabajos identificados, ya que éstos fueron clasificados utilizando hasta dos categorías de la taxonomía.

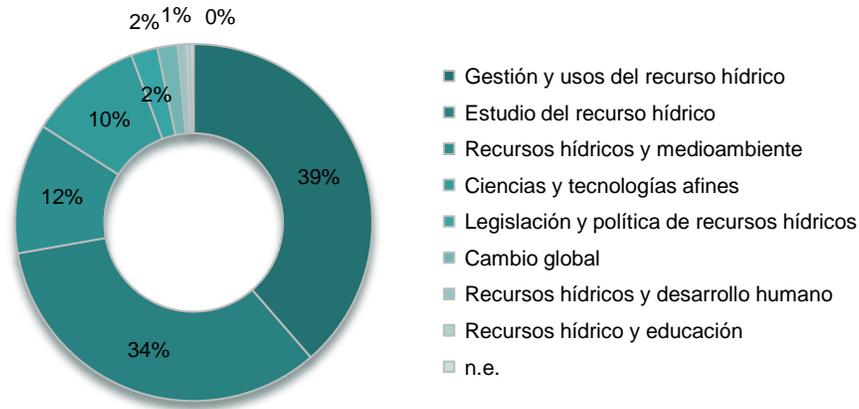


Figura 4.38. Cuotas de participación de las principales dimensiones de estudio de los trabajos presentados en congresos en Chile en materia de recursos hídricos en el periodo 2010 – 2015. Elaboración propia.

Uno de los aspectos que podemos relevar de lo anterior es el peso que se evidencia por parte del *Gestión y usos del Recurso Hídrico*, lo cual da cuenta de un abordaje más práctico asociado al manejo sustentable del recurso, seguido por el *Estudio del Recurso Hídrico*, haciendo énfasis en el desarrollo de trabajos referidos a la comprensión del recurso en tanto fenómeno físico. Sin embargo, nos parece preocupante la poca relevancia de otras dimensiones, como por ejemplo *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano* y *Recursos Hídricos y Educación*, al ser ésta uno de los pilares en base a la cual construir un país sostenible con respecto a recursos hídricos, y sobre todo a la divulgación de los conocimientos adquiridos con respecto a éstos, siendo su desarrollo un desafío a tener en cuenta a futuro.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR AÑO

Para caracterizar el total de publicaciones científicas identificadas (N=1.047), en la Figura 4.39 mostramos la evolución en el número de trabajos presentados en congresos durante los años de estudio considerado. Desde acá podemos observar una tendencia a mantenerse en torno a los 100 trabajos anuales para los años 2011, 2012, 2013 y 2015, evidenciando además una gran diferenciación en el año 2014, en donde el volumen de trabajos presentados en congresos es seis veces mayor que el resto de los años (un total de 673 trabajos). Esto se explica porque el año 2014 fue aquel en el que hubo una mayor cantidad de congresos y, además, dentro de estos, dos congresos internacionales, por lo cual es esperable un mayor número de publicaciones acumuladas anualmente.

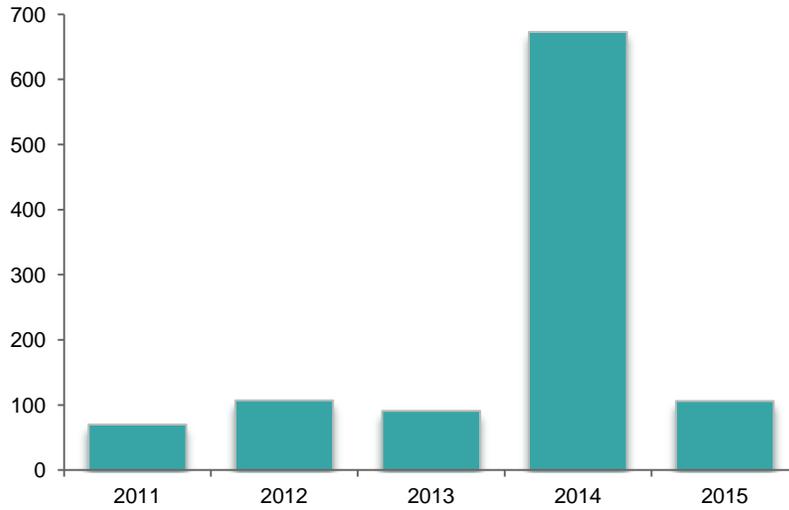


Figura 4.39. Número de trabajos publicados en congresos en materia de recursos hídricos entre los años 2010 – 2015 (N=1.047). Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE TRABAJOS PRESENTADOS POR ENTIDAD DE AFILIACIÓN

Analizando el volumen total de trabajos identificados en el período de análisis según entidad de afiliación del autor principal, podemos observar que la mayor cantidad de trabajos fue presentada por autores pertenecientes a entidades del ámbito académico, superando ampliamente los aportes de actores institucionales en el ámbito de empresas, gobierno y otros, tales como organismos multilaterales y de la sociedad civil, como es posible observar en la Figura 4.40.

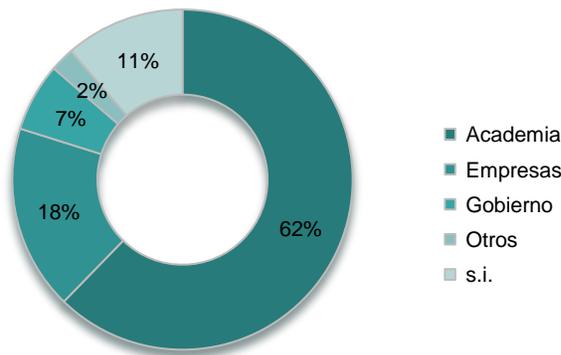


Figura 4.40. Cuotas de participación de los ámbitos de entidad de afiliación del autor principal del total de trabajos presentados en congresos en materia de recursos hídricos en el periodo 2010 – 2015 (N=1.047). Elaboración propia

Vale la pena mencionar que, si bien los congresos en estudios son todos realizados en territorio nacional, la mayoría de las entidades que participan en estos con presentaciones de trabajos corresponden al ámbito internacional. Sin embargo, como lo que interesa en este trabajo son las ca-

pacidades para el estudio de los recursos hídricos instaladas en Chile, a continuación, restringimos el análisis a aquellos trabajos presentados correspondientes a entidades de afiliación nacionales.

Desde acá, observamos que el patrón registrado en la distribución general de trabajos presentados en congresos se repite en el nivel nacional, donde, de un total de 404 trabajos presentados por autores afiliados a entidades chilenas, el 70% de ellos proviene de entidades del ámbito académico, y el resto se reparte entre las entidades del ámbito empresas, gobierno y otros, como se puede observar en la Figura 4.41.

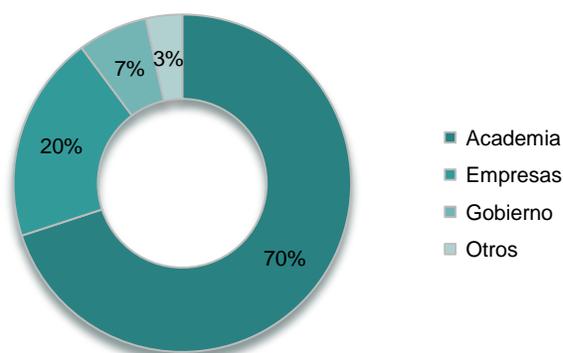


Figura 4.41. Cuotas de participación de los ámbitos de entidad de afiliación en Chile del autor principal del total de trabajos presentados en congresos en materia de recursos hídricos en el periodo 2010 – 2015 (N=404)²⁰. Elaboración propia

A continuación, presentamos las 10 entidades principales de acuerdo a la cantidad de trabajos presentados en congresos, las que concentran el 92% del total de trabajos presentados. Derivado del análisis general, observamos que la mayor parte de éstas son universidades, con dos casos correspondientes a empresas²¹, y un caso de entidad de gobierno. Así, tenemos que la producción científica derivada de los trabajos presentados en congresos también tiende a concentrarse en el ámbito académico, aunque con una participación un poco mayor del sector empresa y gobierno, a diferencia de la producción científica con indexación.

Tabla 4.2 Principales entidades con mayor cantidad de trabajos presentados en congresos para el período 2010 – 2015

Entidad	Trabajos
Universidad de Chile	88
Servicios auxiliares	55

²⁰ Se identificó 1 trabajo en la categoría "s.i.", para el cual no se dispuso de información suficiente para clasificar a la entidad según ámbito.

²¹ Debido al tipo de información con la que disponíamos, para el caso de empresas se señala el sector desde dónde estas provienen.

Entidad	Trabajos
Universidad de Concepción	49
Pontificia Universidad Católica de Chile	45
Universidad Austral de Chile	22
Ministerio de Obras Públicas	17
Universidad Católica de la Santísima Concepción	10
Sanitarias	10
Universidad Arturo Prat	9
Universidad Técnica F. Santa María	7

Elaboración propia

En términos absolutos, la Figura 4.42 muestra el número de trabajos presentados por **autores afiliados a entidades nacionales** según categoría de clasificación de la taxonomía. De aquí podemos observar que la mayor cantidad de trabajos presentados en congresos por autores con afiliación chilena se concentra en las categorías *Gestión y uso del recurso hídrico* y *Estudio del Recurso Hídrico*. En el otro extremo, las categorías menos abordadas son *Recursos Hídricos y Educación*, *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano* y *Cambio Global*.

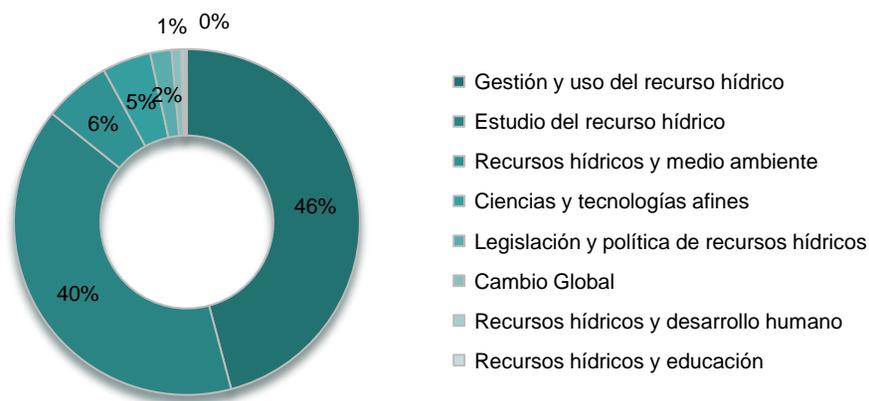


Figura 4.42 Cuotas de participación de las principales dimensiones de estudio de los trabajos presentados por autores con afiliación a entidades chilenas en congresos en materia de recursos hídricos en el periodo 2010 – 2015 (N=404), Elaboración propia

Un análisis más detallado de la clasificación de los trabajos presentados por autores asociados a entidades nacionales (N=404) según su ámbito, a partir de la Figura 4.43, nos muestra que los trabajos presentados por autores afiliados a entidades en el ámbito académico registran la mayor participación en todas las categorías de clasificación, destacando la contribución en los trabajos vinculados a *Recursos hídricos y medioambiente*, *Estudio del Recurso Hídrico* y *Ciencias y Tecnologías Afines*. Con participaciones menores, pero igualmente mayoritarias, se encuentran trabajos por

autores en el ámbito académico en las categorías *Gestión y uso del recurso hídrico*, *Legislación y Política de Recursos Hídricos* y *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano*.

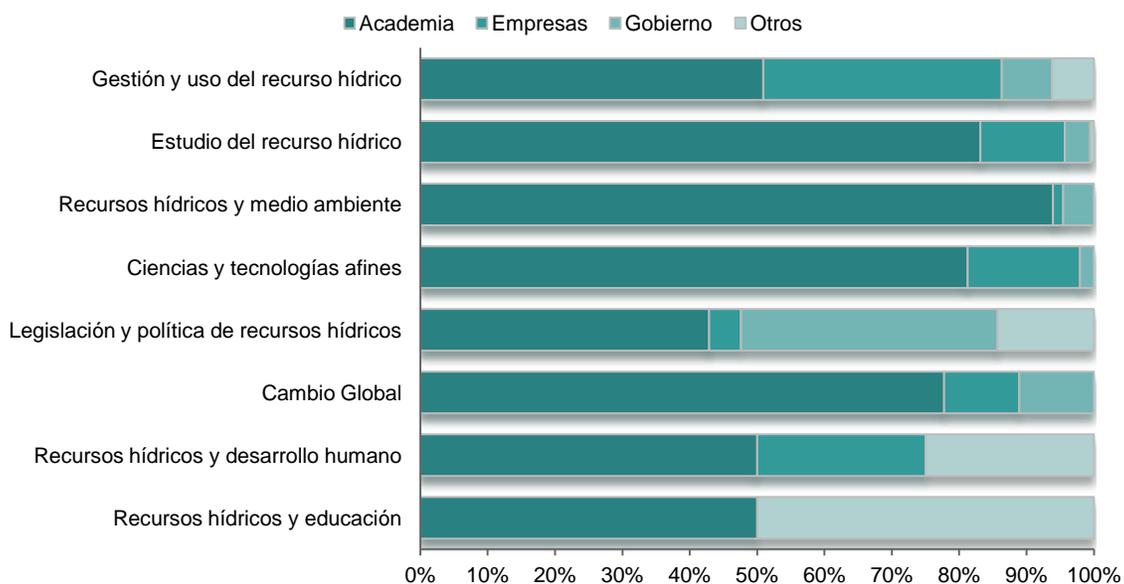


Figura 4.43. Distribución del total de trabajos presentados por autores de afiliación nacional en congresos en materia de recursos hídricos en el periodo 2010 – 2015, por dimensión de estudio según ámbito de la entidad de afiliación (N=404)²². Elaboración propia.

Por otra parte, los trabajos presentados por autores afiliados a entidades nacionales en el ámbito empresas, que registran un volumen significativamente menor respecto a las entidades del ámbito académico, tienen una participación relevante en la categoría *Gestión y uso del recurso hídrico*.

Los trabajos presentados por autores afiliados a entidades de gobierno tienen, en general, una baja participación en todas las categorías, a excepción *Legislación y Política de Recursos Hídricos*, donde la participación de estas entidades constituye la segunda más alta.

Finalmente, la contribución de los trabajos realizados por autores afiliados a entidades clasificadas en el ámbito otros, es marginal, ya que sólo presenta una participación relevante en las categorías *Recursos Hídricos y Educación* y *Recursos Hídricos y Desarrollo Humano*, donde el volumen de trabajos es muy pequeño.

C. Principales resultados

Del análisis de resultados de la producción científica no indexada, particularmente, trabajos de tesis de pre y post grado y presentaciones en congresos, dentro del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*, observamos el mismo patrón que en el caso de la producción científica indexada, registrándose una alta concentración por campos científico-tecnológicos, entidades y regiones.

²² Se excluyen también los trabajos no clasificados según taxonomía.

Sobre las principales dimensiones estudiadas, la producción identificada tiende a enfocarse en la *Gestión y Uso de los Recursos Hídricos*, y en *Estudio de los Recursos Hídricos*, que acumulan en conjunto el 50% del total de tesis revisadas (pregrado y postgrado). A su vez, esta situación se repite para el caso de los trabajos presentados en los congresos, en donde la concentración temática en las mismas dos dimensiones es incluso superior, superando el 70%. Esto se encuentra íntimamente ligado a la distribución de la participación de los campos científico-tecnológicos presentados, ya que ciencias naturales y ciencias técnicas se presentan como campos fundamentales para comprender el recurso hídrico en las tres dimensiones principales enunciadas.

También observamos que, para el caso de las tesis las regiones del país tienden a mantener la distribución general presentada. Esta situación llama la atención ya que se esperaba encontrar una distribución temática más vinculada a las necesidades de cada región, por ejemplo, una mayor predominancia de la dimensión que comprende el estudio de la sequía en las regiones pertenecientes a la zona norte y central, y una mayor concentración de la dimensión relacionada con el estudio del medio ambiente en las regiones de la zona sur de Chile. En este sentido, la falta de especialización temática asociada al territorio en el estudio de los recursos hídricos es un aspecto que merece revisión dado que un alineamiento entre prioridades de investigación y necesidades del territorio podría ser un criterio relevante en una estrategia de fomento a la investigación y desarrollo para hacer frente a las problemáticas actuales vinculadas a los recursos hídricos.

Con respecto al total de tesis y su distribución regional, existe una concentración en tres regiones del país (Metropolitana, Biobío y Valparaíso), siendo éstas las que también acumulan un número importante de universidades de prestigio a nivel nacional. De hecho, observamos que 4 universidades concentran el 40% del total de tesis examinadas, a saber: Universidad de Chile, Universidad de Concepción, Universidad de Talca y Universidad de Valparaíso, coincidiendo así con las regiones ya mencionadas, a excepción del caso de la Universidad de Talca.

Es posible visualizar, además, una relación entre el tipo de universidad y el ámbito temático de las tesis examinadas. Así es como hemos observado que la mayoría de las universidades que desarrollan tesis en las dimensiones de *Estudio de los Recursos Hídricos*, corresponde a universidades con mayor desarrollo de capacidades de investigación y que cuentan con programas en el área de las Ciencias Naturales. Por su parte, en aquellas universidades con más capacidades de desarrollo tecnológico, el desarrollo de tesis en el área de las *Ciencias y Tecnologías Afines* al estudio de los recursos hídricos es más relevante.

Por su parte, en relación a los congresos en materia de recursos hídricos, se reitera el patrón observado en el caso de las tesis y las publicaciones científicas indexadas, respecto a la clara concentración en dos dimensiones de estudio de los trabajos presentados en éstos. En este caso, la dinámica evidenciada por los congresos realizados en el país, otorga mayor visibilidad a entidades que no aparecen dentro de los análisis de producción científica anteriores: este es el caso de los trabajos presentados por empresas, así como por organismos públicos o de gobierno. Sin embargo, la distribución general de los trabajos presentados en este tipo de congresos se inclina hacia la academia en un 70%.

4.2.3 Programas de formación y especialización

En esta sección presentamos los programas de formación y especialización de universidades en Chile, relacionados con el estudio de los recursos hídricos desde diferentes disciplinas, clasificados de acuerdo a la taxonomía ÖFOS y el modelo de grandes temas de estudio.

A. Alcance metodológico

Para la identificación de estos programas, en primer lugar, realizamos una búsqueda en fuentes secundarias de información sobre programas de formación o especialización que tuvieran relación directa con los recursos hídricos. Como criterio de selección consideramos aquellos programas cuyos nombres hacen referencia explícita al estudio del recurso hídrico desde cualquier dimensión.

A partir de la revisión de estas fuentes encontramos veintiocho programas de interés para el presente trabajo directamente relacionados con los recursos hídricos: tres programas de formación conducente al título profesional, once programas de diplomado, un programa de postítulo, diez programas de máster y sólo tres programas de doctorado.

Debido al bajo número de programas identificados, para complementar la información recolectada, ampliamos la búsqueda revisando de manera sistemática todos los programas de formación y especialización vigentes en Chile, registrados en el Directorio de Instituciones de Educación Superior de la División de Educación Superior del Ministerio de Educación²³. De esta manera, consideramos más de 11.000 programas, que categorizamos por campo y área de estudio según el Nivel 1 y 4 del sistema de clasificación ÖFOS. Sobre estos programas preseleccionamos aquellos con potencial de estar relacionados con el estudio de los recursos hídricos, para luego realizar una revisión de las mallas curriculares respectivas y determinar la pertinencia de los programas a seleccionar, buscando dentro de ellas la existencia de cursos que fuesen habilitantes para el estudio de los recursos hídricos desde cualquier dimensión.

Finalmente clasificamos los programas seleccionados considerando el modelo de grandes temas de estudio; analizando si el programa imparte conocimientos que permiten estudiar: i) cambio global, ii) recursos hídricos y desarrollo humano, iii) recursos hídricos y medioambiente, iv) gestión y usos del recurso hídrico, v) estudio del recurso hídrico, vi) ciencias y tecnologías afines, vii) recursos hídricos y educación o viii) legislación y política de recursos hídricos.

B. Caracterización de los programas de formación y especialización

A partir de la revisión de fuentes secundarias de información encontramos veintiocho programas de formación y especialización de interés para el presente trabajo directamente relacionados con el estudio de los recursos hídricos. En la Tabla 4.3 sintetizamos la información sobre estos programas.

Tabla 4.3. Programas de formación y especialización directamente relacionados con los recursos hídricos de interés para el presente trabajo

²³ Divesup (2015) Directorio de Instituciones de Educación Superior. Agosto 2015. Ministerio de Educación. Gobierno de Chile. Santiago, Chile.

Nivel	Institución	Programa
Profesional	PUC Chile	Ingeniería Civil con Diploma en Ingeniería Hidráulica
Profesional	PUC Chile	Ingeniería Civil de Industrias con Diploma en Ingeniería Hidráulica
Profesional	U Chile	Ingeniería Civil, mención Hidráulica Sanitaria y Ambiental
Diplomado	U Concepción	Riego Avanzado
Diplomado	U Chile	Hidrología y Gestión Integrada de Recursos Hídricos
Diplomado	U Chile	Contaminación de Aguas
Diplomado	U Chile	Gestión Integrada de Humedales
Diplomado	U Chile	Gestión del Agua y el Ambiente en la Sociedad del Siglo XXI
Diplomado	U Chile	Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente
Diplomado	U Concepción	Gestión de Recursos Hídricos en el Sector Agroalimentario
Diplomado	U Santo Tomás	Riego Tecnificado
Diplomado	PUC Chile	Gestión y Regulación del Agua
Diplomado	PUC Valparaíso	Riego
Diplomado	UC Temuco	Tecnologías de Riego, mención Diseño de Sistemas de Riego por Goteo
Postítulo	U Santiago	Manejo Ambiental de Recursos Naturales orientado al Recurso Agua
Máster	U Magallanes	Ciencias antárticas, mención Glaciología
Máster	U Chile	Ciencias de la Ingeniería, mención Recursos y Medio Ambiente Hídrico
Máster	U Chile	Manejo de Suelos y Aguas
Máster	PUC Chile	Ciencias de la Ingeniería, mención Ingeniería Hidráulica
Máster	U Austral	Ciencias, mención Recursos Hídricos
Máster	U Finis Terrae	Derecho Minero y Aguas
Máster	U Concepción	Ingeniería Agrícola, mención Agroindustrias, Energía y Recursos Hídricos
Máster	U Santiago	Manejo Ambiental de Humedales
Máster	UC Temuco	Recursos Naturales, mención Gestión de humedales y Recursos Hídricos
Máster	U Talca	Riego y Agricultura de Precisión
Doctorado	U Concepción	Ciencias Ambientales, mención Sistemas acuáticos continentales
Doctorado	U Concepción	Ingeniería Agrícola, mención Recursos Hídricos en la Agricultura
Doctorado	U Chile	Ciencias de la Ingeniería, mención Fluidodinámica

Elaboración propia

En la Figura 4.44 presentamos la distribución de los programas presentados en la tabla anterior. De acá podemos observar que en el país existen 13 programas de postgrado relacionados en forma específica con los recursos hídricos: 3 programa de doctorado; 10 programas de maestría. Por otro lado, los 12 programas de diplomado o postítulo, y 3 programas conducentes a título universitario.

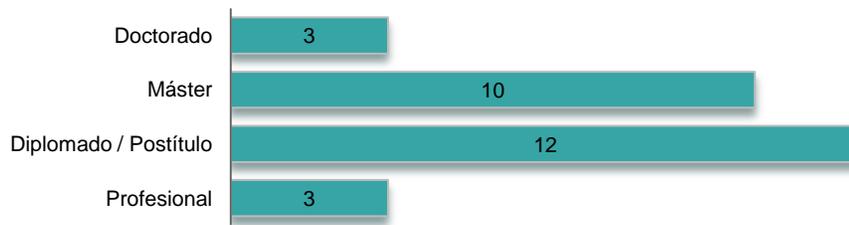


Figura 4.44. Distribución de programas de formación y especialización relacionados con el estudio de los recursos hídricos, por categoría y su relación con recursos hídricos.

Elaboración propia

En la Figura 4.45 mostramos la distribución de instituciones que imparten los programas formación y especialización identificados. De estos programas, 9 (32%) son impartidos por la Universidad de Chile, siendo la que tiene la mayor participación, seguido de las Universidad de Concepción y Pontificia Universidad Católica de Chile con 5 y 4 programas respectivamente, teniendo el resto de las instituciones identificadas una participación menor.

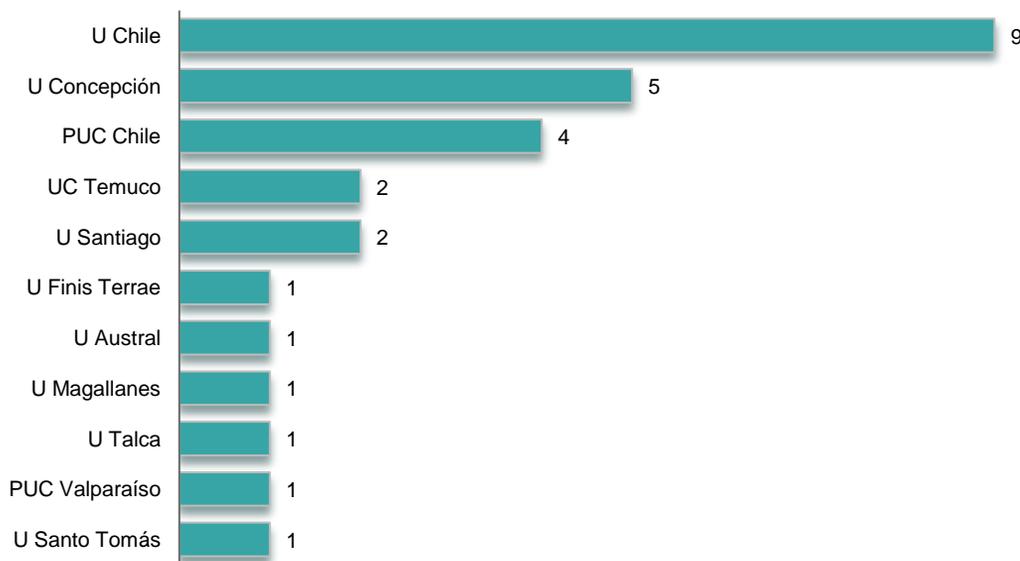


Figura 4.45. Distribución de programas de formación y especialización relacionados con el estudio de los recursos hídricos, por institución. Elaboración propia

En la Figura 4.46 presentamos la distribución de los programas formación y especialización identificados por localización geográfica. Podemos observar que 17 programas (61%) de la oferta académica se concentra en la Región Metropolitana, seguida por la Región del Biobío con 5 programas de formación, mientras que el resto de las regiones tienen una participación mucho menor.

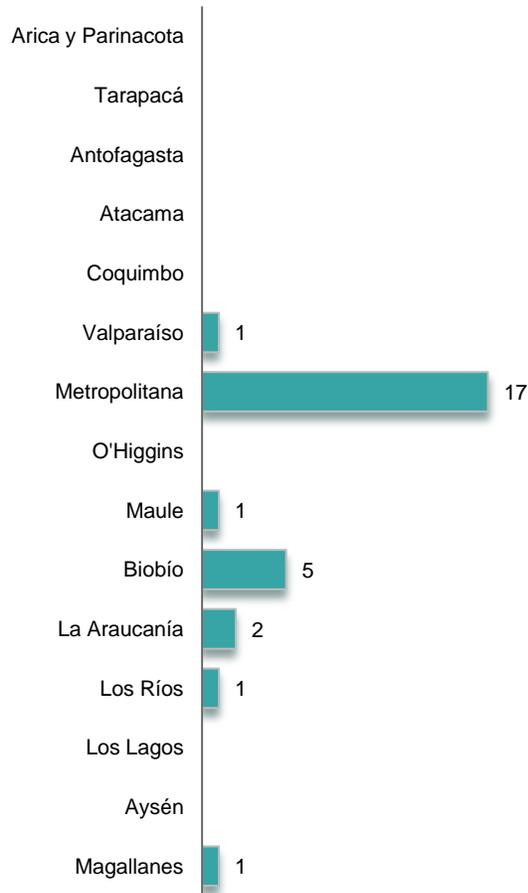


Figura 4.46. Distribución de programas de formación y especialización relacionados con el estudio de los recursos hídricos, por región. Elaboración propia

En la Figura 4.47 mostramos la distribución de los programas formación y especialización identificados por campo del conocimiento (Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS), en donde podemos observar que las Ciencias Agrícolas, Ciencias Naturales y Ciencias Técnicas concentran la mayor proporción de programas, con una participación menor del campo de las Ciencias Sociales.



Figura 4.47. Distribución de programas de formación y especialización relacionados con el estudio de los recursos hídricos, por campo del conocimiento. Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 4.48 mostramos la distribución de los programas formación y especialización identificados por área del conocimiento (Nivel 4 del sistema de clasificación ÖFOS). En base a esto, es interesante notar que los programas de formación pertenecientes a la categoría Cultivo de Tierras se localizan en la zona central. La oferta académica de la categoría Hidrología se ubica en las regiones Metropolitana, La Araucanía y Los Ríos. Finalmente, los programas pertenecientes a las categorías Ingeniería Civil, Derecho, Agricultura y Silvicultura, Física y Geografía humana, Geografía Regional, Planificación Regional se encuentran sólo en la Región Metropolitana.



Figura 4.48. Distribución de programas de formación y especialización relacionados con recursos hídricos, por área del conocimiento. Elaboración propia

Junto a los programas de formación y especialización directamente relacionados con los recursos hídricos de interés para el presente trabajo, también identificamos 216 programas de formación y especialización impartidos por universidades, en Chile que son habilitantes para el estudio de los recursos hídricos. En este contexto, usamos el término *habilitantes* para enfatizar que estos programas imparten conocimientos en temas relacionados con recursos hídricos sin que esto necesariamente implique que sus egresados tengan que desempeñarse laboralmente en este ámbito. Las variables que utilizamos para caracterizar estos programas son las siguientes:

- › Título y/o grado a obtener en el programa
- › Campo científico-tecnológico del programa
- › Área científico-tecnológica del programa
- › Clasificación del programa de acuerdo a la taxonomía propuesta
- › Localización de la institución que ofrece el programa.

Del total de programas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, el 75% corresponde a programas de formación de profesionales, seguidos de programas de especialización conducentes a máster (15%), como podemos observar en la Figura 4.49 (a). En contraste, los programas habili-

tantes que tienen una menor participación son los de especialización conducentes a doctorado (5%), y diplomado/postítulo (4%).

Con respecto a la categorización de los programas de formación y especialización según campos de conocimiento (Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS), en la Figura 4.49 (b) podemos observar que los programas se concentran principalmente en Ciencias Técnicas y Ciencias Naturales, con el 49% y 23%, respectivamente; mientras que un 22% de los programas identificados se relaciona con Ciencias Agrícolas y las Ciencias Sociales, con un 6% de participación.

Con respecto a los grandes temas de estudio que se pueden abordar con los programas de formación y especialización identificados, la Figura 4.49 (c) muestra que el 29% de los programas aborda los recursos hídricos y medioambiente, luego otras categorías tales como gestión y usos del recurso hídrico (27%), ciencias y tecnologías afines (21%), estudio del recurso hídrico (20%). En tanto, un 2% y 1% de los programas identificados habilita para estudiar legislación y política de recursos hídricos, y recursos hídricos y desarrollo humano, respectivamente.

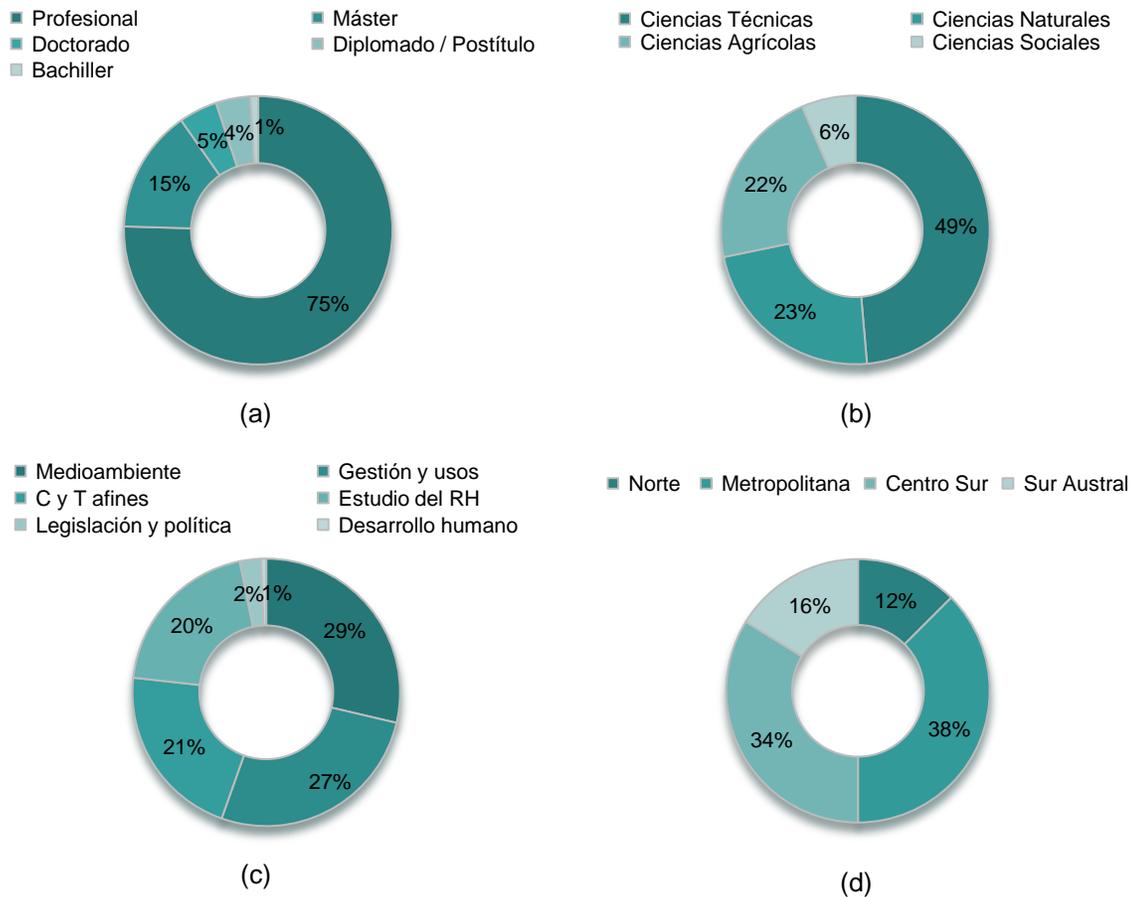


Figura 4.49. Caracterización de programas de formación y especialización habilitantes para el estudio de los recursos hídricos en Chile, según (a) nivel del programa, (b) campo de conocimiento, (c) dimensión principal de estudio, (d) macrozona. Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 4.49 (d) mostramos la distribución geográfica de los programas de formación y especialización identificados. Esta figura revela que la Región Metropolitana concentra el 38% de los programas; la macrozona centro sur (desde la Región de Valparaíso hasta la Región del Biobío) acumula un 34% de estos programas y que las macrozonas y sur-austral (desde Araucanía hasta Magallanes) y norte (desde Arica y Parinacota hasta Coquimbo) sólo concentran un 16% y 12% respectivamente de los programas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos.

Al igual que los especialistas en materia de recursos hídricos, los programas identificados se distribuyen en las regiones de Chile con un patrón similar al de la población nacional, como se puede verificar en la Figura 4.50 (a). Las regiones Metropolitana (37%), de Valparaíso (14%) y del Biobío (14%) concentran un 65% de estos programas. Observamos que en las regiones extremas del norte y sur del país se imparten relativamente pocos programas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos y que las regiones de O'Higgins, Atacama y Tarapacá muestran una situación de rezago.

Al analizar el número de programas de formación y especialización por millón de habitantes podemos observar una situación más homogénea; particularmente lo que refiere a programas de formación de profesionales con/sin licenciatura y técnicos superiores. Pese a ello, como se muestra en la Figura 4.50 (b), existen regiones con pocos programas de formación o especialización por habitantes para el estudio de los recursos hídricos, junto a O'Higgins y Los Lagos también destaca negativamente Aysén.

Junto a lo anterior, de la Figura 4.50 (a), podemos comprobar que la concentración de programas de doctorado, máster y diplomado/postítulo en las regiones Metropolitana, del Biobío y Valparaíso, es aún mayor, acumulando más del 69% de éstos; cinco regiones acumulan el 31% restante, en tanto que en siete regiones no existen programas de especialización. Observamos que las regiones mejor posicionadas pueden explicar sus resultados en función del nivel de investigación de sus principales universidades. En efecto, en las regiones Metropolitana, de Valparaíso, del Biobío y de Los Ríos, se localizan algunas de las mejores universidades de investigación a nivel nacional, tales como la Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad de Concepción, la Universidad Técnica Federico Santa María y la Universidad Austral de Chile. En la lista de este tipo de universidades también destacan instituciones pertenecientes a la Región de La Araucanía y Maule, como la Universidad de La Frontera y la Universidad de Talca; sin embargo, éstas tienen un menor número de programas de doctorado/máster habilitantes para el estudio de los recursos hídricos por habitantes. En este contexto se podría pensar que las universidades en estas regiones focalizan sus programas de doctorado en otros ámbitos de estudio.

A partir de la Figura 4.50 (b) también es posible visualizar que el número de programas de doctorado, máster y diplomado/postítulo per cápita en la Región del Biobío es mayor respecto al resto de las regiones, a excepción de la Región Metropolitana; que tal como mostramos en la Sección 4.1.2, el número de profesionales en especialización en la Región Metropolitana es considerablemente mayor. A partir de lo anterior podemos inferir que esta concentración se debe a factores tales como producción e impacto científico, prestigio, etc. de las universidades de Chile y Pontificia Católica de Chile, y en muchos casos a la presencia de efectos de acumulación (las instituciones que tienen más estudiantes de doctorado, atraen más estudiantes de doctorado).

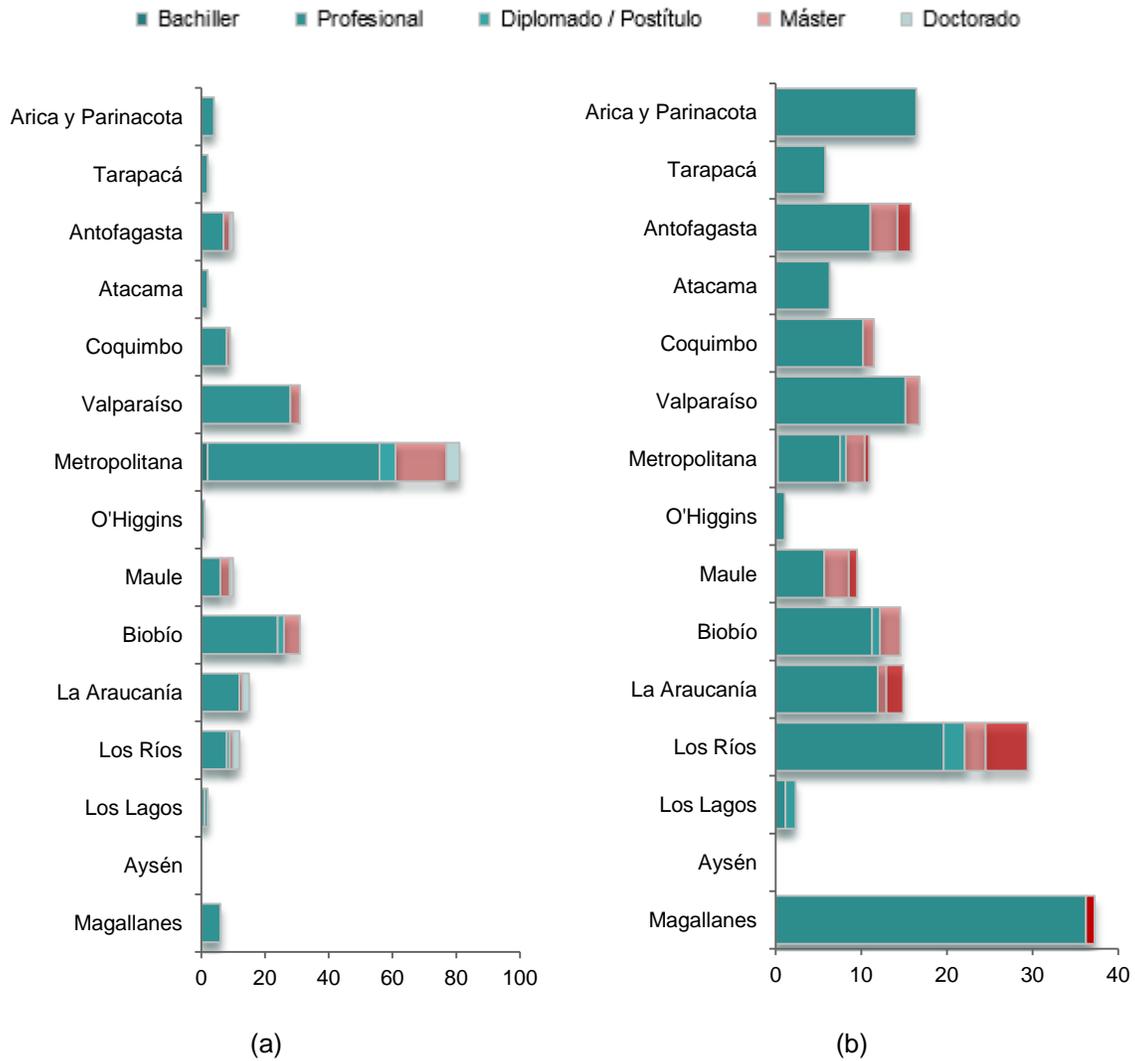


Figura 4.50. Distribución de programas de formación y especialización habilitantes para el estudio de los recursos hídricos en Chile, según su localización: (a) cantidad de programas, (b) cantidad de programas por millón de habitantes. Elaboración propia

Por otra parte, es importante analizar la distribución regional de los programas de formación y especialización de acuerdo a la taxonomía propuesta. En la Figura 4.51 (a) podemos observar que en cinco regiones del país existen programas de formación y especialización que imparten conocimientos habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, a saber Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, Biobío y Los Ríos.

Las brechas anteriormente mencionadas se acentúan si consideramos exclusivamente los programas conducentes a grados académicos (licenciado, máster, doctorado), es decir, aquellos que son el fundamento para la generación de conocimiento científico y el desarrollo tecnológico, como podemos apreciar en la Figura 4.51 (b). En este caso tenemos ocho regiones del país que no tienen programas que imparten conocimientos habilitantes específicos para el estudio de los recursos

hídricos de interés para el presente trabajo, a saber, Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo, O’Higgins, Los Lagos y Aysén.

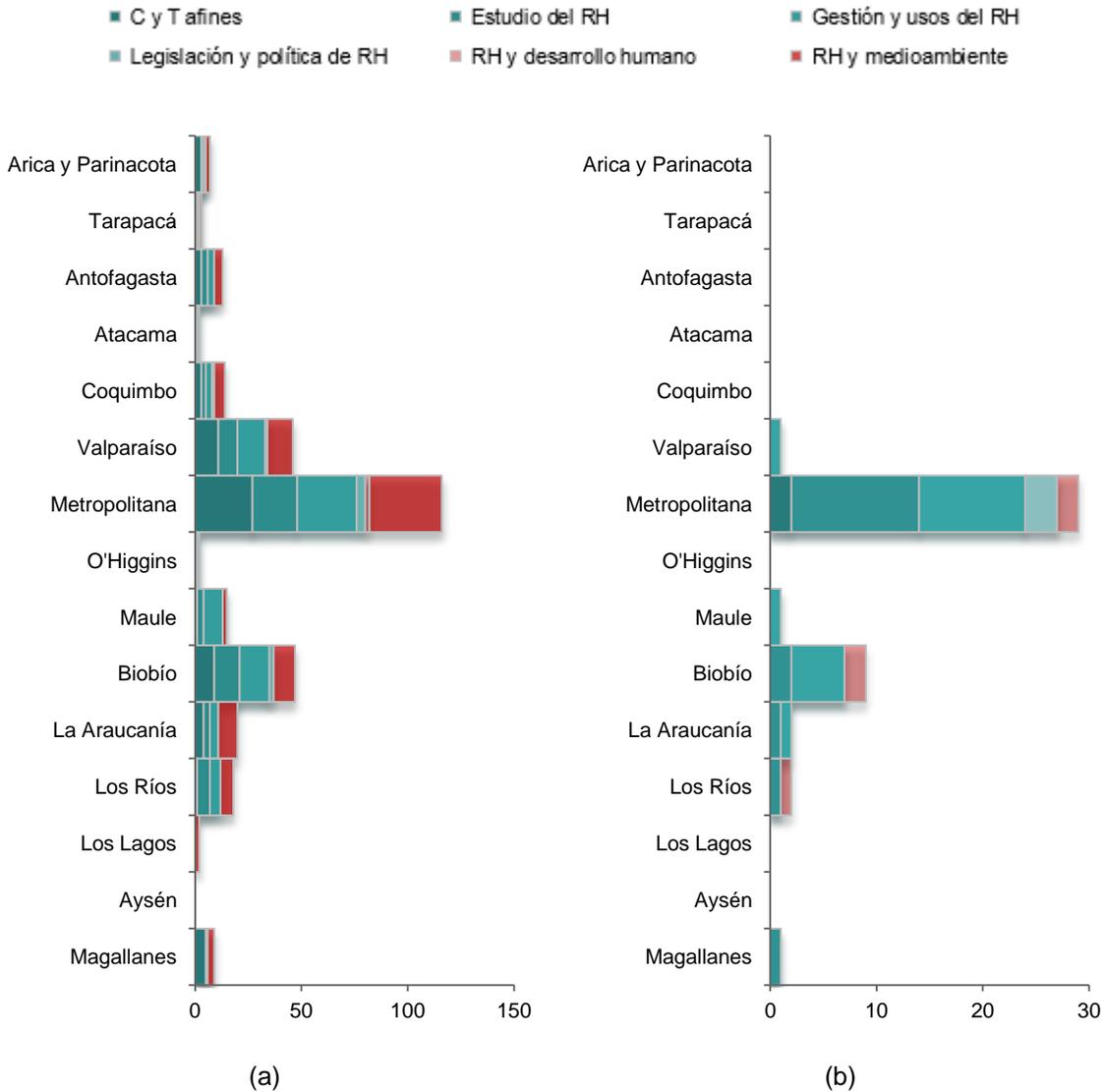


Figura 4.51. Distribución de programas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos en Chile, según área de la taxonomía propuesta, (a) programas de formación y especialización, b) sólo programas de especialización. Elaboración propia

En cuanto a la distribución de programas de formación y especialización por nivel del programa y dimensión principal de estudio de los recursos hídricos, en la Figura 4.52 podemos observar que aquellos programas que habilitan para estudiar los recursos hídricos, específicamente en recursos hídricos y medioambiente, aumentan su participación conforme aumenta el nivel del programa, es decir, es menor en programas de formación profesional y mayor en programas de doctorado, el bachiller es la excepción. Situación similar ocurre en programas que conducen a un grado académico que imparten conocimientos en la categoría de estudio de los recursos hídricos, la cual au-

menta en programas de doctorado, pero disminuye considerablemente en los programas de máster. Por el contrario, en el caso de programas que habilitan ante el desarrollo de ciencias y tecnologías afines, y gestión y usos del recurso hídrico, la relación es inversa, es decir, a nivel de programas de formación profesional. En tanto, en legislación y política de recursos hídricos, presentan una mayor participación en programas de máster, diplomados y postítulos.

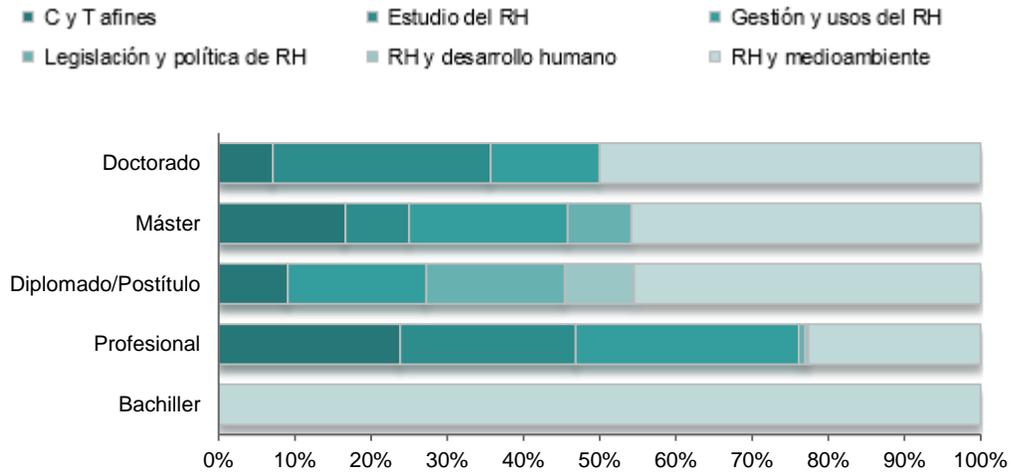


Figura 4.52. Distribución de programas de formación y especialización relacionados con recursos hídricos por nivel del programa, según su ámbito de incumbencia. Elaboración propia

En cuanto a la distribución de programas de formación y especialización por nivel del programa y campos de conocimiento según el Nivel 1 de sistema de clasificación ÖFOS, en la Figura 4.53 podemos observar que la participación de programas habilitantes en Ciencias Naturales (a excepción del Bachiller) y Ciencias Técnicas disminuye con el nivel del programa, es decir, es mayor en programas de formación de profesional y diplomados/postítulos y menor en programas de máster y doctorado. Los programas habilitantes en Ciencias Sociales, por su parte, son más comunes en los programas de diplomado. Por su parte, en las Ciencias Agrícolas la participación de programas habilitantes aumenta con el nivel del programa, en los programas de máster y doctorado, y disminuye en los programas de formación profesional.

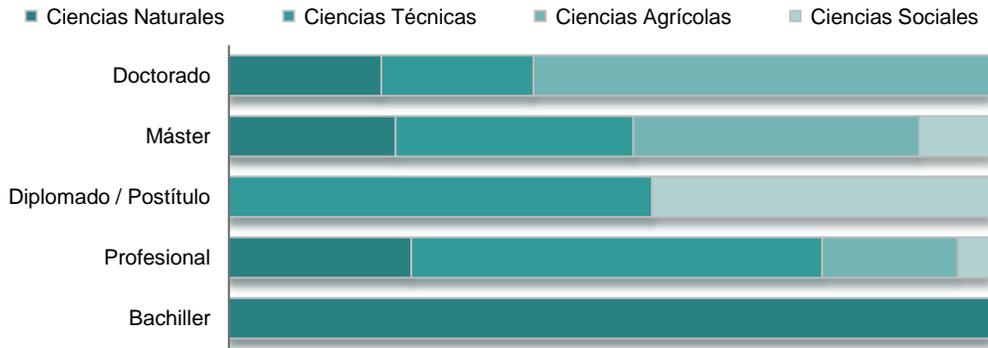


Figura 4.53. Distribución de programas de formación y especialización por nivel del programa, según el Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS. Elaboración propia

Para finalizar esta sección, en la Figura 4.53 sintetizamos la distribución de áreas de conocimiento según el Nivel 4 del sistema de clasificación ÖFOS en las que se desenvuelven los programas de formación y especialización habilitantes identificados para programas postgrado (doctorado/máster), programas de formación de profesionales, así como para programas de diplomados y postítulos. De la figura mencionada podemos observar que los programas de doctorado que hemos considerado habilitantes para el estudio de los recursos hídricos se enfocan en seis áreas del conocimiento, entre las cuales destaca Geología y Cultivo de la tierra. A medida que el nivel de los programas es menor, observamos que éstos tienen más áreas de especialización. En el caso de los programas de formación de profesionales cubren 12 áreas del conocimiento, donde Ingeniería Civil es la principal, seguida por Química, Cultivo de la tierra e Ingeniería Ambiental. Los programas de máster abarcan 9 áreas del conocimiento, donde destaca Ingeniería Ambiental, seguida por Química, Cultivo de la tierra y Otras Ciencias Agrícolas, lo cual expresa una importancia del estudio de los recursos hídricos y medioambiente. En tanto que los programas de diplomado y postgrado habilitantes para el estudio de los recursos hídricos cubren 2 áreas del conocimiento científico-tecnológico, Ingeniería Ambiental y Economía.

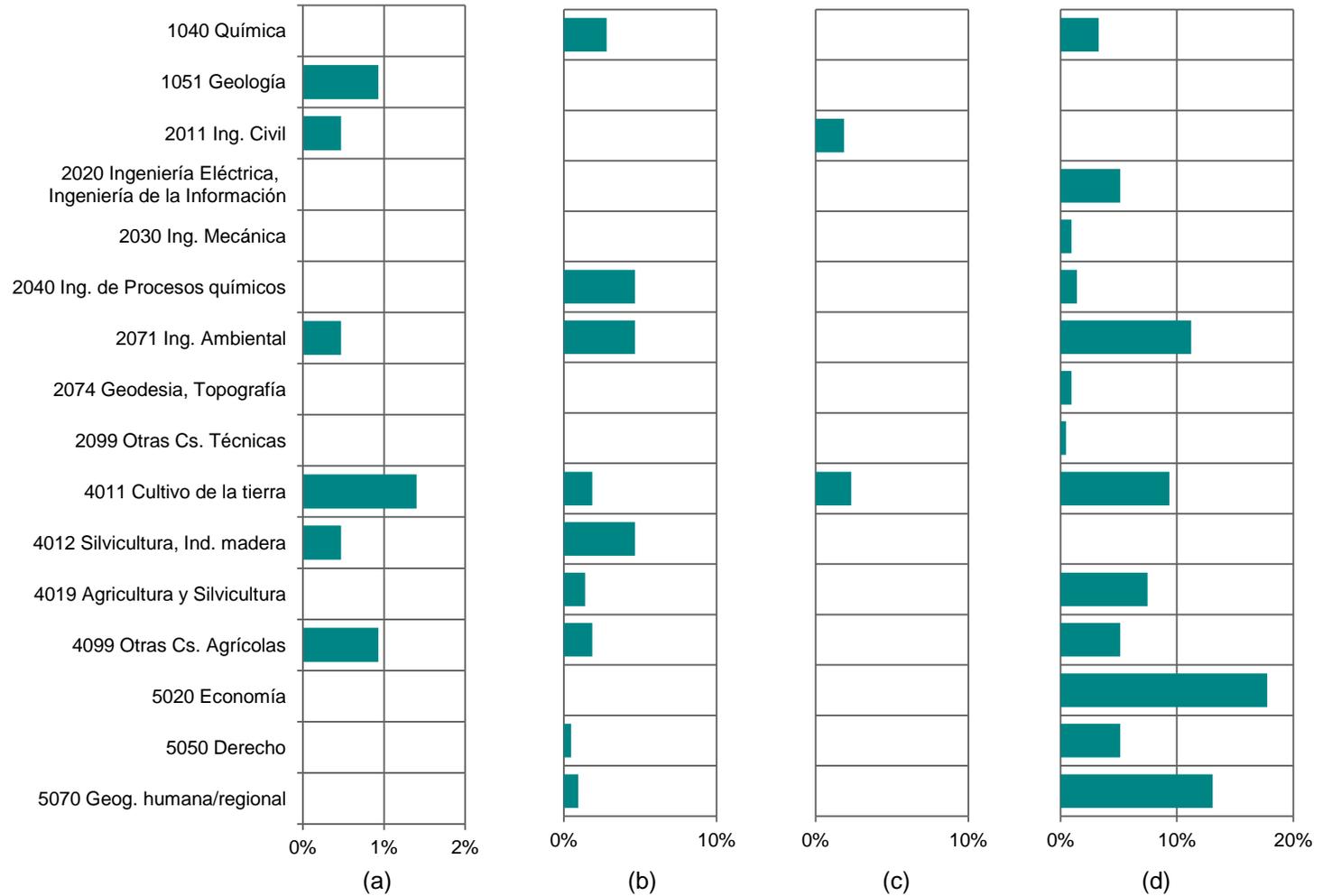


Figura 4.54. Distribución de programas de formación y especialización por nivel de programa: (a) doctorado, (b) máster, (c) diplomado/postítulo, (d) profesional. Elaboración propia

A modo de ejemplo, en la Tabla 4.4 mostramos una selección de programas de formación y especialización con las respectivas instituciones que los imparten, y la principal dimensión de estudio de los recursos hídricos que pueden abordar, según el modelo de grandes temas de estudio. La selección de los ejemplos se sustenta en el criterio de máxima variabilidad, eligiendo de esta forma programas que muestren diversas combinaciones de las variables presentadas.

Tabla 4.4. Ejemplos de programas de formación y especialización habilitantes para el estudio de los recursos hídricos

Categoría	Programa	Institución	Dimensión principal
Doctorado	Ecosistemas Forestales y Recursos Naturales	U Austral	Recursos hídricos y medioambiente
Doctorado	Ciencias de Recursos Naturales	U Frontera	Recursos hídricos y medioambiente
Doctorado	Ciencias, mención Geología	UC Norte	Estudio del recurso hídrico
Doctorado	Ciencias de la Ingeniería	PUC Chile	Ciencias y tecnologías afines
Doctorado	Ciencias Agrarias	U Talca	Gestión y usos del recurso hídrico
Máster	Aplicaciones de Ingeniería Ambiental	UC Norte	Recursos hídricos y medioambiente
Máster	Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable	U Mayor	Gestión y usos del recurso hídrico
Máster	Ciencias, mención Química	U Concepción	Ciencias y tecnologías afines
Máster	Ciencias Químico-Ecológicas	U Bío-Bío	Ciencias y tecnologías afines
Máster	Derecho ambiental	U Desarrollo	Legislación y Política de Recursos Hídricos
Máster	Geografía, mención Recursos Territoriales	U Chile	Estudio del Recurso Hídrico
Profesional	Química	U Santiago	Ciencias y tecnologías afines
Profesional	Agronomía	U Talca	Gestión y usos del recurso hídrico
Profesional	Construcción Civil	UT Federico Santa María	Gestión y usos del recurso hídrico
Profesional	Geografía	U Concepción	Estudio del recurso hídrico
Profesional	Geología	UC Norte	Estudio del recurso hídrico
Profesional	Ingeniería Agronómica	U Chile	Gestión y usos del recurso hídrico

Profesional	Ingeniería Ambiental	U Santiago	Recursos hídricos y medioambiente
Profesional	Ingeniería Civil	UT Federico Santa María	Estudio del recurso hídrico
Profesional	Ingeniería Civil Agrícola	U Concepción	Gestión y usos del recurso hídrico
Profesional	Ingeniería Civil Eléctrica	PUC Chile	Ciencias y tecnologías afines
Profesional	Ingeniería Civil Mecánica	U Austral	Ciencias y tecnologías afines
Profesional	Ingeniería en Conservación de Recursos Naturales	U Concepción	Recursos hídricos y medioambiente
Profesional	Ingeniería en Energía y Sustentabilidad	U San Sebastián	Legislación y política de Recursos Hídricos
Profesional	Ingeniería en Recursos Naturales	U Chile	Recursos hídricos y medioambiente
Profesional	Ingeniería Forestal	PUC Chile	Recursos hídricos y medioambiente
Profesional	Química Ambiental	UC Santísima Concepción	Ciencias y tecnologías afines

Elaboración propia

C. Principales resultados

En términos generales, los veintiocho programas académicos que tratan los recursos hídricos en forma específica son principalmente de postgrado. A nivel regional la distribución de estos programas es muy desigual. De hecho, sólo siete regiones presentan programas académicos de este tipo. En términos absolutos, la Región Metropolitana acumula un 61% de la oferta académica, donde la Universidad de Chile con un 32% es la que tiene la mayor participación, seguida de la Universidad de Concepción con un 18%.

En cuanto a la distribución por campo del conocimiento (Nivel 1 de ÖFOS), podemos observar que las Ciencias Agrícolas (36%), Ciencias Naturales (29%), Ciencias Técnicas (25%) presentan una mayor participación, en tanto las Ciencias Sociales (11%) concentran una menor proporción de programas académicos, lo cual es sorprendente dada la importancia que tiene la relación agua y sociedad para la sostenibilidad del recurso hídrico. A partir del análisis solo es posible identificar leves patrones de especialización regional en los programas académicos. Considerando las áreas de conocimiento (Nivel 4 de ÖFOS) existe una cierta concentración de programas en el área de Cultivo de Tierras en la zona centro del país en tanto en zona sur del país (La Araucanía y Los Ríos) se encuentra una cierta concentración de programas académicos en el área de Hidrología.

Además de los programas académicos que tratan los recursos hídricos en forma específica, existen 216 programas de formación y especialización que son habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, de los cuales un 75% corresponde a programas de formación profesional, y un 15% a máster, mientras en una menor proporción se encuentran los programas conducentes a doctorado (5%) y diplomado/postítulo (4%). Del total de programas habilitantes encontramos que éstos se concentran principalmente en las Ciencias Técnicas (49%) y Ciencias Naturales (23%), seguido por las Ciencias Agrícolas (22%) y en una menor participación las Ciencias Sociales (6%), esto último continúa con el patrón de los programas que tratan los recursos hídricos en forma específica, donde las Ciencias Sociales corresponden al campo del conocimiento con una menor participación.

Respecto a los grandes temas de estudio, las dimensiones *Recursos Hídricos y Medioambiente*, y *Gestión y Usos del Recurso Hídrico* corresponden a las principales categorías con un 29% y 27% respectivamente, luego *Ciencias y Tecnologías Afines* con un 21%, y *Estudio del Recurso Hídrico* con un 20%. En tanto, los programas académicos relacionados con *Legislación y Política de Recursos Hídricos*, y *Recursos Hídricos y Medioambiente*, presentan un 2% y 1%.

5 Financiamiento de la investigación y el desarrollo en materia de recursos hídricos

En este capítulo presentaremos aspectos relacionados con el financiamiento de la investigación y el desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile. En la Sección 5.1 caracterizaremos fuentes de financiamiento nacionales y extranjeras que representan una oportunidad para financiar iniciativas de investigación científica y desarrollo tecnológico en materia de recursos hídricos en el país. Luego, en la Sección 5.2, presentaremos un modelo para estimar el gasto pasado, presente y futuro en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en el país.

5.1 Fuentes de financiamiento

En esta sección caracterizamos las oportunidades para financiar investigación científica y desarrollo tecnológico en materia de recursos hídricos en Chile. La mayoría de las líneas identificadas no son específicas para recursos hídricos; pese a ello, estas líneas son condiciones habilitantes para el desarrollo del *Sistema Nacional Innovación en materia de Recursos Hídricos*.

A. Alcance metodológico

Para identificar líneas y fuentes de financiamiento que permiten financiar investigación científica y desarrollo tecnológico en materia de recursos hídricos en Chile hemos utilizado fuentes secundarias de información.

En primer lugar, realizamos un barrido en internet con el fin de identificar fondos y/o entidades que financian investigación, desarrollo e innovación tanto en Chile como en los países de la OCDE. Para el caso de Chile, esta búsqueda incluyó fondos de instituciones de educación superior nacionales que financian actividades de investigación y desarrollo. La búsqueda se realizó utilizando palabras claves para identificar tanto bases de datos con información agregada sobre los fondos buscados como entidades y fondos específicos. Luego, revisamos las orientaciones de cada uno de

los fondos extranjeros identificados para seleccionar aquellos a los que pueden concursar actores localizados en Chile.

Posteriormente, a partir de la lista preliminar de fondos que financian investigación y desarrollo en Chile, seleccionamos aquellas líneas pertinentes al ámbito de recursos hídricos. En el registro de las líneas consideramos aquellos con convocatorias en el período 2015 – 2016, descartando las líneas disponibles en años anteriores que no se encontraban vigentes en este periodo.

Finalmente, realizamos una conversión a pesos chilenos de los montos consignados en otras monedas, considerando el promedio anual del tipo de cambio para el año de la convocatoria respectiva.

B. Caracterización de las fuentes de financiamiento

A partir de la información recolectada hemos identificado 179 líneas para el financiamiento de actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico en Chile, que aplican para el ámbito de recursos hídricos. De estas líneas, 124 pertenecen a fondos administrados por 26 entidades nacionales. Las restantes 55 líneas pertenecen a fondos administrados por 33 entidades extranjeras. A continuación, presentamos la caracterización de las líneas de financiamiento identificadas. En primer lugar, nos concentramos en las líneas pertenecientes a fondos nacionales para luego considerar aquellas pertenecientes a fondos extranjeros.

1. Líneas de financiamiento nacionales

Como resultado de la búsqueda de fuentes de financiamiento nacionales para actividades de investigación, desarrollo e innovación en materia de recursos hídricos, logramos identificar 124 líneas activas y con montos por iniciativa conocidos, pertenecientes a fondos administrados por 26 entidades.

Las variables que utilizamos para la caracterización general de las líneas y fuentes de financiamiento son las siguientes:

- › Público objetivo de la línea de financiamiento
- › Objetivo de financiamiento de la línea
- › Duración de la línea de financiamiento
- › Sector de entidad que administra la línea
- › Origen del fondo que financia la línea
- › Monto máximo financiado por la línea para una iniciativa por año.

Las líneas de financiamiento nacionales y entidades respectivas se distribuyen según su ámbito de origen, como mostramos en la Figura 5.1. En el gráfico a la izquierda (a) podemos observar que del total de líneas identificadas un 46% (57) pertenece al ámbito académico, mientras que un 53% (66) a organismos públicos, y por último, se encuentra una única línea en el ámbito privado, que corresponde a Fundación COPEC. En cuanto a las entidades que administran estas líneas, como podemos comprobar en la Figura 5.1. (b), el ámbito académico acumula un 81% (21) de las entidades con líneas de financiamiento relevantes para la investigación, el desarrollo y la innovación en materia de recursos hídricos; en tanto que los organismos públicos representan sólo el 15% (4) de estas

entidades, mientras que una fundación abarca un 4% de las entidades nacionales. Finalmente, en cuanto a los montos de las líneas identificadas, desde el punto de vista de una persona (natural o jurídica) en busca de financiamiento, las líneas ofrecidas por universidades acumulan sólo el 3% de las oportunidades a nivel nacional (234 millones de pesos anuales), mientras que las líneas ofrecidas por entidades de gobierno representan el 96% (6.719 millones de pesos anuales) de estas oportunidades²⁴, en tanto Fundación COPEC representa sólo el 1% del financiamiento anual (51 millones de pesos anuales). De este modo, líneas de provenientes de organismos públicos definen en términos de montos por iniciativa el grueso de las oportunidades nacionales para financiar investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile.

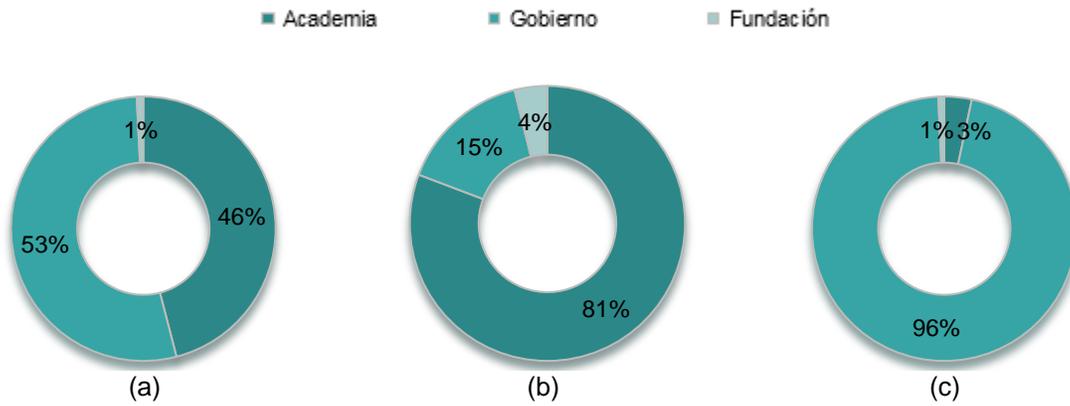


Figura 5.1. Cuota de participación de las líneas de financiamiento nacionales por categoría de entidad oferente: a) cantidad de líneas, b) cantidad de entidades oferentes, c) monto de financiamiento acumulado. Elaboración propia

El detalle del número de líneas administradas por universidades cuyos montos por iniciativa son conocidos se presenta en la Figura 5.2; estas líneas están destinadas a financiar proyectos de académicos y estudiantes pertenecientes a las mismas casas de estudio. Aparte de las líneas presentadas, las universidades administran otras líneas cuyos montos por iniciativa no son públicos. En el caso de las líneas administradas por organismos públicos, estas provienen de 4 entidades: Conicyt, Corfo, Inach y Minecon, de las cuales Conicyt y Corfo representan el 94% del número de líneas de financiamiento.

²⁴ En este contexto es importante destacar que estas cifras se obtienen de sumar los montos máximos anuales que cada línea financia para una iniciativa individual (por ejemplo un proyecto, una pasantía, una inversión, etc.); es decir no corresponden a los fondos disponibles por línea.

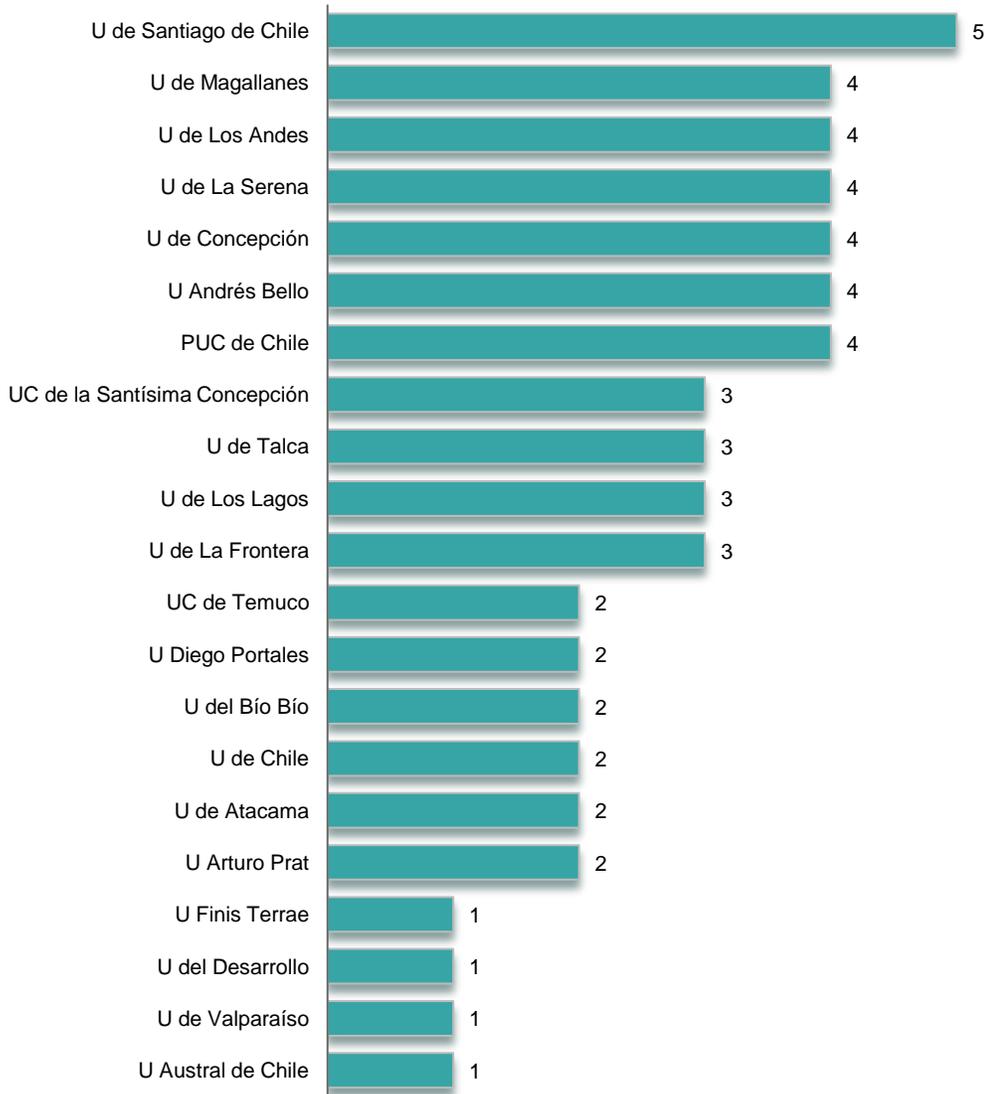


Figura 5.2. Número de líneas de financiamiento del ámbito académico, por universidad.
Elaboración propia

Para caracterizar las líneas de financiamiento identificadas, en lo que sigue nos situamos en la posición de una persona (natural o jurídica) que necesita financiar una iniciativa relacionada con investigación, desarrollo y/o innovación en el ámbito de recursos hídricos. Para esta persona, las líneas de interés quedan definidas por factores tales como el tipo de iniciativa (por ejemplo investigación científica, desarrollo de capital humano o modernización de equipamiento); el tipo de beneficiario (por ejemplo empresa, centro de investigación o profesional en general); el monto anual disponible para su iniciativa, etc.

En la Figura 5.3 (a) podemos observar que las líneas de financiamiento ofrecidas por universidades abarcan diferentes objetivos de financiamiento: i) sólo investigación científica, ii) investigación y

desarrollo, iii) sólo desarrollo tecnológico, iv) capital humano y v) equipamiento. En el caso de las líneas ofrecidas por universidades, el 86% de estas líneas está enfocado a proyectos de investigación científica, es decir, principalmente a investigadores. Como hemos mencionado anteriormente, en este caso, dado que estas líneas de financiamiento no son de acceso público, sino que están reservadas a académicos y estudiantes de las respectivas universidades, no es pertinente agregar los montos respectivos por tipo de objetivo. Por su parte, como podemos apreciar en la Figura 5.3 (b), las líneas de financiamiento provenientes de fondos públicos también cubren las cinco categorías de objetivos de financiamiento mencionadas anteriormente, con una distribución más homogénea; aun cuando el número de líneas que financian proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico o ambos tipos de actividades tienen una cuota de participación acumulada del 57%; el número de líneas que financian proyectos de desarrollo de capital humano tiene una cuota de participación del 26%; finalmente las líneas enfocadas en proyectos de inversión en equipamiento científico y tecnológico representan sólo el 5%. A modo de comparación, en promedio las líneas destinadas a proyectos de investigación científica financian un monto cercano a los 92 millones de pesos anuales, mientras que las líneas dirigidas a la adquisición y/o actualización de equipamiento científico otorgan en promedio un monto de 824 millones de pesos anuales.

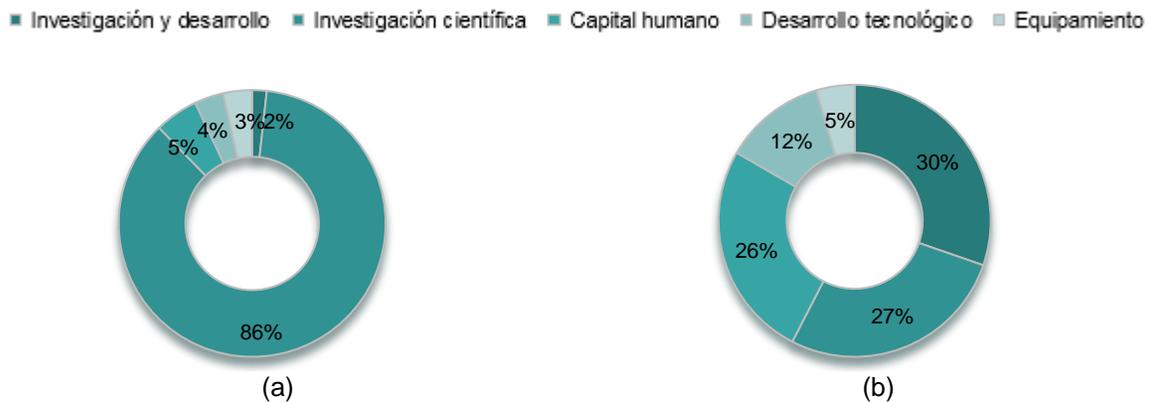


Figura 5.3. Cuota de participación de las líneas de financiamiento nacionales por categoría de objetivo de financiamiento, según tipo de entidad: a) universidades, b) organismos de gobierno. Elaboración propia

Debido a que las líneas de financiamiento administradas por universidades no son de acceso público y a que los montos promedio por línea son relativamente bajos, en lo que sigue nos concentramos en las líneas administradas por organismos públicos. El número y los montos de las líneas de financiamiento administradas por Conicyt y Corfo se distribuyen según su objetivo de financiamiento como mostramos en la Figura 5.4. De acá podemos observar que, en términos generales, un proyecto en donde se genere conocimiento científico, tiene 13 líneas relevantes las que acumulan 1.201 millones de pesos anuales; en tanto un proyecto de inversión para la adquisición y/o actualización de equipamiento científico y/o tecnológico tiene sólo 3 líneas relevantes que acumulan 2.473 millones de pesos anuales. Es decir, en promedio las líneas que financian investigación científica proveen fondos cercanos a los 92 millones de pesos anuales, en tanto que las líneas que financian inversiones para equipamiento científico y/o tecnológico tiene volúmenes mucho mayores, por sobre los 824 millones de pesos anuales. Para las otras líneas la situación es más

homogénea. Para un proyecto de desarrollo tecnológico las 8 líneas de financiamiento relevantes acumulan 516 millones de pesos anuales; en tanto que para un proyecto que combine actividades de investigación y desarrollo las 19 líneas de financiamiento relevantes acumulan 2.012 millones de pesos anuales; el segundo monto más alto por tipo de objetivo de financiamiento. Por su parte, para un proyecto de desarrollo de capital humano, las 17 líneas de financiamiento relevantes acumulan solo 292 millones de pesos anuales. En este contexto es necesario enfatizar que los montos mencionados son teóricos, si no se consideran simultáneamente otras variables tales como objetivo de financiamiento y público objetivo de las líneas.



Figura 5.4. Distribución de líneas de financiamiento nacionales administradas por organismos públicos según objetivo de las líneas: a) número de líneas, b) monto acumulado de las líneas (MM\$ anuales). Elaboración propia

En la

Figura 5.5 mostramos el detalle de los montos acumulados en las líneas de financiamiento provenientes de Conicyt y Corfo. De acá podemos observar que para el desarrollo de capital humano y actividades de investigación científica solo Conicyt tiene líneas de financiamiento disponibles, en tanto que para actividades de investigación y desarrollo Conicyt y Corfo ofrecen financiamiento significativo, aun cuando los públicos objetivos son diferentes (Conicyt se enfoca en académicos así como universidades y centros de investigación; Corfo se enfoca en empresas), en cambio para actividades de desarrollo tecnológico, Corfo es la principal fuente de financiamiento. Finalmente, para financiar la compra o modernización de equipamiento científico y/o tecnológico Corfo destaca, puesto que presenta el mayor monto de financiamiento para este objetivo, así como el más cuantioso de todas las líneas de financiamiento.

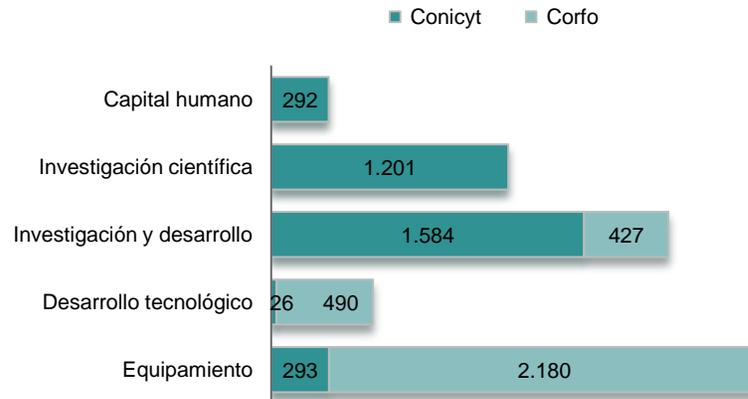


Figura 5.5. Distribución de los montos acumulados de las líneas (MM\$ anuales) de financiamiento de organismos públicos nacionales, por objetivo de financiamiento.

Elaboración propia

En la Figura 5.6 mostramos los montos acumulados por las líneas de financiamiento ofrecidas por Conicyt y Corfo, según categoría de público objetivo. De acá podemos observar que una universidad o un centro de investigación puede acceder a líneas de financiamiento que acumulan 4.208 millones de pesos anuales (65%), de los cuales 2.893 millones pueden ser financiados por Corfo y los 1.315 restantes por Conicyt. Una empresa tiene acceso a líneas de financiamiento que acumulan 1.830 millones de pesos anuales (28%); en este caso igualmente la mayor cuota proviene de fondos de Corfo con 1.782 millones, en tanto que los 48 millones restantes provienen de Conicyt. Un académico tiene acceso a líneas de financiamiento que acumulan 341 millones de pesos anuales (5%). Por su parte, un profesional no académico tiene acceso a líneas de financiamiento que acumulan 87 millones de pesos anuales. Finalmente, un estudiante tiene acceso a líneas de financiamiento que acumulan 27 millones de pesos anuales (1%). Las líneas de financiamiento para estas últimas tres categorías de público objetivo provienen sólo de Conicyt y están destinadas al desarrollo de capital humano. En este contexto es necesario enfatizar que estos montos son teóricos, si no se consideran simultáneamente otros factores. Por ejemplo, en el caso de iniciativas que apoyen la investigación científica, la experiencia y el desempeño científico del investigador principal es fundamental; en el caso de iniciativas que apoyen proyectos de innovación en empresas, la liquidez de la empresa y su capacidad de cofinanciamiento son condiciones necesarias, etc.

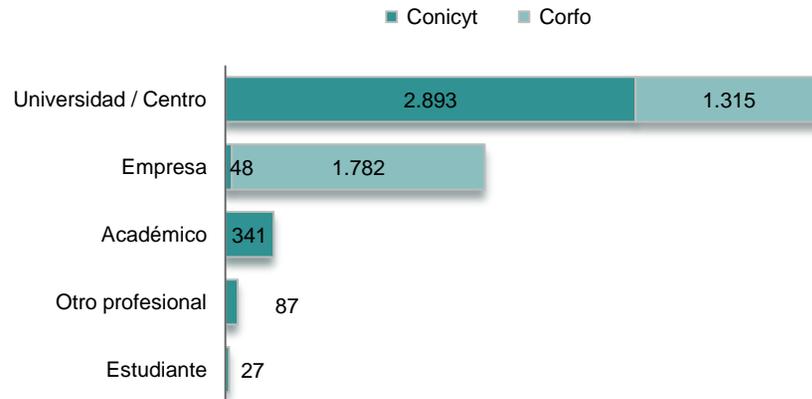


Figura 5.6. Distribución de los montos acumulados de las líneas de financiamiento de organismos públicos nacionales por categoría de beneficiario (MM\$ anuales). Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 5.7 mostramos el resultado de cruzar los montos acumulados por las líneas de financiamiento ofrecidas por organismos públicos según categoría de público objetivo y objetivo de financiamiento. Esta figura nos permite tener un panorama más claro de los fondos a los que tiene acceso una persona (natural o jurídica) que necesita financiar una iniciativa relacionada con investigación, desarrollo y/o innovación en el ámbito de recursos hídricos. De acá podemos observar que los montos de las líneas para financiar proyectos de desarrollo tecnológico se distribuyen homogéneamente entre universidades y centros de investigación, así como empresas. Sin embargo, los montos de las líneas para financiar proyectos de investigación científica están concentrados en universidades y centros de investigación, seguido por académicos; en tanto que los montos de las líneas para financiar proyectos en que se combinen actividades de investigación y desarrollo se orientan principalmente a universidades y centros de investigación, luego a empresas, y en menor grado a académicos. Acá es importante destacar que los proyectos de investigación que se financian para académicos, universidades y centros de investigación incluyen tanto investigación básica como aplicada, en tanto que los proyectos de investigación que se financian para empresas se concentran en investigación aplicada. De la figura siguiente también podemos observar que las líneas para financiar iniciativas de desarrollo de capital humano abarcan todas las categorías de público objetivo; estudiantes y otros profesionales, junto a las mencionadas anteriormente. En el caso de las líneas para inversiones en equipamiento científico-tecnológico, éstas se destinan sólo a universidades y centros de investigación, empresas, y por último académicos, aunque en este último caso con montos mucho más reducidos.

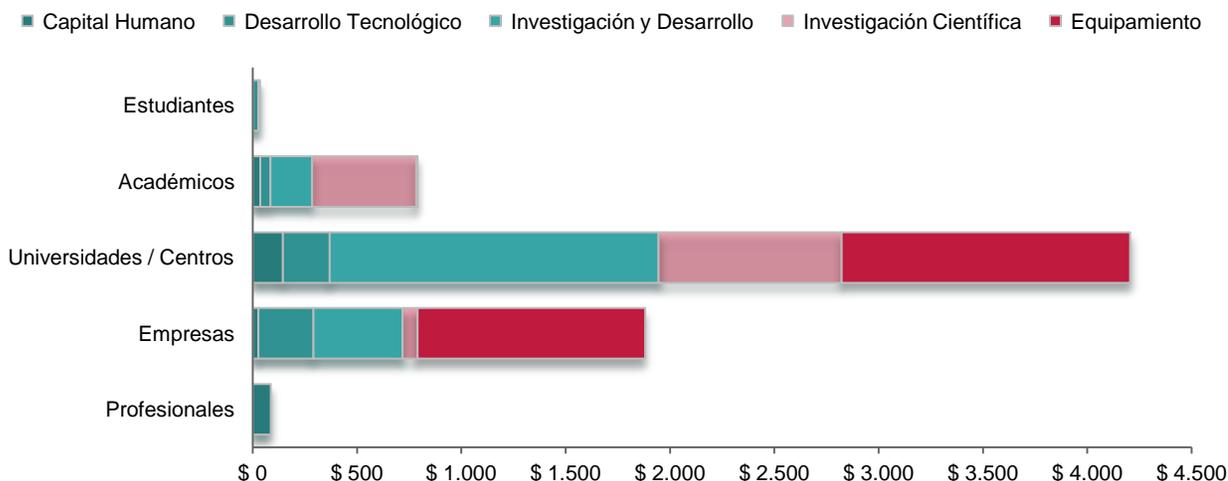


Figura 5.7. Distribución de los montos acumulados de las líneas de financiamiento de organismos públicos nacionales por categoría de beneficiario (MM\$ anuales), según objetivo de financiamiento. Elaboración propia

Además de las líneas caracterizadas en esta sección, existen otras líneas de financiamiento administradas por organismos públicos que no se encuentran activas hace algunos años, por ejemplo la línea de Fortalecimiento y Apoyo para Grupos de Investigadores del Programa de Investigación Asociativa (PIA) de Conicyt, la línea de creación de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias del Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias (Fondap) de Conicyt, y la línea de creación de centros del Programa Iniciativa Científica Milenio del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

A modo de ejemplo, en la

Tabla 5.1 presentamos una selección de líneas de financiamiento de Conicyt y Corfo que se encuentran activas y que representan oportunidades para financiar actividades de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos.

Tabla 5.1. Ejemplos de líneas de Conicyt y Corfo que representan oportunidades para financiar actividades de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos

Línea	Organismo	Público	Objetivo	Monto anual
Fondo de Equipamiento Científico y Tecnológico (Fondequip)	Conicyt	Universidades y Centros de Investigación	Equipamiento	147 MM\$
Programa de Innovación Tecnológica Empresarial – Validación y Empaquetamiento de Innovaciones	Corfo	Empresas	Investigación y desarrollo	100 MM\$

Línea	Organismo	Público	Objetivo	Monto anual
Programa IDeA de Investigación Tecnológica del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef) – IDeA Investigación Tecnológica	Conicyt	Universidades y Centros de Investigación	Investigación y desarrollo	75 MM\$
Programa IDeA de Investigación Tecnológica del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef) – IDeA en dos Etapas	Conicyt	Universidades y Centros de Investigación	Investigación y desarrollo	75 MM\$
Programa de I+D Aplicada en Empresas	Corfo	Empresas	Investigación y desarrollo	68 MM\$
Programa de Innovación Tecnológica Empresarial – Prototipos de Innovación en Productos y Procesos	Corfo	Empresas	Investigación y desarrollo	60 MM\$
Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt) – Regular	Conicyt	Académicos	Investigación científica	57 MM\$
Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt) – Iniciación en Investigación	Conicyt	Académicos	Investigación científica	30 MM\$
Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt) – Postdoctorado	Conicyt	Académicos	Investigación científica	25 MM\$
Diplomado Regional en Temas de Ciencia, Tecnología e Innovación	Conicyt	Universidades y Centros de Investigación	Capital humano	45 MM\$
Programa de Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado en el Sector Productivo (PAI) – Inserción de Capital Humano Avanzado en Sector Productivo	Conicyt	Empresas, Universidades y Centros de Investigación	Capital humano	27 MM\$
Magíster Regional en Temas de Ciencia, Tecnología e Innovación	Conicyt	Universidades y Centros de Investigación	Capital humano	24 MM\$

Elaboración propia

El Fondo de Equipamiento Científico y Tecnológico (Fondequip) de Conicyt entrega hasta 220 millones de pesos en un plazo de 18 meses para la adquisición, actualización y/o acceso a equipamiento científico y tecnológico destinados a actividades de investigación científica de frontera. Pueden postular a los recursos universidades que se encuentren acreditadas por la Comisión Nacional de Acreditación a la fecha de postulación del concurso, que realicen actividades de investigación y que presenten una propuesta. El proyecto puede ser presentado por un investigador o coordinador responsable respaldado por una Universidad, la cual debe además comprometer un cofinanciamiento del 50% en aportes pecuniarios y no pecuniarios. En el ámbito de recursos hídricos, esta línea de puede financiar, por ejemplo, equipamiento para el fortalecimiento de redes existentes para la obtención de datos fluviométricos, tal como se menciona en la Tarea A1 de la Mesa 1 de la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos.

El Programa de Innovación Tecnológica Empresarial de Corfo está orientado a fomentar la innovación en las empresas nacionales, para el desarrollo o mejoramiento de productos y/o procesos innovadores que sean nuevos para el mercado en el que compite la empresa. Así, el apoyo de este programa está focalizado en proyectos de innovación con desafíos tecnológicos importantes, que tengan impactos significativos en los negocios de las empresas y que el origen del mismo sea a partir de una necesidad/oportunidad detectada por éstas. El Programa tiene dos líneas: Prototipos de Innovación en Productos y Procesos, que tiene un aporte tope de 60 millones de pesos en un plazo de 12 meses, y Validación y Empaquetamiento de Innovaciones, que tiene un aporte tope de 200 millones de pesos en un plazo de 24 meses. En ambos casos se financia hasta un 70% del costo total del proyecto, según el tamaño del beneficiario determinado a través de sus ingresos por ventas. En el ámbito de recursos hídricos, esta línea puede financiar, por ejemplo, el desarrollo de nuevas aplicaciones y soluciones con tecnologías habilitantes, como el desarrollo de sensores que generen nuevas capacidades para la reutilización del agua.

El programa Investigación y Desarrollo en Acción (IDeA) es parte del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef) de Conicyt y financia proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico con alto contenido científico y con potencial de impactar la economía y/o la sociedad. Los resultados deben ser obtenidos, evaluados y validados en plazos breves. El programa consta de dos concursos que financian proyectos de universidades y centros de investigación por un monto de hasta 150 millones de pesos en un plazo de 24 meses: el Concurso IDeA en Dos Etapas y el Concurso de Investigación Tecnológica. El Concurso IDeA en Dos Etapas apoya proyectos que planteen una hipótesis científica que sustente la obtención de resultados que alcancen un nivel de prueba de concepto, modelo o prototipo evaluados en condiciones de laboratorio o pequeña escala (estos proyectos son financiados en dos etapas consecutivas). Por su parte, el Concurso de Investigación Tecnológica apoya proyectos orientados a acercar resultados de un proyecto de investigación previo a condiciones cercanas a una aplicación definida. recursos hídricos

Por su parte, el programa I+D Aplicada en Empresas de Corfo financia proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico para abordar una problemática productiva, para la cual no existe una solución disponible en el mercado, permitiendo que las empresas realicen actividades para alcanzar una solución nueva y original. El programa financia hasta un 70% del costo total del proyecto, según el tamaño del beneficiario determinado a través de sus ingresos por venta, con un tope de 135 millones de pesos en un plazo de 24 meses. Dentro de las actividades financiadas se incluyen investigación aplicada, desarrollo y construcción de prototipos, pilotos, pruebas de con-

cepto y ensayos, actividades y gastos asociados a la contratación de terceros que presten servicios basados en equipamiento y/o infraestructura no disponible en la empresa, gastos de inversión para adquisición de equipamiento y adecuación de infraestructura, entre otros. En el ámbito de recursos hídricos, el programa Investigación y Desarrollo en Acción y el programa I+D Aplicada en Empresas pueden financiar, por ejemplo, actividades para desarrollar nuevas tecnologías para el monitoreo de calidad de agua, acuíferos, o bien, para la medición volumétrica de extracción y recarga de acuíferos.

El Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt) de Conicyt tiene por objetivo estimular y promover la investigación científica y tecnológica básica, siendo el principal fondo de este tipo en el país. El Fondo apoya financieramente la investigación individual en todas las áreas del conocimiento y en distintos períodos de la carrera de un investigador, diferenciando Proyectos de Iniciación en Investigación para investigadores jóvenes que hayan obtenido el grado de doctor en los últimos cinco años (90 millones de pesos de financiamiento para proyectos entre 24 y 36 meses de duración); Proyectos Regulares para investigadores con trayectoria (228 millones de pesos de financiamiento para proyectos entre 24 y 48 meses de duración); Proyectos de Postdoctorado para investigadores jóvenes que hayan obtenido el grado de doctor en los últimos tres años (75 millones de pesos de financiamiento para proyectos entre 24 y 36 meses de duración). El investigador responsable debe contar con una institución patrocinante, y la investigación, que puede ser en cualquier área del conocimiento, se debe ejecutar en el país. Dentro de las actividades financiadas se contempla personal (investigadores, personal técnico y tesistas), viajes de los investigadores, recursos para traer colaboradores extranjeros por un corto período, gastos de operación, equipamiento y apoyo a la infraestructura y gastos de administración para las instituciones patrocinantes. En el ámbito de recursos hídricos, estas líneas pueden financiar, por ejemplo, la investigación en el área de la ecología fluvial, así como los impactos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos.

El Programa Regional de Conicyt tiene la misión de promover el desarrollo científico y tecnológico de las regiones de Chile de acuerdo a las necesidades y prioridades definidas por las mismas regiones para su desarrollo económico y social. El Programa tiene dos áreas de acción: el Área de Centros Regionales y el Área de Gestión y Vinculación. El Área de Centros Regionales tiene como principal labor la creación, el fortalecimiento y la continuidad de Centros Regionales de Investigación Científica y Tecnológica. Por su parte el Área de Gestión y Vinculación coordina los recursos del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC Regional) que son asignados a Conicyt e implementa los Programas de Maestrías y Diplomados Regionales en Temas de Ciencia, Tecnología e Innovación. Los Programas de Maestrías deben ser ejecutados en 24 meses y cuentan con un aporte de 70 millones de pesos, en tanto para los Programas de Diplomados deben ser ejecutados en 12 meses y cuentan con un aporte de 45 millones de pesos. En el ámbito de recursos hídricos, esta línea de puede financiar, por ejemplo, programas de innovación en gestión de recursos hídricos, recursos hídricos

El Programa de Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado en el Sector Productivo (PAI) de Conicyt tiene por objetivo fortalecer las capacidades académicas, científicas y tecnológicas de instituciones nacionales que desarrollan ciencia y tecnología. El Programa tiene tres ámbitos de acción: Inserción de investigadores en el sector productivo, Inserción de investigadores en la academia y Atracción de científicos desde el extranjero. En el primero se financian proyectos que fo-

mentan la vinculación entre el sector productivo y la academia, mediante la inserción de doctores y tesis en proyectos de investigación, desarrollo e innovación al interior de empresas y centros tecnológicos con dos líneas: Inserción de Capital Humano Avanzado en el Sector Productivo (55 millones de pesos de financiamiento para proyectos de hasta 24 meses de duración) y Tesis de Doctorado en la Empresa (34 millones de pesos de financiamiento para proyectos de hasta 24 meses de duración). En el ámbito de Inserción de investigadores en la academia, Conicyt cuenta con dos líneas: Inserción de Capital Humano Avanzado en la Academia (42 millones de pesos de financiamiento para proyectos de hasta 36 meses de duración) y Apoyo al Retorno de Investigadores desde el Extranjero. Por su parte, en el ámbito de Atracción de científicos desde el extranjero (66 millones de pesos de financiamiento para proyectos de hasta 24 meses de duración) se apoya la estadia de científicos y expertos desde el extranjero en universidades y centros de investigación del país, con el fin de fortalecer la formación de capital humano avanzado, incrementar el nivel y la productividad de la investigación realizada, así como estimular el desarrollo de redes de conocimiento científico a nivel nacional e internacional.

2. Fuentes de financiamiento extranjeras

Como resultado de nuestra búsqueda de fuentes de financiamiento internacionales para actividades de investigación, desarrollo e innovación en materia de recursos hídricos y la resiliencia frente a ésta, logramos identificar 55 líneas activas de financiamiento, pertenecientes a fondos administrados por 33 entidades.

En la Figura 6.8 podemos observar las líneas de financiamiento identificadas según su ámbito de origen. En el gráfico de la izquierda (a) se aprecia que un 42% de las líneas de financiamiento provienen de entidades de gobierno (23); acá destaca la Academia China de Ciencias con 6 líneas de financiamiento. En tanto, las líneas de financiamiento que tienen su origen en organismos multilaterales (18) de carácter intercontinental representan un 33%, en tanto las que provienen de fundaciones (8) exhiben un 14% de las líneas de financiamiento. Respecto a la localización de las líneas de financiamiento, del gráfico de la derecha (b) se aprecia que un 42% de éstas proviene de Europa (23), un 16% de América (9), un 13% de Asia (7) y finalmente un 4% de Oceanía (2); además destacan los organismos multilaterales, que no tienen una localización clara o única.

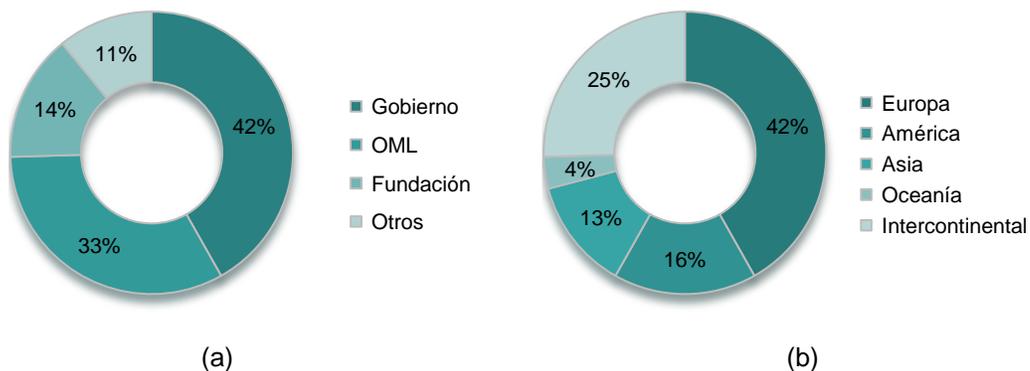


Figura 6.8 Número de líneas de financiamiento por tipo de entidad: (a) ámbito de origen, (b) localización. Elaboración propia

La Figura 6.9 presenta los montos de financiamiento anuales acumulados por las líneas de financiamiento de fuentes extranjeras, según objetivo de financiamiento y público objetivo. De acá podemos observar que las líneas de financiamiento que tienen el propósito de generar, promover y/o fortalecer actividades de investigación científica y formar capital humano avanzado son las dominantes. Para las universidades y centros de investigación hemos identificado financiamiento por 1.400 millones de pesos anuales por iniciativas provenientes del Programa CoFund de Horizon 2020, que tiene el objetivo de estimular la creación de programas de doctorado para fomentar la excelencia en formación, movilidad y desarrollo profesional de los investigadores. Por su parte, para estudiantes de doctorado, hemos identificado financiamiento por un monto promedio de 22 millones de pesos anuales por iniciativa, cuyo objetivo es el desarrollo de capital humano e investigación científica en el marco de pasantías internacionales. Finalmente, para los académicos hemos identificado líneas que tienen como objetivo financiar actividades de investigación científica por 1.526 millones de pesos anuales por iniciativa, lo cual es proporcionado principalmente por el Consejo Europeo de Investigación, que tiene como finalidad respaldar a académicos que realizan investigaciones en universidades y centros de investigación de Europa. Finalmente, bajo la categoría Otras se encuentran líneas de financiamiento que tienen como objetivo establecer alianzas, a través de la realización de proyectos de cooperación internacional, así como ejecutar proyectos de asistencia técnica.



Figura 6.9 Distribución de los montos acumulados de las líneas de financiamiento por categoría de beneficiario (MM\$ anuales), según objetivo de financiamiento. Elaboración propia

En la Tabla 6.2 presentamos ejemplos de líneas de financiamiento extranjeras, según el monto disponible y objetivo de financiamiento, las cuales representan oportunidades de financiamiento para universidades, centros de investigación, académicos y estudiantes que realicen actividades de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos.

Tabla 6.2 Ejemplos de líneas de financiamiento extranjeras que representan oportunidades para financiar iniciativas de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos (monto anual por iniciativa)

Línea	Organismo	Público	Objetivo	Monto anual
Horizon 2020, Programa RI-SE: Intercambio de personal para investigación e innovación	Comisión Europea	Académicos	Investigación científica	425 MM\$
Horizon 2020, Becas avanzadas	Consejo Europeo de Investigación	Académicos	Investigación científica	350 MM\$
Horizon 2020, Becas de consolidación	Consejo Europeo de Investigación	Académicos	Investigación científica	280 MM\$
Horizon 2020, Beca de inicio	Consejo Europeo de Investigación	Académicos	Investigación científica	210 MM\$
Horizon 2020, Becas individuales	Comisión Europea	Académicos	Investigación científica	60 MM\$
Premio de Investigación Wilhem Friedrich Bessel	Fundación Alexander Von Humboldt	Académicos	Investigación científica	31 MM\$
Becas Internacionales Newton	Royal Society	Académicos	Investigación científica	27 MM\$
Beca Humboldt	Fundación Alexander Von Humboldt	Académicos	Investigación científica	26 MM\$
Proyectos globales de investigación	Red Global de Desarrollo	Académicos	Investigación científica	16 MM\$
Beca de estadía	Fondo de Investigación Científica - Flanders	Académicos	Investigación científica	14 MM\$
Programa CIMO Becas	Centro de Movilidad Internacional de Finlandia	Estudiantes	Investigación científica	13 MM\$
Intercambio académico	Servicio Alemán de Intercambio Académico	Académicos	Investigación científica	4 MM\$
Beca de Investigación	Fundación Pública Tempus	Estudiantes	Investigación científica	4 MM\$
Iniciativa Internacional de Becas del Presidente para Postdoctorales	Academia China de Ciencias	Académicos	Investigación científica	20 MM\$
Horizon 2020, Programa Co-Fund	Comisión Europea	Universidades y Centros de Investigación	Capital humano	1.400 MM\$
Beca de doctorado	Academia Austriaca de Ciencias	Estudiantes	Capital humano	26 MM\$

Línea	Organismo	Público	Objetivo	Monto anual
Actividad de Capacitación	Organización de Estados	Académicos	Capital humano	5 MM\$
Participación en Seminarios	Fondo de Investigación Científica - Flanders	Académicos	Capital humano	1 MM\$
Proyecto Semilla de Asistencia Técnica	Organización de Estados Americanos – Instituto Panamericano de Geografía e Historia	Académicos	Asistencia técnica	5 MM\$
Iniciativa Internacional de Becas del Presidente para Científicos distinguidos	Academia China de Ciencias	Académicos	Establecer alianzas	60 MM\$
Iniciativa Internacional de Becas del Presidente para Científicos visitantes, profesores titulares	Academia China de Ciencias	Académicos	Establecer alianzas	48 MM\$
Iniciativa Internacional de Becas del Presidente para Científicos visitantes, profesores asociados	Academia China de Ciencias	Académicos	Establecer alianzas	36
Iniciativa Internacional de Becas del Presidente para Científicos visitantes, profesores asistentes	Academia China de Ciencias	Académicos	Establecer alianzas	24 MM\$

Elaboración propia

A modo de ejemplo, a continuación presentamos las líneas de financiamiento más relevantes según el monto anual disponible por objetivo de financiamiento. Un ejemplo de líneas cuyo objetivo es la asistencia técnica es el Proyecto Panamericano de Asistencia Técnica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), organismo dependiente de la Organización de Estados Americanos. Esta línea entrega hasta 5 millones de pesos para la realización de 3 tipos de iniciativas en el ámbito de la academia: asistencia técnica, capacitación y proyecto semilla. Los proyectos de asistencia técnica representan una oportunidad para solucionar un problema técnico-científico de interés, el cual debe tener como resultado un informe técnico y la publicación de un artículo científico; las actividades de capacitación corresponden a cursos, talleres o actividades de difusión; finalmente, el proyecto semilla financia la formulación de una propuesta de proyecto que presente un problema técnico-científico de interés. Para la realización de estas iniciativas deben participar 3 estados miembros del IPGH, lo cual fomenta las redes de colaboración internacionales. Esta línea de financiamiento tiene el propósito de ejecutar iniciativas multidisciplinarias especializadas en los campos de cartografía, geografía, historia y geofísica, las cuales deben contribuir a la integración regional y desarrollo sostenible en las áreas de cambio climático, ordenamiento territorial, gestión de riesgos naturales y patrimonio histórico, áreas en las cuales se realizan proyectos directamente vinculados con la ejecución de la Agenda del IPGH 2010 – 2020. En el ámbito de recursos hídricos,

estas líneas pueden financiar, por ejemplo, estudio de la gestión integrada de cuencas hidrográficas, desde diferentes perspectivas, sea social, cultural, económica, entre otros. recursos hídricos

En el ámbito del desarrollo de investigación científica se encuentra la línea de financiamiento del Programa RISE, que es parte del programa Horizon 2020 de la Comisión Europea, cuyo público objetivo son académicos y no académicos pertenecientes a pequeñas y medianas empresas. El Programa RISE acumula un monto de financiamiento de 425 millones de pesos anuales para proyectos de 2 años de duración, y fomenta el intercambio de conocimientos e ideas por medio de la generación de asociaciones que tienen como resultado un proyecto de investigación e innovación. Las principales áreas de estudio que promueve esta línea de financiamiento son humanidades y ciencias socioeconómicas. En el ámbito de recursos hídricos esta línea puede financiar, por ejemplo, investigaciones sobre la gestión del recurso hídrico por parte de organizaciones y usuarios del agua, como las APR (Agua Potable Rural), con investigadores de países que generan nuevas herramientas y/o metodologías avanzadas en lo que refiere a gestión social del agua.

El Programa CoFund de la Comisión Europea, también parte del programa Horizon 2020, es un ejemplo de línea de financiamiento de proyectos para el fortalecimiento del capital humano, lo que realiza a través de la creación de programas de doctorado y sistemas de becas regionales, nacionales o internacionales, para así fomentar la excelencia en la formación, movilidad y desarrollo profesional de los investigadores pertenecientes a universidades y centros de investigación. Esta línea de financiamiento cuenta con un monto anual de 1.400 millones de pesos para proyectos de hasta 5 años de duración en humanidades y ciencias socioeconómicas. En el ámbito de recursos hídricos, este programa permitiría la creación de programas de doctorado para el fortalecimiento de capital humano avanzado en este ámbito, recursos hídricos

Destacamos que Horizon 2020, es el programa de la Unión Europea y corresponde a la principal fuente de financiamiento para actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación desde la Unión Europea. El objetivo de Horizon 2020 es garantizar que la Unión Europea produzca ciencia de primer nivel, elimine las barreras a la innovación y facilite que los sectores público y privado trabajen unidos para ofrecer innovación. Para ello cuenta con un presupuesto disponible para los 7 años de duración del programa de 77.028 millones de euros. Otro aspecto destacable de este programa marco, es que por primera vez integra, desde la generación del conocimiento hasta las actividades más próximas al mercado, a saber: investigación básica, desarrollo de tecnologías, proyectos de demostración, líneas piloto de fabricación, innovación social, transferencia de tecnología, pruebas de concepto, normalización, apoyo a las compras públicas pre-comerciales, capital riesgo y sistema de garantías; favoreciendo así el diálogo entre los sectores público y privado. Las convocatorias a los fondos de este programa están abiertas a una amplia gama de entidades (organismos públicos, empresas, universidades, etc.) e investigadores, sean éstos de la Unión Europea, países asociados a Horizon 2020²⁵ y países fuera de la Unión Europea explícitamente listados (European Commission, 2016)²⁶; entre ellos Chile, que son automáticamente

²⁵ Islandia; Noruega; Albania; Bosnia-Herzegovina; Antigua República Yugoslava de Macedonia; Montenegro; Serbia; Turquía; Israel; Moldovia; Suiza; Islas Feroe; Ucrania; Túnez; Georgia; Armenia.

²⁶ European Comisión (2016) H2020 Programme. Fundings of applicants from non-EU countries and international organisations.

te elegibles para participar. La mayoría de las convocatorias requiere de la creación de un consorcio que, generalmente, debe incluir tres entidades diferentes de tres países europeos diferentes, además de la incorporación de socios de terceros países. De esta forma, Horizon 2020 fomenta transversalmente la inclusión de equipos de investigación de países no pertenecientes a la Unión Europea en igualdad de condiciones con los socios europeos. Este programa se organiza en tres áreas de investigación principales (llamadas pilares) los cuales son: i) ciencia de excelencia, ii) liderazgo industrial y iii) desafíos sociales, las que presentamos a continuación.

- › Ciencia de Excelencia: este programa se focaliza en la investigación científica básica. El presupuesto de este pilar es de 24 mil millones de euros y se compone de las siguientes líneas de financiamiento:
 - Investigación financiada por el Consejo Europeo de Investigación: financia a largo plazo proyectos de investigación de excelencia que sean novedosos y potencialmente muy rentables (13 mil millones de euros de presupuesto).
 - Acciones Marie Skłodowska – Curie: entrega oportunidades de desarrollo y movilidad a investigadores con excelente carrera y formación (6,1 mil millones de euros de presupuesto).
 - Tecnologías futuras y emergentes: financia proyectos de investigación colaborativa que exploren nuevos y promisorios campos de investigación e innovación (2,7 mil millones de euros de presupuesto).
 - Infraestructuras de investigación: tiene como objetivo dotar a Europa de infraestructura de investigación de clase mundial (2,5 mil millones de euros de presupuesto).
- › Liderazgo industrial: el objetivo de este pilar es acelerar el desarrollo de las tecnologías e innovaciones que sirven de base para las empresas y ayudar a las pymes innovadoras europeas. Cuenta con un presupuesto de 17 mil millones de euros. Este pilar se compone de tres líneas específicas: i) liderazgo en tecnologías industriales y de capacitación (apoyo en tecnologías de información y comunicación, nanotecnología, materiales avanzados, biotecnología, fabricación de materiales y el espacio); ii) acceso y financiación de riesgo; iii) innovación en las PYMEs.
- › Desafíos sociales: el tercer pilar busca financiar soluciones a los retos actuales de la sociedad, contando para esto con un presupuesto de 30 mil millones de euros. El objetivo es estimular la investigación y la innovación para alcanzar soluciones a los problemas sociales y económicos en las áreas de salud y bienestar, energía, transporte, alimentación, agua, agricultura y biotecnología; cambio climático, eficiencia de recursos y medioambiente; seguridad y sociedad inclusiva.

Además de estos tres pilares, se destina un presupuesto de: i) 1.200 millones de euros para financiar temas tales como ciencia para la sociedad, difusión de la excelencia y ampliación de la participación; ii) 2.000 millones para el Centro Común de Investigación (JRC); iii) 3.000 millones para el Instituto Europeo de Innovación y Tecnología (EIT). recursos hídricos

C. Principales resultados

Las actividades de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en el país sin financiadas desde las líneas generales de investigación y desarrollo.

En Chile existen 124 líneas para financiar actividades de investigación científica y/o desarrollo tecnológico en materia de recursos hídricos; ninguna de ellas es específica para el estudio de los recursos hídricos. En términos generales, un 46% de las líneas identificadas proviene de universidades, un 53% proviene de organismos públicos y un 1% de fundaciones.

Las líneas de financiamiento disponibles en el país se pueden caracterizar de acuerdo a sus objetivos de financiamiento en: i) sólo investigación científica, ii) investigación y desarrollo, iii) sólo desarrollo tecnológico, iv) capital humano y v) equipamiento; así como de acuerdo a su público objetivo: i) académicos, ii) estudiantes, iii) otros profesionales, iv) universidades y centros de investigación, v) empresas.

En el caso de las [líneas de financiamiento provenientes de universidades](#), el 86% de estas líneas está enfocado a proyectos de investigación científica, es decir, principalmente a investigadores. Además, estas líneas no son de acceso general. Por su parte, las [líneas de financiamiento provenientes de fondos públicos](#) cubren las cinco categorías de objetivos de financiamiento mencionadas anteriormente: el número de líneas que financian proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico o ambos tipos de actividades tienen una cuota de participación acumulada del 57%; el número de líneas que financian proyectos de desarrollo de capital humano tiene una cuota de participación del 26%; finalmente, las líneas enfocadas en proyectos de inversión en equipamiento científico y tecnológico representan sólo el 5%. Los organismos públicos representan el grueso de las oportunidades nacionales para financiar investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile.

Los montos a los que tiene acceso una persona (natural o jurídica) que necesita financiar una iniciativa relacionada con investigación, desarrollo y/o innovación en el ámbito de recursos hídricos dependen del objetivo de financiamiento y del público objetivo de las líneas de financiamiento. Como resultado general tenemos que los montos de las líneas para financiar [proyectos de desarrollo tecnológico](#) son similares para empresas, así como universidades y centros de investigación; un proyecto específico puede acceder a líneas que acumulan los 250 millones de pesos anuales en cada caso. Sin embargo, las líneas para financiar [proyectos de investigación científica](#) están concentradas en académicos. En este caso un proyecto específico puede acceder a líneas que acumulan 850 millones de pesos anuales.

Las líneas para financiar [proyectos de investigación y desarrollo](#) se orientan principalmente, a universidades y centros de investigación, luego a empresas, y en menor grado a académicos. Si el proyecto es de una universidad o centro de investigación, tiene acceso a líneas que acumulan casi 1.500 millones de pesos anuales; para el caso de un proyecto de una empresa, este monto se reduce a unos 420 millones de pesos anuales, en tanto que para un proyecto de un académico el monto acumulado de las líneas disponibles es de menos de 200 millones de pesos anuales. Aquí es importante destacar que los proyectos de investigación que se financian para académicos, universidades y centros de investigación incluyen tanto investigación básica como aplicada, en tanto que los proyectos de investigación que se financian para empresas se concentran en investigación aplicada.

En el caso de las líneas para financiar [proyectos de desarrollo de capital humano](#), estas abarcan todas las categorías de público objetivo, sin embargo en términos de montos las más relevantes son aquellas para iniciativas de profesionales no académicos así como de universidades y centros

de investigación. En ambos casos, una iniciativa tiene acceso a líneas con montos acumulados entre 80 y 150 millones de pesos anuales aproximadamente. Finalmente, [proyectos de inversión en equipamiento científico-tecnológico](#), existen líneas importantes en volumen para universidades y centros de investigación, así como empresas. En ambos casos un proyecto puede acceder a líneas con montos acumulados por sobre los 1.000 millones de pesos anuales.

En términos generales, de las [líneas de financiamiento extranjeras](#) identificadas, un 42% de las líneas de financiamiento provienen de entidades de gobierno (23). En tanto, las líneas de financiamiento que tienen su origen en organismos multilaterales (18), representa un 33% de las líneas de financiamiento y finalmente, las fundaciones (8) comprenden un 14% de las líneas de financiamiento. Respecto a la localización de las líneas de financiamiento, un 42% proviene de Europa (23), seguida con un 25% las que no tienen una localización específica, dado que tienen su origen en organismos multilaterales. Finalmente, en menor número se encuentran líneas de financiamiento procedentes de América y Asia.

Los montos de financiamiento anuales acumulados por las líneas de financiamiento de fuentes extranjeras presentan un principal interés por la investigación científica y fortalecimiento de capital humano; en donde no sólo se busca desarrollar y/o fortalecer capacidades humanas, sino que también redes de colaboración entre universidades y centros de investigación. Las universidades y centros de investigación son el principal público objetivo de las líneas de financiamiento que tienen como meta el desarrollo de programas para el fortalecimiento del capital humano, en el cual destaca el Programa CoFund, que tiene el propósito de estimular la creación de programas de doctorado para fomentar la formación, movilidad y desarrollo de profesionales investigadores. Los académicos corresponden al principal público objetivo de las líneas que financian proyectos de investigación científica, donde destaca el Programa RISE de la Comisión Europea. En tanto, los estudiantes como público objetivo tienen acceso a montos de financiamiento bastante menores.

El programa Horizon 2020 de la Unión Europea que integra las fases desde generación del conocimiento hasta actividades próximas al mercado, a saber: investigación básica, desarrollo de tecnologías, proyectos de demostración, líneas piloto de fabricación, innovación social, transferencia de tecnología, pruebas de concepto, normalización, apoyo a las compras públicas pre-comerciales, capital riesgo y sistema de garantías. Las convocatorias a los fondos de este programa están abiertas a una amplia gama de entidades (organismos públicos, empresas, universidades, etc.) e investigadores, sean éstos de la Unión Europea, países asociados a Horizon 2020 y países fuera de la Unión Europea explícitamente listados; entre ellos Chile, que son automáticamente elegibles para participar.

5.2 Estimación del gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos

En esta sección presentamos los resultados de nuestra estimación de la evolución del gasto público y privado en investigación científica y desarrollo tecnológico en Chile en materia de recursos hídricos para el periodo 2011 – 2020 en Chile.

A. Alcance metodológico

Para estimar la evolución del gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile hemos combinado las técnicas de la revisión documental y la modelación matemática.

REVISIÓN DOCUMENTAL

Para identificar proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico asociados al estudio de los recursos hídricos cofinanciados con fondos públicos realizamos una búsqueda en las bases de datos de organismos públicos, tales como Conicyt, Corfo, Ministerio de Economía y Ministerio de Agricultura, entre otros, utilizando las palabras clave para identificar publicaciones y proyectos relacionados con recursos hídricos, presentadas en el Anexo B. Junto a lo anterior, analizamos el grado de desagregación de la información, las variables y los periodos disponibles identificando proyectos de investigación y desarrollo cofinanciados por organismos públicos en el periodo 1990 – 2015. Luego, analizamos los objetivos y/o productos comprometidos de cada uno de los proyectos identificados para determinar si éstos se encuentran efectivamente relacionados con el estudio de los recursos hídricos. Finalmente, para cada uno de los proyectos seleccionados determinamos sus respectivas anualidades para establecer el gasto público y privado por año.

MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL GASTO

A partir de la información de duración de los proyectos seleccionados estimamos el gasto público y privado anual durante el periodo de duración de éstos. Para estimar el gasto público y privado destinado a actividades de investigación y desarrollo en el quinquenio posterior al periodo de medición, es decir, 2016 – 2020, analizamos variables externas que tuvieran registros históricos durante el periodo 1960 – 2015 que nos permitieran predecir la tendencia de las variables medidas. Al mismo tiempo analizamos la estructura de las estadísticas nacionales, particularmente la variabilidad de las variables de interés y las correlaciones entre éstas, con el fin de estimar la evolución de las variables no medidas a partir de las ya conocidas, utilizando combinaciones lineales convexas. Finalmente construimos un modelo matemático dinámico multivariable, utilizando la teoría de sistemas lineales generalizados y análisis de series de tiempo.

B. Caracterización del gasto público nacional en proyectos

Los resultados de la revisión documental para estimar el gasto histórico en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile se presentan en la Figura 5.8, donde mostramos la evolución anual del presupuesto público en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile para la década 2006 – 2015, según fuentes de financiamiento de los proyectos identificados. De acá podemos observar que a partir del año 2011 se ha producido un crecimiento considerable en los montos de cofinanciamiento a proyectos de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos. Los proyectos cofinanciados directamente por instituciones de gobierno (ministerios y subsecretarías) se han concentrado desde el año 2011 en adelante, mientras que los proyectos cofinanciados por la Iniciativa Científica Milenio comienzan a estar vigentes a partir del año 2011. Por su parte, los montos de Corfo para cofinanciar proyectos en materia de recursos hídricos son la mayor proporción durante el período 2006-2011 y crece de manera sostenida durante los años 2012 a 2015. También notamos que los proyectos cofinanciados por FIA muestran un crecimiento hasta el año 2013, para luego disminuir. Cabe destacar que la aparición de proyectos cofinanciados por la Fundación Copec-UC durante los años 2014 y 2015 se debe a su cercanía con los temas financiados por FIA. Por último, notamos que el cofinanciamiento proveniente desde Co-

nicyt, ha crecido de manera sostenida a lo largo de los años, mostrando un crecimiento exponencial a partir del año 2010.

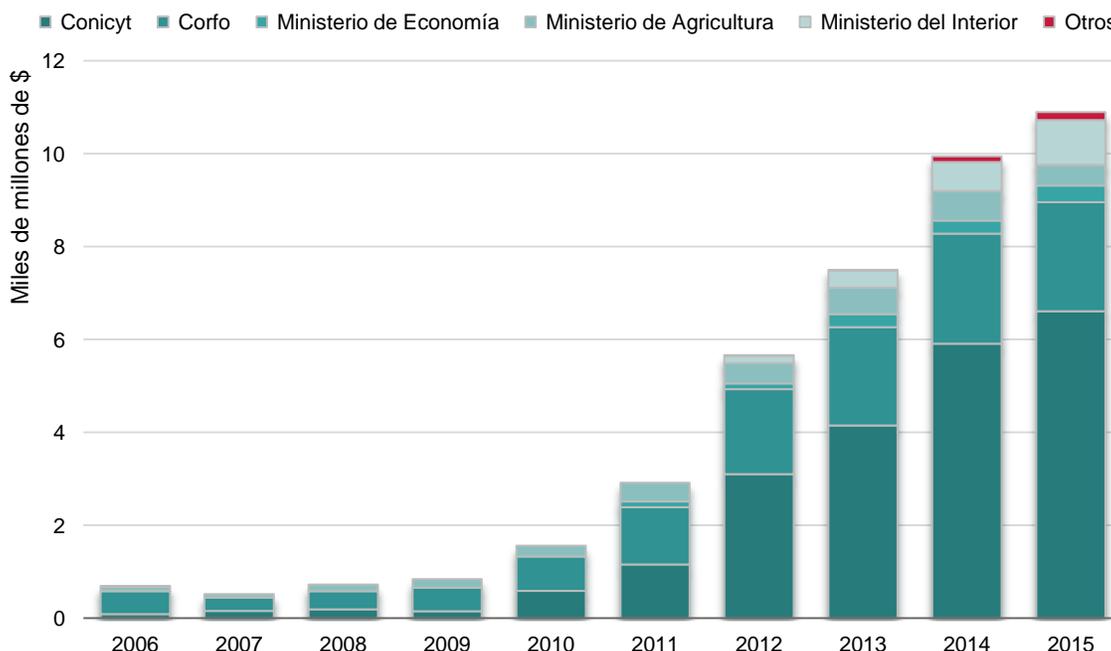


Figura 5.8. Evolución del presupuesto público en proyectos de investigación y desarrollo ejecutados en Chile en materia de recursos hídricos en el período 2006- 2015, según fuente de financiamiento. Elaboración propia

Para cada una de estas fuentes de cofinanciamiento, se indican los programas de cofinanciamiento que aplican para los proyectos identificados de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos, los cuales se muestran en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Programas de cofinanciamiento identificados para proyectos de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos

Fuente de cofinanciamiento	Programa de cofinanciamiento
Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica	Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico
	Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico
	Fondo de Equipamiento Científico y Tecnológico
	Programa de Cooperación Internacional
	Programa de Atracción e Inserción del Capital Humano Avanzado
	Programa de Investigación Asociativa

Fuente de cofinanciamiento	Programa de cofinanciamiento
	Programa de Inserción de Investigadores
	Programa Regional de Investigación Científica y Tecnológica
Corporación de Fomento a la Producción	Bienes Públicos
	I+D Aplicada
	Difusión Tecnológica y Entorno para la Innovación
	Innovación Empresarial
	Emprendimiento
	Desarrollo Competitivo
	Capacidades Tecnológicas
	Capital Semilla
Ministerio del Interior	Fondo de Inversión para la Competitividad Regional
Ministerio de Relaciones Exteriores	Fondos Concursables del Instituto Antártico Chileno
Ministerio de Energía	Programa de Energización Rural y Social
Ministerio de Medio Ambiente	Fondo de Protección Ambiental
Ministerio de Defensa	Programas de Investigación del Centro de Instrucción y Capacitación Marina
Ministerio de Economía	Iniciativa Científica Milenio
	Fondo de Investigación Pesquera
Ministerio de Agricultura	Proyectos de innovación
	Estudios de innovación
	Giras de Innovación
	Eventos de Innovación
	Programa de Apoyo al Instituto de Investigación Agropecuaria
	Programa de Apoyo al Instituto Forestal
Fundación Copec-UC	Proyectos de I+D

Elaboración propia

Respecto a la distribución de los proyectos cofinanciados a nivel regional, en la **Figura 5.9** podemos apreciar que la Región Metropolitana concentra la mayor parte del financiamiento de los proyectos, con un 37% del total financiado. La siguiente región con mayor cuota de financiamiento de proyectos es la Región del Biobío, con un 14% del total. Luego destacan las regiones de Coquimbo, Maule y Antofagasta, con cuotas de financiamiento entre el 5% y el 7%. Cabe señalar que los proyectos que se ejecutan en más de una región abarcan el 3,3% de la cuota de financiamiento, concentrándose éstos principalmente desde la Región de Valparaíso hasta la Región del Maule.

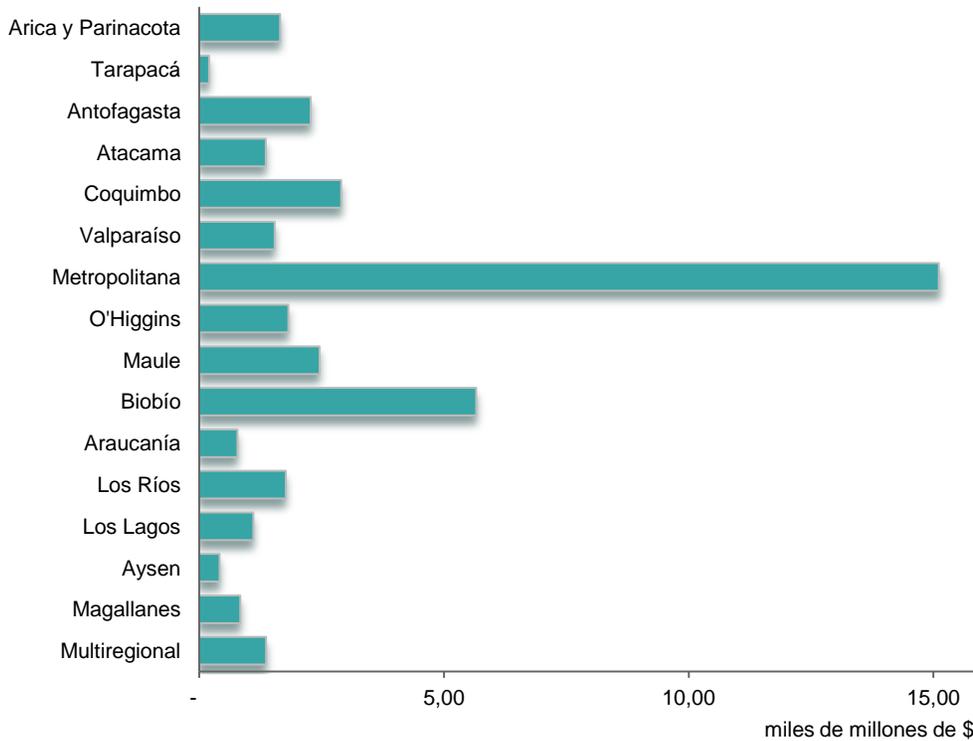


Figura 5.9. Distribución del financiamiento de proyectos de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos. Elaboración propia

Finalmente, podemos combinar las variables de caracterización utilizadas anteriormente para analizar cuáles son las fuentes de financiamiento que se utilizan en las diferentes regiones del país en donde se ejecutan los proyectos de investigación y desarrollo asociados a recursos hídricos. En la **Figura 5.10** mostramos para cada una de las regiones la cuota financiada por las fuentes identificadas. En ella podemos observar que los programas de Conicyt son la principal fuente de financiamiento para las regiones de Tarapacá, Valparaíso, Metropolitana, Biobío, Los Ríos, Aysen y Magallanes, mientras que, para las regiones de Arica y Parinacota, Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Maule, La Araucanía y Los Lagos los principales instrumentos de financiamiento provienen de Corfo. En la Región de O'Higgins el Fondo de Inversión para la Competitividad Regional, dependiente del Ministerio del Interior, es la principal fuente de financiamiento de proyectos y para los proyectos que se ejecutan en varias regiones lo son las iniciativas de la FIA. Es destacable señalar que para la Región de Atacama no existen proyectos financiados por Conicyt y en la Región de O'Higgins éstos financian una pequeña parte de los proyectos

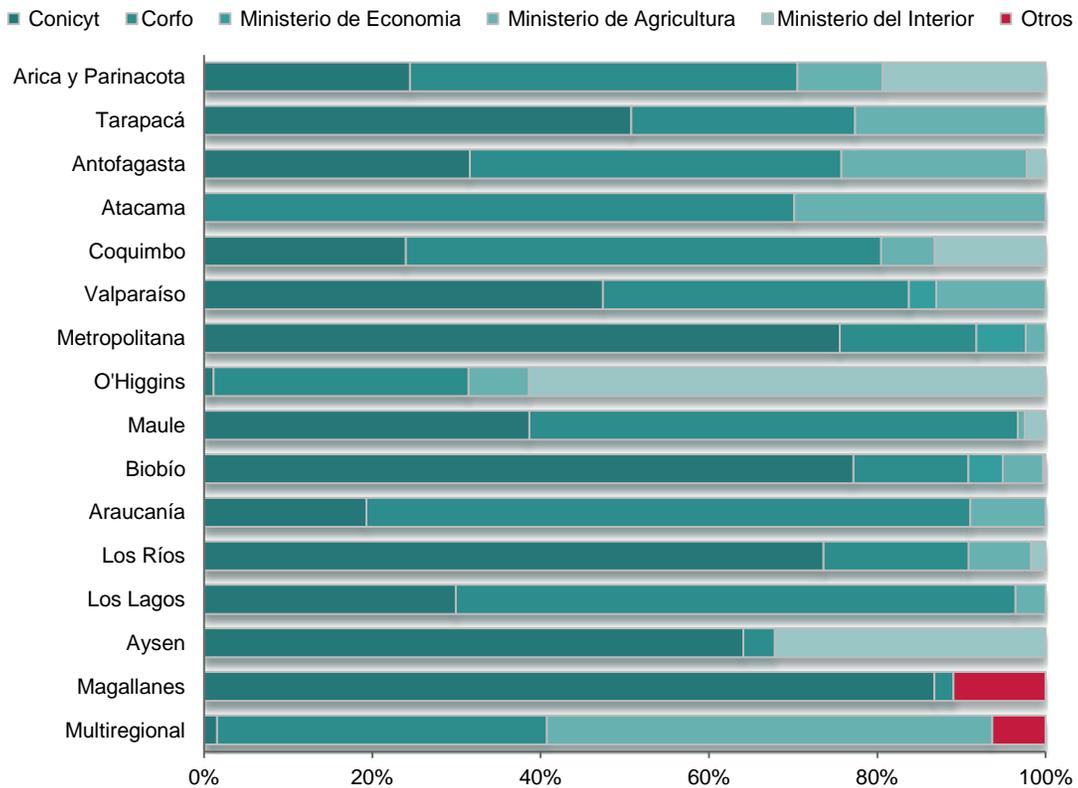


Figura 5.10. Distribución regional de las fuentes de financiamiento para proyectos de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos. Elaboración propia

C. Estimación del gasto público y privado

En la Figura 5.11 presentamos el resultado de la estimación de la evolución del gasto total en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile para el periodo 2011 – 2020. Esta figura muestra el sostenido incremento que tiene el gasto tanto público como privado. De acuerdo a nuestra estimación, el gasto total se ha mantenido monótonamente creciente y por sobre los 20.000 millones de pesos anuales hasta 2016. En el caso de un escenario de crecimiento moderado del Producto Interno Bruto (PIB), este gasto podría aumentar y superar los 40.000 millones de pesos anuales en el 2020. En esta figura también podemos observar el desglose general del gasto financiado por el sector público y por el sector privado. En términos generales el gasto estimado corresponde a un 0,06% Producto Interno Bruto (PIB) a precios corrientes.

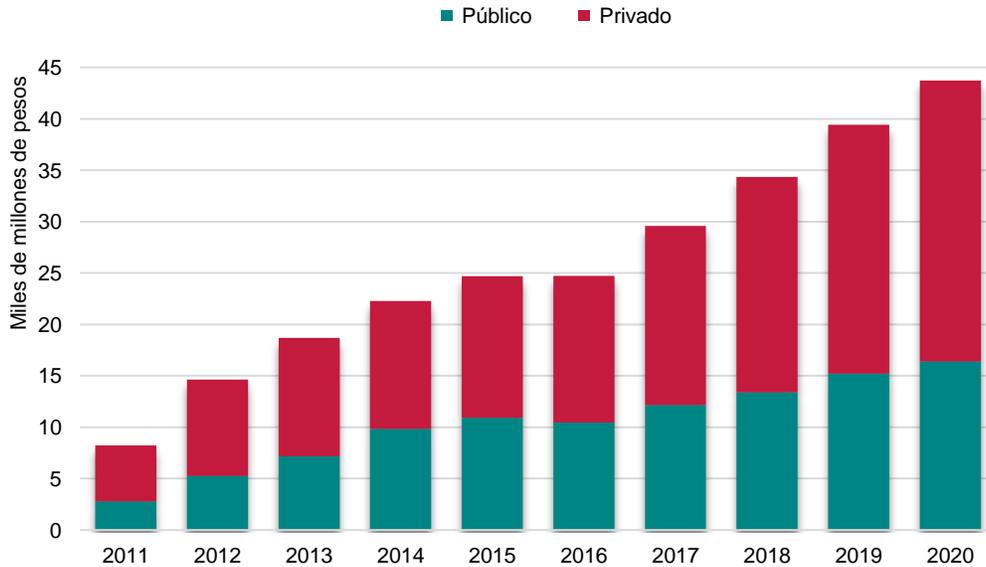
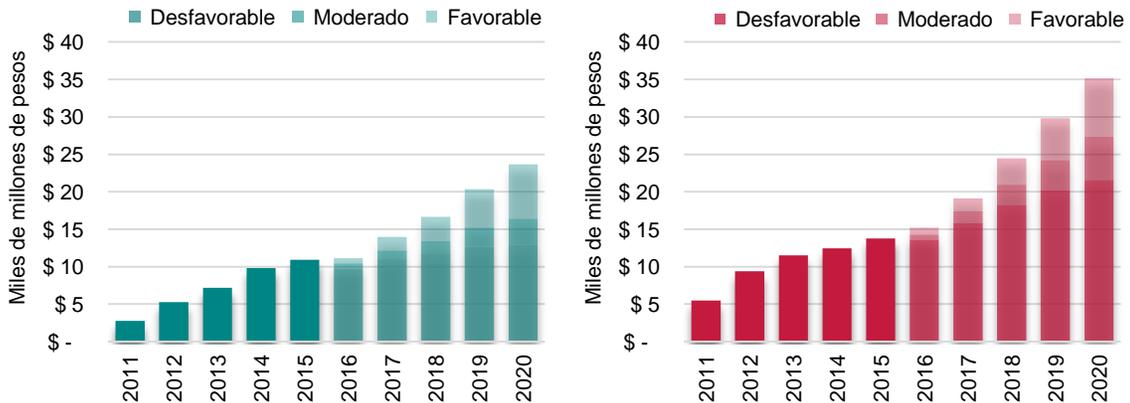


Figura 5.11. Evolución estimada del gasto total en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile para un escenario de crecimiento moderado. Elaboración propia

En la Figura 5.12 presentamos el desglose del gasto financiado por el sector público (a) y por el sector privado (b) en materia de recursos hídricos en el periodo 2011 – 2020. Particularmente, para el quinquenio 2016 – 2020 mostramos nuestra estimación para tres escenarios de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB): i) desfavorable, ii) moderado, iii) favorable. Consistente con la Encuesta sobre Gasto y Personal en Investigación y Desarrollo, de estas figuras podemos observar que el gasto público y el gasto privado tienen magnitudes similares. En efecto, en los últimos cinco años, el gasto público se sitúa en torno a los 10.000 millones de pesos anuales, en tanto que el gasto privado alcanza unos 14.000 millones de pesos anuales. Teniendo en cuenta la dispersión de las variables utilizadas para la estimación y proyección del modelo, consideramos que el error de los montos del gasto público total es de ± 10 puntos porcentuales, en tanto que para el gasto privado total el error en los montos es de ± 15 puntos porcentuales, ya que en cada caso la norma euclidiana de la dispersión de cada una de las componentes respectivas no supera este valor.



(a) Gasto público**(b) Gasto privado**

Figura 5.12. Evolución estimada del gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos según sector: a) gasto público y b) gasto privado. Elaboración propia

En la Figura 5.13 mostramos el desglose de nuestra estimación del gasto financiado por el sector público en materia de recursos hídricos para cuatro categorías relevantes en el periodo 2011 – 2020. Para facilitar las comparaciones, las ordenadas de todos los gráficos son iguales. Particularmente, para el quinquenio 2016 – 2020 mostramos los resultados de nuestra estimación para tres escenarios de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB): i) desfavorable, ii) moderado, iii) favorable. De la Figura 5.13 (a) podemos comprobar que poco más del 77% del gasto público corresponde al cofinanciamiento de proyectos de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos ejecutados en el país. Los montos mostrados en este gráfico fueron determinados revisando las bases de datos de proyectos financiados por fondos administrados por Conicyt, Corfo, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, entre otros. El gasto público ejecutado por entidades nacionales corresponde aproximadamente al 12% del gasto público y se puede desglosar en dos subcategorías: los fondos generales universitarios, cuya evolución se muestra en la Figura 5.13 (b), y los fondos para otras instituciones, por ejemplo institutos tecnológicos públicos, cuya evolución se muestra en la Figura 5.13 (c). Los resultados de esta inversión se ven reflejados en la producción científica de las universidades y organismos públicos que presentamos en la Sección 4.2.1. Finalmente en la Figura 5.13 (d) mostramos la evolución del gasto público en proyectos ejecutados fuera de Chile, que corresponde a 11% del presupuesto público total destinado a investigación y desarrollo; en esta categoría se encuentran las becas para estudios de postgrado fuera del país. Los becarios beneficiados por este financiamiento fueron presentados en la Sección 0.

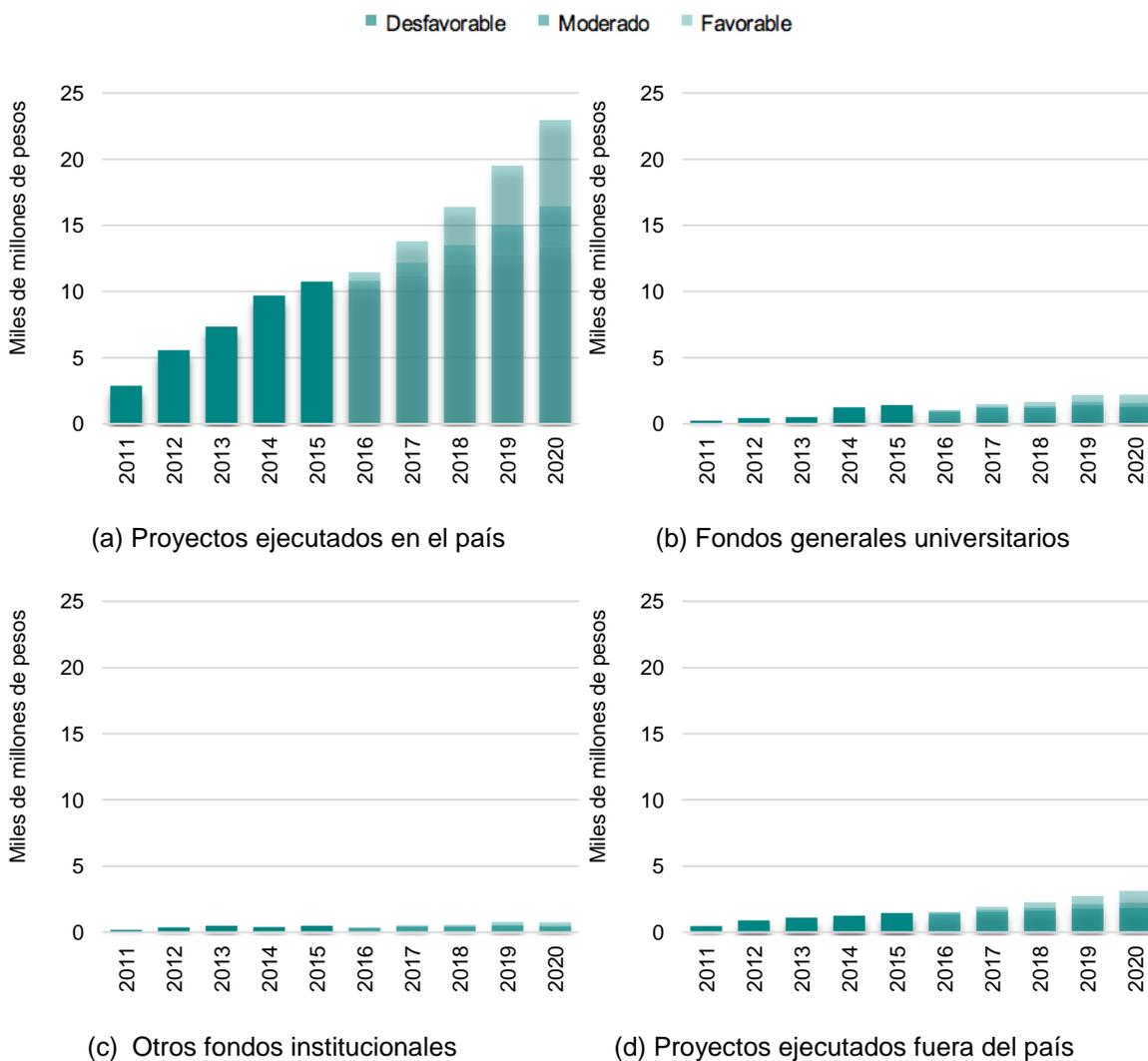


Figura 5.13. Evolución estimada del gasto público en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos, según categoría de gasto: a) Proyectos ejecutados en el país, b) Fondos generales universitarios, c) Otros fondos institucionales, d) Proyectos ejecutados fuera del país. Elaboración propia

En la Figura 5.14 mostramos el desglose de nuestra estimación del gasto financiado por el sector privado en materia de recursos hídricos para cuatro categorías de entidades en el periodo 2011 – 2020. Para facilitar las comparaciones, las ordenadas de todos los gráficos son iguales. Para el quinquenio 2016 – 2020 mostramos los resultados de nuestra estimación para los tres escenarios definidos anteriormente. De los gráficos podemos comprobar que la mayor parte del gasto privado proviene de empresas (56%). Parte de este gasto está destinado a cofinanciar principalmente los proyectos de desarrollo ejecutados en el país que se incluyen en la primera componente del gasto público. Le siguen el gasto de las instituciones de educación superior (24%) así como el gasto financiado con fondos internacionales (18%). En el caso de las instituciones de educación superior, se incluye principalmente el gasto de las universidades para cofinanciar los proyectos de investiga-

ción científica ejecutados en el país que se incluyen en la primera componente del gasto público. Finalmente, las entidades privadas sin fines de lucro contribuyen sólo en menor grado (2%) al gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en Chile. De acá podemos observar que el financiamiento internacional disminuye cuando el gasto público en proyectos de investigación y desarrollo ejecutados en el país aumentan y viceversa.

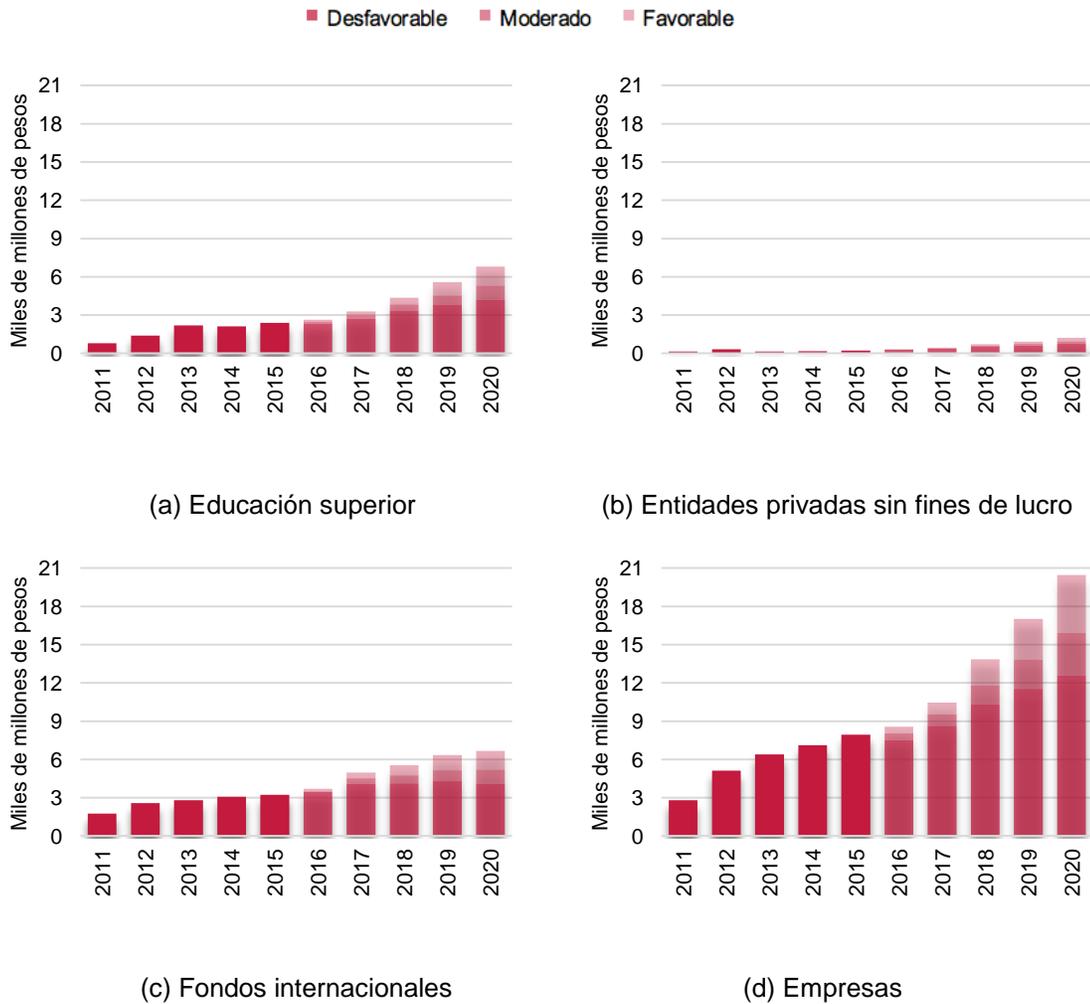


Figura 5.14. Evolución estimada del gasto público en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos para diferentes categorías de entidades: (a) empresas, (b) educación superior, (c) fondos internacionales, (d) entidades privadas sin fines de lucro.
Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 5.15 mostramos el desglose de nuestra estimación del gasto total en materia de recursos hídricos, financiado tanto por el sector público como por el sector privado, para las regiones de Chile. De acá podemos observar que aproximadamente un 40% de este gasto se destina a actividades de investigación y desarrollo que se ejecutan en la Región Metropolitana. Por su parte hemos analizado las tendencias de inversión en materia de recursos hídricos en las distintas regiones del país lo cual ha dado como resultado que el gasto porcentual tomado del total invertido

se mantiene constante. Así las cosas, la Región del Biobío ejecuta en promedio un 14% de los fondos totales invertidos asociados al estudio del recurso hídrico siguiéndole desde más lejos las regiones de Coquimbo (6,5%), Maule (6,2%) y Antofagasta (6%). En el otro extremo, hemos identificado a las regiones de Tarapacá y Los Lagos las cuales ejecutan un porcentaje menor al 1% del total de los montos destinados al estudio científico y desarrollo tecnológico en materia de recursos hídricos.

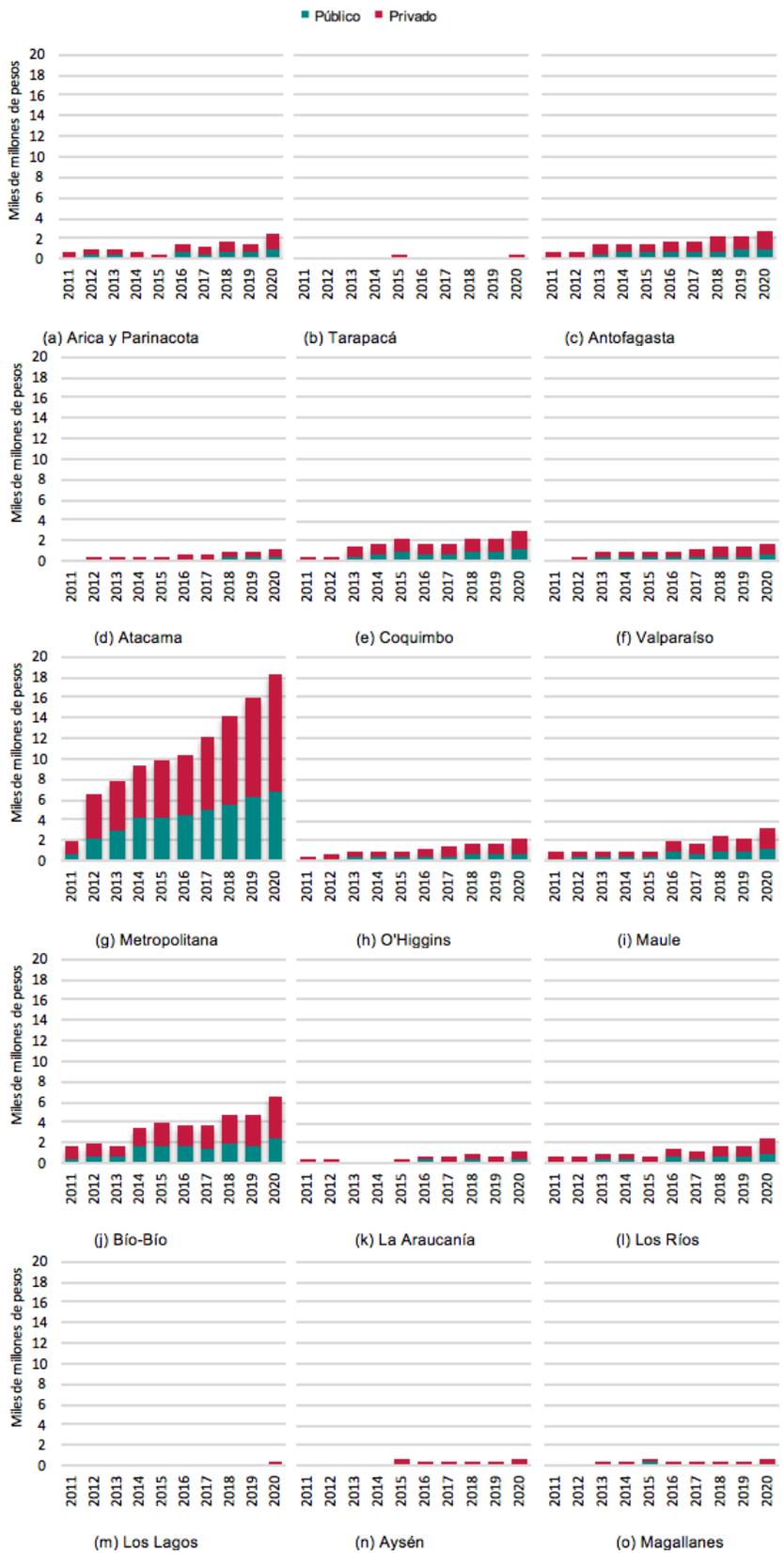
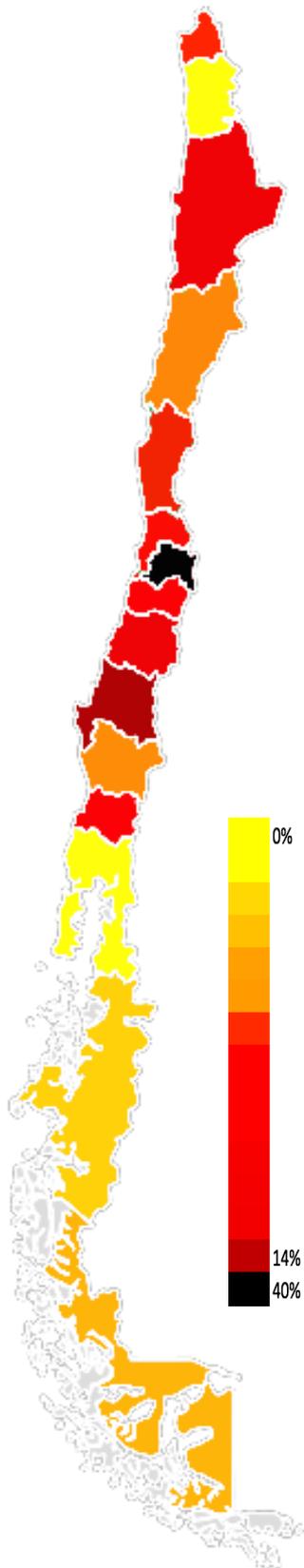


Figura 5.15. Evolución estimada del gasto público y privado en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos según región de ejecución. Elaboración propia

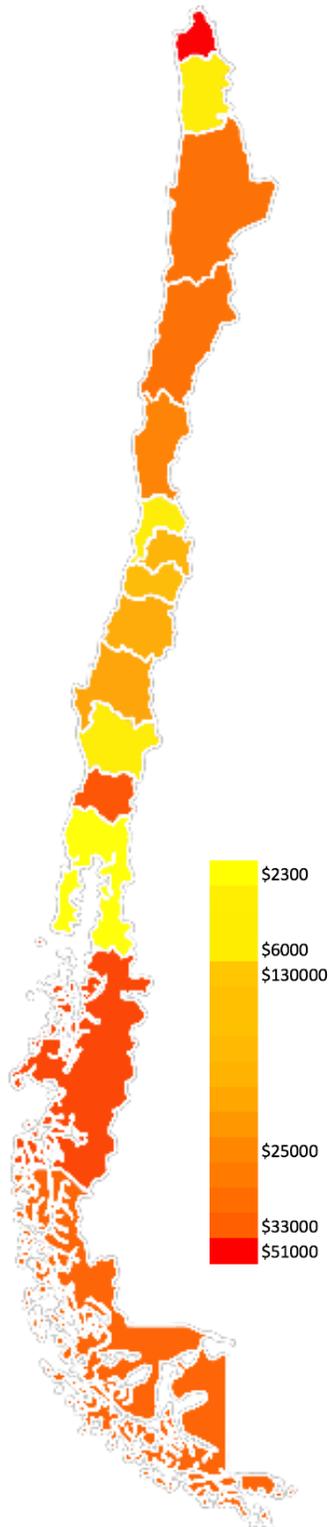


Figura 5.16. Gasto esperado para el periodo 2011 – 2020 en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos por habitante según región. Elaboración propia

Analizando el gasto total, comprendido entre los años 2011 – 2020, según la cantidad de habitantes se obtiene que Chile en promedio espera gastar en estudio científico y desarrollo tecnológico \$14.560 por habitante en los diez años considerados, este resultado se obtiene al dividir el gasto total por el total de habitantes del país. Por otro lado, si para el periodo 2011 – 2020 determinamos para cada región el monto asociado a recursos hídricos y lo dividimos por la cantidad de habitantes obtenemos que el promedio del gasto esperado es cercano a los \$19.300 por habitante. En la Figura 5.16 ilustramos los valores obtenidos del gasto esperado por habitante para cada región de Chile y observamos que para la Región de Arica y Parinacota se estima gastará por habitante alrededor de \$51.000, luego las regiones de Aysén y Los Ríos se esperan gasten más de \$30.000 por habitante. Las regiones de Magallanes, Antofagasta y Coquimbo gastaran por habitante montos cercanos a \$25.000. En orden creciente encontramos en el tramo \$13.000 – \$20.000 a las regiones de O’Higgins, Metropolitana, Maule, Biobío y Atacama. En el extremo inferior se encuentran las regiones de Tarapacá, La Araucanía y Valparaíso las cuales presentan montos de gasto similares y cercanos a los \$5.850. La Región de los Lagos es la región en la cual proyecta invertirá menos dinero por habitante no superando los \$2400 por habitante.

D. Principales resultados

El modelo desarrollado permite estimar el gasto nacional destinado a actividades de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos en el periodo 2011 – 2020, considerando fuentes públicas y privadas, nacionales y extranjeras.

En el primer nivel de desagregación, el modelo diferencia el financiamiento proveniente de organismos públicos y entidades privadas. En el segundo nivel de desagregación, el modelo permite analizar la composición del gasto público en términos de uso (proyectos, financiamiento a instituciones, usuarios) y del privado en términos de fuentes, o bien en regiones de ejecución.

En cuanto a los montos respectivos, ambas fuentes tienen igual orden de magnitud; en los últimos cinco años, el gasto público se sitúa en torno a los 10 mil millones de pesos anuales, en tanto que el gasto privado alcanza unos 15 mil millones de pesos anuales. Con todo, estimamos que el gasto anual del país en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos representa el 0,06% del PIB a precios corrientes.

El [gasto público](#) se puede desglosar en i) cofinanciamiento a proyectos ejecutados en el país, ii) financiamiento a entidades nacionales y iii) financiamiento a iniciativas ejecutadas fuera de Chile, por ejemplo becas para estudios de postgrado fuera de Chile. De estas componentes, el cofinanciamiento a proyectos ejecutados en el país es el más importante en términos de montos, representando el 77% del gasto público. El 23% restante se destina en partes similares al financiamiento de entidades nacionales y financiamiento a iniciativas ejecutadas fuera del país (principalmente formación de capital humano avanzado fuera del país). El 12% de gasto público destinado a financiar entidades nacionales se desagrega en un 8% para los fondos generales universitarios y 4% para otras instituciones, dentro de las que destacan los institutos tecnológicos públicos. Teniendo en cuenta la dispersión de las variables utilizadas para la estimación y proyección del modelo, consideramos que el error de los montos del gasto público total es de ± 8 puntos porcentuales (ya que la raíz de la suma cuadrática de la dispersión de cada una de sus componentes no supera este valor).

En el caso del [gasto privado](#), el modelo considera cuatro categorías de fuentes: i) empresas, ii) instituciones de educación superior, iii) entidades privadas sin fines de lucro y iv) fondos internacionales. De estas componentes, financiamiento proveniente de empresas es el más importante en términos de montos, representando el 56% del gasto privado. Menos del 4% de estos fondos provienen de entidades privadas sin fines de lucro; en tanto que el 40% restante se proviene, en partes similares, de entidades de educación superior y fondos internacionales. En términos generales los fondos provenientes de empresas y universidades se destinan a cofinanciar los proyectos de desarrollo tecnológico e investigación científica, respectivamente, que se ejecutan en el país con el apoyo del estado. Para el gasto privado total hemos estimado un error de ± 15 puntos porcentuales en los montos proyectados, por la misma razón mencionada para el caso del gasto público.

El modelo también permite desagregar el [gasto público y privado por región](#) de ejecución. Aproximadamente el 40% del gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos se ejecuta en Región Metropolitana. Por su parte, el gasto porcentual tomado del total invertido en todas las regiones se mantiene constante. Así las cosas, la Región del Biobío ejecuta en promedio un 14% de los fondos totales invertidos asociados al estudio del recuso hídrico y desde más lejos le siguen las regiones de Coquimbo (6,5%), Maule (6,2%) y Antofagasta (6,0%). En el otro extremo, identificamos a las regiones de Tarapacá y Los Lagos las cuales ejecutan un porcentaje menor al 1% del total de los montos destinados al estudio científico y desarrollo tecnológico en materia de recursos hídricos. En cuanto al error de estimación asociado a la Región del Biobío hemos calculado que éste se encuentra en el rango ± 15 puntos porcentuales, en tanto que para las demás regiones el error de estimación es menor a ± 10 puntos porcentuales.

6 Comentarios finales

Es claro que la escasez o incluso la falta de especialistas en algunas regiones del país es una brecha que debería ser superada para poder contar con estudios representativos de las geografías regionales y atender especificidades y realidades concretas en los territorios. Los resultados de este trabajo muestran que la localización de los investigadores trabajando en el país sigue un patrón de concentración fuertemente vinculado a la distribución de la población. Este resultado no es novedoso en sí mismo, pero sí permite cambiar el foco de la discusión tradicional respecto a la concentración de recursos en la Región Metropolitana y distinguir la brecha que se debe superar para alcanzar un determinado nivel de equidad de manera eficiente.

Hemos visto, además, que los investigadores en materia de recursos hídricos se encuentran en mayor proporción en las instituciones de educación superior tradicionales. Aunque este resultado es esperable, es posible notar que la relación entre la producción científica en temas relacionados con recursos hídricos y el número de investigadores con doctorado no es lineal. Este hecho evidencia que la generación de conocimiento en materia de recursos hídricos por parte de universidades pequeñas estaría condicionada por su capacidad para atraer y retener capital humano avanzado (especialistas con grado de doctor), dado que sólo aquellas universidades que cuentan con mayores recursos (i.e. capacidades humanas, científicas o tecnológicas) tienen más probabilidades de realizar contribuciones significativas al estudio de los recursos hídricos, y poner en marcha un círculo virtuoso que les permita atraer más y mejores recursos. Si no se enfrenta este desafío, por ejemplo fomentando la investigación colaborativa, con la participación de instituciones de diferentes tamaños, la generación de conocimiento y desarrollo de tecnología de excelencia seguirá en manos de unas pocas entidades y actores.

Respecto de los campos del conocimiento involucrados en la producción científica para el estudio de los recursos hídricos, hemos visto que prevalece la participación de las ciencias naturales, seguidas de las ciencias técnicas y agrarias. Este patrón es similar al que siguen los resultados observados en otros trabajos científicos no indexados tales como tesis y presentaciones en congresos. Llama la atención la baja participación de las ciencias sociales, dejando en evidencia la necesidad de incorporar este campo para la comprensión multidisciplinar de las problemáticas asocia-

das a los recursos hídricos y su sostenibilidad. En este sentido, constituye un desafío estimular la mayor integración y el desarrollo de la producción científica desde las ciencias sociales que abordan el estudio de otros temas relevantes tales como la legislación y la vinculación de la sociedad en general con los recursos hídricos y facilitar la disposición del conocimiento generado a los tomadores de decisiones y de la comunidad para asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Por otra parte, en cuanto a los grandes temas de estudio sobre recursos hídricos, las publicaciones científicas se relacionan mayoritariamente con las dimensiones *Estudio del Recurso Hídrico*, *Gestión y Usos del Recurso Hídrico* así como *Recursos Hídricos y Medio Ambiente*, mientras que sólo en los trabajos científicos no indexados emerge la participación de las *Ciencias y Tecnologías Afines* como una de las principales dimensiones. Estos resultados muestran una notable debilidad en el ámbito del desarrollo tecnológico. En este sentido es importante fomentar la concurrencia de actores en el ámbito extra académico, particularmente empresas, que juegan un rol significativo en este ámbito.

En tanto, la distribución de los programas de formación específicamente relacionados al estudio de los recursos hídricos presenta una oferta limitada en el país, y se orienta principalmente a abordar la *Gestión y Uso del Recurso Hídrico*. Si bien consideramos en esto un aspecto positivo, al promover un enfoque más práctico sobre la comprensión del recurso hídrico, a diferencia de lo ocurrido con el estudio actual de éste, el que tiende a enfocarse en su dimensión física; creemos que Chile cuenta con suficientes capacidades humanas y científicas para diversificar esta oferta de programas de formación de postgrados, fomentando así un abordaje multidisciplinar del estudio del recurso, cubriendo la brecha existente referida a otras dimensiones de estudio poco abordadas. Además, existe una oferta significativa de programas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, es decir, que imparten conocimientos relacionados, pero no exclusivos a dicha temática, y que representan un potencial para el fortalecimiento a futuro de la oferta formación especializada.

A la luz de los antecedentes anteriormente expuestos, la componente territorial emerge del análisis con mayor relevancia, dado que frente a la concentración geográfica de las capacidades de investigación se hace necesaria una política pública que pueda revertir la situación, al menos en términos relativos, teniendo en consideración que el fortalecimiento de ellas en los territorios resulta necesario para trabajar en el aseguramiento de la sostenibilidad de los recursos hídricos, por la vía de la generación y transferencia del conocimiento al servicio de la sociedad. En este sentido, es necesario considerar que la concentración en determinadas regiones, así como en determinadas instituciones, se debe a factores estructurales difíciles de modificar en el corto y mediano plazo; sin embargo, la política pública puede y debe tender a alcanzar condiciones de mayor equidad entre actores en las regiones del país.

Anexo A – Especialistas entrevistados y entidades contactadas en el marco del trabajo

En la Tabla A.1 presentamos la lista inicial de especialistas entrevistados en el proceso de recolección de información para identificar actores a nivel individual e institucional del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*. En esta tabla indicamos el nombre del especialista, su afiliación y su principal fenómeno natural de especialización.

Tabla A.1. Especialistas entrevistados para identificar actores del SNI-RH

Nombre	Afiliación	Especialización
Manuel Arenas Abarca	Servicio Nacional de Geología y Minería	Erupciones volcánicas
José Luis Palma Lizama	U de Concepción	Erupciones volcánicas
Pedro Reszka Cabello	U Adolfo Ibáñez	Incendios
Octavio Rojas Vilches	U de Concepción	Inundaciones
Sergio Sepúlveda Valenzuela	U de Chile	Remociones en masa
Laura Gallardo Klenner	Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia	Resiliencia
Paulina Aldunce Ide	Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia	Resiliencia
Boris Sáez	Municipalidad de Talcahuano	Resiliencia
Gladys Gutiérrez	Municipalidad de Talcahuano	Resiliencia
Magdalena Gil Ureta	PUC de Chile	Resiliencia
Nicolás Bronfman Cáceres	PUC de Chile	Resiliencia
Sonia Pérez Tello	U de Chile	Resiliencia
Jorge Gironás León	PUC de Chile	Sequías e Inundaciones

Nombre	Afiliación	Especialización
Sergio Barrientos Parra	U de Chile	Terremotos
Andrés Tassara Oddo	U de Concepción	Terremotos
Gonzalo Montalva Alvarado	U de Concepción	Terremotos
Jorge Quezada Flory	U de Concepción	Terremotos
Rodrigo Cienfuegos Carrasco	PUC de Chile	Tsunamis
Rafael Aránguiz Muñoz	UC de la Santísima Concepción	Tsunamis

Elaboración propia

En la Tabla A.2 presentamos los especialistas entrevistados para identificar capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos.

Tabla A.4. Especialistas entrevistados para identificar capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos

Nombre	Entidad	Institución madre
Sebastián Vicuña	Centro de Cambio Global UC	PUC de Chile
Felipe Amtmann	Centro de Estudios Científicos CECs	-
Fernando Concha	Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM)	U de Concepción
Rodrigo Ramos	Centro Nacional del Medioambiente (CENMA)	U de Chile
Roberto Pizarro	Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental (CTHA)	U de Talca
James McPhee	Departamento de Ingeniería Civil (DIC)	U de Chile
Carlos Cárdenas	Dirección de Programas Antárticos y Subantárticos (DPA)	U de Magallanes
Galo Valdevenito	Núcleo de Investigación en Riesgos Naturales y Antropogénicos (RiNA)	U Austral de Chile
Gladys Vidal	Grupo de Investigación y Biotecnología Ambiental (GIBA), Centro EULA	U de Concepción
Gabriela Lobos	Centro de Investigación y Gestión de Recursos Naturales (CIGREN)	U de Valparaíso
Jaime San Martín	Centro de Modelamiento Matemático (CMM)	U de Chile
Gabriel Mancilla	Centro del Agua para Zonas Áridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC)	UNESCO
Manuel Contreras	Centro de Ecología Aplicada (CEA)	-
Brian Reid	Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP)	-
Diego Morata	Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA)	U de Chile
Victoria Leighton	Aguas y Riles DICTUC	PUC de Chile

Nombre	Entidad	Institución madre
Andrés Iroumé	Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio (ICBTe)	U Austral de Chile
Evelyn Aguirre	Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN)	Ministerio de Energía
Jorge Pérez	Grupo Investigación Procesos Ecosistémicos (GIPE)	U de Chile
Sergio Barrientos	Centro Sismológico Nacional (CSN)	U de Chile
Iván Matus	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)	Ministerio de Agricultura
Jaime Campos	Departamento de Geofísica (DGF)	U de Chile
Bianca Glass	Centro Sismológico de la Universidad de Tarapacá (CS-UTA)	U de Tarapacá
Rodrigo Fúster	Laboratorio de Análisis Territorial (LAT)	U de Chile
Linda Daniele	Departamento de Geología	U de Chile
Felipe Collao	Nereo, Ingeniería Marítima	-
Katherine Lizama	Departamento de Ingeniería Civil (DIC)	U de Chile

Elaboración propia

En la Tabla A.3 presentamos los centros, departamentos y facultades contactados para identificar capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos. En esta tabla también indicamos la respuesta obtenida.

Tabla A.3. Centros, departamentos y facultades contactados para identificar capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos

Entidad	Institución madre	Respuesta
Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas (ICML)	U Austral de Chile	Enviará información
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)	-	Enviará información
Terra Remote Sensing (TRS)	-	Enviará información
Centro del Agua para Zonas Áridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC)	Unesco	Envío información
Centro de Investigación y Gestión de Recursos Naturales (CIGREN)	U de Valparaíso	Envío información
Centro Sismológico de la Universidad de Tarapacá (CS-UTA)	U de Tarapacá	Envío información
Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental (CTHA)	U de Talca	Envío información
Dirección de Programas Antárticos y Subantárticos (DPA)	U de Magallanes	Envío información
Instituto de la Patagonia	U de Magallanes	Envío información
Laboratorio de Prospección y Monitoreo de Recursos Agrícolas y Ambientales (PROMMRA)	U de La Serena	Envío información
Instituto de Agroindustria (IAI)	U de La Frontera	Envío información

Entidad	Institución madre	Respuesta
Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM)	U de Concepción	Envío información
Centro de Ciencias Ambientales EULA - Chile	U de Concepción	Envío información
Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental (GIBA)	U de Concepción	Envío información
Laboratorio de Ingeniería Ambiental	U de Concepción	Envío información
Centro de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sur-Oriental (COPAS)	U de Concepción	Envío información
Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA)	U de Chile	Envío información
Centro Nacional del Medioambiente (CENMA)	U de Chile	Envío información
Departamento de Geofísica (DGF)	U de Chile	Envío información
Departamento de Geología	U de Chile	Envío información
Departamento de Ingeniería Civil (DIC)	U de Chile	Envío información
Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2)	U de Chile	Envío información
Centro de Modelamiento Matemático (CMM)	U de Chile	Envío información
Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza (FCFN)	U de Chile	Envío información
Departamento de Ciencias Ecológicas (DCE)	U de Chile	Envío información
Grupo Investigación Procesos Ecosistémicos (GIPE)	U de Chile	Envío información
Centro Sismológico Nacional (CSN)	U de Chile	Envío información
Laboratorio para el Análisis de la Biósfera (LAB)	U de Chile	Envío información
Laboratorio de Análisis Territorial (LAT)	U de Chile	Envío información
Centro de Estudios de Zonas Áridas (CEZA)	U de Chile	Envío información
Estación Meteorológica de la Universidad Católica del Norte	U Católica del Norte	Envío información
Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio (ICBTe)	U Austral de Chile	Envío información
Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos (CIDERH)	U Arturo Prat	Envío información
Centro de Cambio Global UC (CCG-UC)	PUC de Chile	Envío información
Facultad de Química	PUC de Chile	Envío información
Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental (DIHA)	PUC de Chile	Envío información
Unidad de Aguas y Riles, DICTUC	PUC de Chile	Envío información
Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA)	Ministerio del Medioambiente	Envío información
Ministerio del Medioambiente (RETC)	Ministerio del Medioambiente	Envío información
Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN)	Ministerio de Energía	Envío información

Entidad	Institución madre	Respuesta
Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)	Ministerio de Agricultura	Envío información
Centro de Estudio de Humedales (CEH)	Centro de Estudios del Desarrollo	Envío información
Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP)	-	Envío información
Centro de Estudios Científicos (CECS)	-	Envío información
Centro de Ecología Aplicada (CEA)	-	Envío información
Centro de Tecnologías Ambientales	UT Federico Santa María	Sin respuesta
Departamento de Física	UC del Norte	Sin respuesta
Centro Regional de Estudios Ambientales (CREA)	UC de la Santísima Concepción	Sin respuesta
Departamento de Meteorología	U de Valparaíso	Sin respuesta
Centro de Investigación y Transferencia en Agroclimatología y Riego (CITRA)	U de Talca	Sin respuesta
Centro de Estudios del Cuaternario Fuego-Patagonia y Antártica (CEQUA)	U de Magallanes	Sin respuesta
Centro de Gestión y Tecnología del Agua (CGETco)	U de La Frontera	Sin respuesta
Centro de Biotecnología	U de Concepción	Sin respuesta
Observatorio Geodésico Integrado Transportable (TI-GO)	U de Concepción	Sin respuesta
Instituto de Ecología y Biodiversidad (IBE)	U de Chile	Sin respuesta
Geomática y Ecología de Paisaje (CEP)	U de Chile	Sin respuesta
Centro de Investigación Tecnológica del Agua en el Desierto (CEITSAZA)	U Católica del Norte	Sin respuesta
Escuela de Ingeniería Civil	U Católica de Valparaíso	Sin respuesta
Departamento de Obras Civiles, Universidad Austral	U Austral de Chile	Sin respuesta
Laboratorio de Dendrocronología & Cambio Global	U Austral de Chile	Sin respuesta
Departamento de Agricultura del Desierto	U Arturo Prat	Sin respuesta
Instituto de Geografía	PUC de Valparaíso	Sin respuesta
Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)	Ministerio de Obras Públicas	Sin respuesta
Dirección General de Aguas (DGA)	Ministerio de Obras Públicas	Sin respuesta
Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNA-GEOMIN)	Ministerio de Minería	Sin respuesta
Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)	Ministerio de Agricultura	Sin respuesta
Corporación Nacional Forestal	Ministerio de Agricultura	Sin respuesta
Servicio Hidrográfico y oceanográfico de la Armada (SHOA)	Armada de Chile	Sin respuesta

Entidad	Institución madre	Respuesta
Servicio Meteorológico de la Armada de Chile (SER-VIMET)	Armada de Chile	Sin respuesta
Amphos 21 Consulting Chile	Amphos 21 Group	Sin respuesta
Análisis Ambientales (ANAM)	-	Sin respuesta

Elaboración propia

Anexo B – Áreas y Temas tratados en las Mesas de trabajo de la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos

Tabla B.1. Taxonomía de las Áreas y Temas tratados en las Mesas de trabajo de la Comisión de I+D+I para la Sostenibilidad de Recursos Hídricos

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
1		Generación Información y Conocimiento actualizado y disponible para la Sostenibilidad de los RH			

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
1-A			Condiciones habilitantes para la I+D+I en RH		
1-A1	Tecnologías afines			Redes y programas de medición	Desarrollo de redes para gestión de calidad de agua y contaminación, e indicadores biológicos de calidad ambiental. Fortalecimiento de redes existentes (fluviometría, nieves, etc.): Establecimiento de sistema de medición de extracciones de aguas superficiales y subterráneas, mediante acción coordinada pública-privada
1-A2	Estudio de los RH			Inventarios y catastros	Catastro derechos de aprovechamiento y usos de agua Catastro de pozos de aguas subterráneas (ubicación, caracterización, calidad de aguas) Información sobre áreas de riego Inventario de humedales Inventario de glaciares de roca Geometría basal de contacto roca/relleno en acuíferos
1-A3	Tecnologías afines			Plataformas y acceso a la información.	Creación de Plataformas que integren la información registrada por diversas agencias públicas Desarrollo de un sistema nacional de información que aproveche la capacidad de los usuarios de generar antecedentes Coordinación a nivel local de entidades que generan información y conocimiento, y creación de plataformas para la GIRH de acceso público

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
1-A4	Estudio de los RH			Estudios básicos.	Actualización/Desarrollo del Balance Hídrico a nivel nacional y de cuencas Procesamiento básico de registros estadísticos de variables hidrológicas Línea base Ambiental
1-B			Investigación, desarrollo e innovación en nuevas técnicas de medición y obtención de información.		
1-B1	Tecnologías afines			Uso de sensores remotos	Nieves y hielos Evapotranspiración (ETR) real Evaporación desde el suelo sin vegetación y salares Aplicación en ríos, lagos y otros humedales
1-B2	Tecnologías afines			Indicadores biológicos para la evaluación de la calidad ambiental	Desarrollo de indicadores biológicos para la evaluación de la calidad ambiental.
1-B3	Tecnologías afines			Trazabilidad y acreditación de la información del Estado y terceros	Desarrollo de las funciones de trazabilidad y acreditación de la información de información del Estado y terceros.
1-B4	Tecnologías afines			Uso de técnicas isotópicas, geoquímica y biología molecular	Desarrollo de capacidades para el uso de técnicas isotópicas, y métodos geoquímicos y de biología molecular.

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
1-C			Desarrollo de I+D+i en áreas prioritarias		
1-C1	Estudio de los RH			Condiciones meteorológicas climáticas	<p>Variabilidad climática/ciclos/sequías históricas/tendencias de corto plazo.</p> <p>Comportamiento de los eventos de precipitación/ origen/eventos climáticos extremos/intensidades.</p> <p>Pronósticos meteorológicos estacionales</p> <p>Modelación meteorológica para la predicción hidrológica de corto plazo</p> <p>Cambio climático y modelación de escenarios para RH, tendencias seculares (a nivel de cuenca)</p>
1-C2	Estudio de los RH			Hidrología de montañas	<p>Acumulación nival: distribución espacial y temporal/volúmenes acumulados/ línea de nieves.</p> <p>Procesos de deshielo/evaporación/sublimación.</p> <p>Impacto hidrológico de glaciares/hidrología glacial (blanco, cubierto y de roca)/glaciares de roca.</p> <p>Recarga natural y artificial en laderas/escorrentía/interconexión acuíferos.</p> <p>Modelación de derretimiento de nieves/hielo/escorrentía.</p> <p>Pronósticos de caudales de deshielo.</p> <p>Interacción nieve, hielo, escorrentía, vegetación en sistema andino y bosques</p> <p>Producción y transporte de sedimentos/cuantificación de erosión/morfología de cauces</p>

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
1-C3	Estudio de los RH			Desarrollo programa de I+D+i sobre hidrología de zonas áridas	<p>Origen de aguas subterráneas en zonas áridas/ datación y aguas fósiles/interconexiones/geoquímica.</p> <p>Recarga acuíferos en zonas áridas/caracterización de eventos de recarga/zonas de recarga</p> <p>Propiedades hidrogeológicas/geometría de acuíferos en climas árido</p> <p>Evaporación desde suelos húmedos/salares/vegas y humedales</p> <p>Eventos de crecidas súbitas</p> <p>Riesgo hidrológico por sequía o agotamiento</p> <p>Biomás áridos y agua</p>
1-C4	RH y medioambiente			Desarrollo programa de I+D+i en agua y medioambiente	<p>Vulnerabilidad de ecosistemas acuáticos</p> <p>Caudales ecológicos/ambiental y caracterización de usos ambientales</p> <p>Procesos hidrobiológicos en lagos y otros sistemas acuáticos/evolución de condición trófica</p> <p>Relación aguas continentales y ecosistema frágiles y vulnerables (vegas, bofedales, humedales y turberas)</p> <p>Ecología fluvial: Caracterización de biodiversidad/procesos hidrobiológicos/procesos en estuarios/impacto proyectos de desalinización</p> <p>Restauración ecológica y protección vegetación ribereña /Manejo y dinámica de cauces y servicios ecosistemicos</p> <p>Efectos y adaptación al cambio climático en sistemas limnicos (Plan de manejo adaptativo en RH)</p>

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
2		Desarrollo y aplicación tecnologías para aumentar la oferta y disponibilidad de RH			
2-A			Investigación, desarrollo e innovación en nuevas técnicas de medición y obtención de información		
2-A1	Tecnologías afines			Uso de sensores remotos	Desarrollar y usar sensores remotos sería de una tremenda utilidad para la investigación y gestión del agua. Se estima que incorporar sensores de nivel en 100 mil pozos, implica una inversión de alrededor de 500 millones de dólares (menos que un embalse), con costos de gestión de datos de 25 millones de dólares por año.
2-A2	Tecnologías afines			Indicadores biológicos para la evaluación de la calidad ambiental.	El uso de indicadores biológicos -a diferencia de otras variables que forman parte del sistema de generación de información-, tiene un componente de investigación relacionado con el identificar las técnicas y especies más apropiadas para comprender fenómenos asociados a la sostenibilidad de los RH.
2-B			Desafíos investigación, desarrollo e innovación transversales		

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
2-B1	Tecnologías afines			Reutilización/Desalación	Dado el gasto energético y/o de infraestructura para trasladar agua entre lugares lejanos, tiene todo el sentido del mundo aprovechar lo que está más cercano. Por lo tanto, si es factible reutilizar agua usada, ya sea por el proceso propio o la resultante de otros actores, podemos “crear” nuevas fuentes de agua.
2-B2	Tecnologías afines			Sensores	Además de la necesidad utilizar sensores para la reutilización de agua, se requiere medir una diversidad de elementos para distintos usos o investigaciones. Como las posibilidades de I+D+i en este ámbito son prácticamente infinitas, las propuestas se enfocan en acotar y priorizar los ámbitos en que los sensores son más necesarios.
2-B3	Tecnologías afines			Plataformas/Centros de monitoreo	
2-C			Investigación, desarrollo e innovación en sectores productivos		
2-C1	Economía y Gestión de los RH			Agro	

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
	Tecnologías afines				<p>Optimización de sistemas de riego</p> <p>Automatización de sistemas de riego presurizados y superficiales</p> <p>Servicios de monitoreo remoto para la toma de decisiones para el manejo de riego (sistemas de programación y control) (riego de precisión)</p> <p>Sensores de estado hídrico del suelo y la planta</p> <p>Servicio de planificación de sistemas de riego adecuado para el predio (plano del predio, dimensiones del surco, tipo de bombas, etc.)</p> <p>Servicios de capacitación y extensión para el uso óptimo de los sistemas de riego</p>
	Uso de RH				<p>Tratamiento y habilitación de aguas no aptas (reuso de aguas agroindustriales, agua desalada, aguas tratadas urbanas)</p>
	Tecnologías afines				<p>Metodologías de abatimiento de componentes físicos químicos y biológicos</p> <p>Desarrollo de sensores en los tres ámbitos</p> <p>Servicio de monitoreo de calidad de agua</p>
2-C2				Almacenamiento y Distribución	
	Tecnologías afines				<p>Reuso aguas servidas</p> <p>Tratamiento avanzado diferenciado por objetivo de uso</p> <p>Sensores de calidad de agua</p> <p>Servicio de monitoreo de puntos de entrega</p>

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
	Tecnologías afines				Recarga de acuíferos Desarrollo de softwares adaptados a condiciones locales Sensores de monitoreo de calidad Servicio de monitoreo en línea Centro de control operativo Sensores de niveles (monitoreo de acuíferos) Medición volumétrica de extracción y recarga Servicios hidrogeológicos
	Tecnologías afines				Desalación Tecnologías de desalación Sensores de componentes físicos, químicos y biológicos
	Tecnologías afines				Gestión de aguas lluvias urbanas Mejores sistemas de monitoreo meteorológicos (más cobertura y mayor resolución espacial y temporal) Infraestructura de recolección (hoy deficitaria: Tuberías, limpieza, mantención, monitoreo, etc) Softwares predictivos, con generación de alertas Infraestructura de almacenamiento
	Tecnologías afines				Manejo y gestión de embalses Equipos de medición de caudal, calidad y profundidad Plataformas de control integrado Equipos meteorológicos
2-C3				Minería	

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
	Uso de RH				<p>Propender a la minería seca</p> <p>Desarrollo de molienda y clasificación "secas" eficientes</p> <p>Fragmentación adaptable</p> <p>Caracterización mineralógica "en línea"</p> <p>Servicio de monitoreo de consumos de agua en distintos procesos (smart systems)</p>
	Uso de RH				Diseño y manejo de tranques de relaves
	Uso de RH				<p>Aditivos para evitar agrietamiento, favorecer compactación</p> <p>Sistemas y/o servicios de caracterización reológica</p> <p>Tratamiento para que quede como material constructible</p> <p>Tecnologías para extracción de metales</p>
	Tecnologías afines				Desalación
	Tecnologías afines				<p>Tecnologías de impulsión costo-eficientes</p> <p>Gestión de corrosión (materiales, detección y control, aditivos)</p> <p>Localización Concentradoras a cotas + bajas</p> <p>Tratamiento y disposición de residuos líquidos y sólidos de plantas desaladoras</p>
	Uso de RH				Recuperación de aguas desde espesadores

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
					Ultrafloculación para espesadores Sistemas de control avanzado para espesamiento (requiere sensores de tipo de material) Procesos de clasificación previo a espesamiento Modelos de diseño de espesador para recuperación eficiente Diseño de espesadores en pasta Recuperación de agua del proceso de filtrado
2-C4	RH y medioambiente			Medioambiente	Restauración de cuerpos de agua (ríos, humedales, bofedales, glaciares) Servicios de monitoreo Desarrollo de sensores e instrumentación para componentes físicos, químicos y biológicos Metodologías de abatimiento de componentes físicos, químicos y biológicos Desarrollo de softwares para modelos de comunidades ecológicas
3	-		Generación I+D+i para una Gestión Integrada de los RH		
3-A	-		Instalación y fortalecimiento de capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación en RH		

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
3-A1	Factores habilitantes			Atracción de capital humano especializado y creación unidades de CTi en RH.	
3-A2	RH y educación			Fortalecimiento de competencias y capacidades en OUAs e instituciones públicas ligadas a los RH.	
3-A3	RH y educación			Formación académica de post grado y Post Titulo.	
3-A4	Tecnologías afines			Capacidades habilitantes para el procesamiento y simulación de condiciones hidrológicas e hidrogeológicas de las cuencas.	
3-B			Inclusión, articulación y coordinación entre actores vinculados a los RH (Vinculación ciencia, empresa, sociedad)		

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
3-B1	RH y desarrollo humano			Promover la conformación de plataformas de vinculación entre sector científico, representantes del sector privado, representantes de la sociedad civil, e instituciones públicas relacionadas con los RH. (Identificación, caracterización, sociabilización del proceso entre actores)	
3-B2	RH y educación			Desarrollo de programas/estudios que faciliten procesos y establezcan gobernanzas de RH por cuenca:	
3-C			Valor y uso sostenible de los RH		
3-C1	RH y educación			Programa de educación y cultura del agua	

#	Tema de Taxonomía	Mesa	Área de Mesa	Tema de Área	Subtema de Área
3-C2	RH y educación				
				Programa para promover una correcta gestión de la demanda de agua por cuenca.	
3-C3	Economía y Gestión de los RH				
				Generación de programas de I+D que releven el valor ecosistémico y uso sustentable de los RH en Chile.	

Elaborada en base a información provista por la Contraparte Técnica

Anexo C – Palabras clave para identificar publicaciones relacionadas con recursos hídricos

En la Tabla C.1 presentamos el resumen de palabras clave que comandaron la búsqueda de publicaciones científicas, así como proyectos de investigación, desarrollo e innovación relacionados con recursos hídricos. Las búsquedas se realizaron incluyendo las palabras en singular y plural, por ejemplo, “recurso hídrico” y “recursos hídricos”.

Tabla C.1. Palabras clave utilizadas para identificar publicaciones científicas en revistas de corriente principal relacionadas con recursos hídricos

Palabra clave en castellano	Palabra clave en inglés
Acuífero	Aquifers
Agua	Water
Agua dulce	Freshwater
Agua salada	Seawater
Agua subterránea	Groundwater
Cambio climático	Climate change
Criósfera	Cryosphere
Cuenca	Basin
Cuenca hidrográfica	Water basin
Cuerpo de agua	Body of water, water body
Cuerpo lacustre	Lacustrine system
Desalación, desalinización	Desalination
Drenaje	Drainage
Gestión del agua	Water management

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

Elaboración propia

En la Tabla C.2 presentamos el resumen de palabras clave que comandaron la búsqueda de publicaciones científicas sin revisión de pares relacionadas con recursos hídricos. Las búsquedas se realizaron incluyendo las palabras en singular y plural, por ejemplo, “recurso hídrico” y “recursos hídricos” así como en femenino y masculino, por ejemplo “hídrico” e “hídrica”.

Tabla C.2. Palabras clave utilizadas para identificar publicaciones científicas sin revisión de pares relacionadas con recursos hídricos

Palabra clave	Palabra alternativa
Acuífero	
Agua	Recurso hídrico
Agua subterránea	
Aguas grises	Aguas residuales
Aguas urbanas	
Cambio climático	

Palabra clave	Palabra alternativa
Caudal	
Código de aguas	Derecho de aguas
Criósfera	
Cuenca	
Cuenca hidrográfica	
Cuerpo de agua	
Cuerpo lacustre	
Desalación	Desalinización
Drenaje	
Gestión de/del agua	
Gestión integrada de cuenca	Gestión integrada de recursos hídricos
Geyser	
Glaciar	Glacial
Glaciología	
Hidráulica	Hidráulico
Hídrica	
Hídrico	Hídrica
Hidrogeográfica	Hidrogeográfico
Hidrogeología	
Hidrográfica	Hidrográfico
Hidrología	
Hidrosfera	
Hielo	
Huella hídrica	Huella del agua
Inundación	Anegamiento
Lluvia	Aguas lluvias
Niebla	Camanchaca
Precipitación	
Regadío	Riego
Río	
Sanitario	Sanitaria
Tidal	

Elaboración propia

Anexo D – Capacidades tecnológicas del SNI-RH

En este anexo presentamos las capacidades tecnológicas que hemos identificado en el *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*. De acuerdo al marco conceptual que hemos presentado en la Sección 1.3, las capacidades tecnológicas corresponden a capacidades en el sentido de recursos físicos (laboratorios, instrumentación, sistemas de información, etc.) con los que disponen los actores institucionales del Sistema, que habilitan para realizar actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico y/o innovación en materia de recursos hídricos.

A. Alcance metodológico

Para conocer el estado de las capacidades tecnológicas que posee Chile para el estudio de los recursos hídricos hemos combinado distintas técnicas de trabajo, dentro de las que se destacan las siguientes:

REVISIÓN DOCUMENTAL

La identificación de las capacidades tecnológicas ha sido un proceso iniciado a partir de una revisión documental. Utilizando como punto de partida la base de datos de actores individuales e institucionales identificados, hemos hecho una lista con entidades potenciales que podrían tener capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos. Para cada entidad potencial hemos analizado la información disponible en su página web, identificando unidades con capacidades tecnológicas y registrando dichas capacidades. De esta forma hemos obtenido un primer catastro de capacidades tecnológicas en base a fuentes de información secundarias.

CUESTIONARIO

Con tal de corroborar la información recolectada en la etapa de revisión documental, corregir información errónea, por ejemplo equipos obsoletos o en desuso que aún aparecen en los inventarios de los actores institucionales, y completar la información faltante, contactamos a los responsables de las entidades que cuentan con capacidades tecnológicas, solicitando completar un cuestionario estructurado que se muestra al final de este anexo.

ENTREVISTAS

Finalmente, en caso de tener dudas o consultas adicionales sobre la información entregada en el cuestionario, entrevistamos a los especialistas encargados de éstas. Además, las entrevistas nos ayudaron a entender el uso de cada tecnología para el estudio de los recursos hídricos, a identificar tecnologías genéricas, independiente de la marca o modelo, y a diferenciar entre equipos mayores y menores. El detalle de los especialistas entrevistados se presenta al final de este anexo.

B. Caracterización de las capacidades tecnológicas

Como resultado de la revisión documental encontramos 100 entidades potenciales que debieran poseer capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos. De estas entidades, en 72 de ellas pudimos identificar dichas capacidades, las que se encuentran distribuidas en un total de 114 unidades. El resto de las entidades ya sea no tenía capacidades tecnológicas o no pudimos encontrar evidencia de que tuvieran, ya que no aparecía información en su página web y porque tampoco respondieron al cuestionario. De las 114 unidades en donde logramos identificar capacidades tecnológicas habilitantes, 56 de ellas respondieron al cuestionario, lo que significa que en un 49% las capacidades tecnológicas registradas fueron obtenidas en base a fuentes primarias de información.

A continuación presentamos los resultados de caracterización los resultados obtenidos en cuatro categorías: 1) unidades con capacidad tecnológica habilitante para el estudio de los recursos hídricos, 2) equipamiento científico centralizado, 3) equipamiento científico distribuido y 4) herramientas computacionales de desarrollo propio y licencias de software.

1. Unidades con capacidad tecnológica habilitante para el estudio de los recursos hídricos

En esta sección analizamos con más detalle las unidades que hemos identificado que cuentan con capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos. El objetivo principal es conocer el tipo de entidad a la que pertenecen, cuál es su distribución geográfica, de qué tipo de unidad se trata (laboratorio tradicional, laboratorio de computación, red, etc.) y cuál es el principal propósito de investigación.

En la Figura D.1 podemos observar que la gran mayoría de las 114 unidades identificadas pertenecen a universidades o centros de investigación. En menor proporción hemos identificado unidades que pertenecen a empresas u organismos gubernamentales.

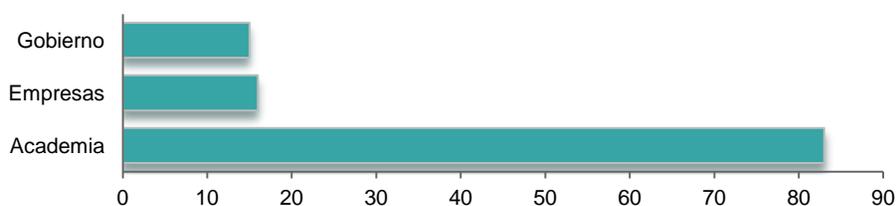


Figura D.1. Distribución de unidades que cuentan con capacidades tecnológicas habilitantes para realizar investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos, por tipo de entidad a la que pertenecen. Elaboración propia

En la Figura D.2 presentamos las cuotas de participación de las universidades que cuentan con unidades con capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos. Como

se puede observar, las universidades en donde hemos identificado más unidades que cuentan con capacidades tecnológicas habilitantes son la Universidad de Chile y la Universidad de Concepción, quienes en conjunto suman el 53% de las unidades identificadas. Otras universidades relevantes son la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad Austral de Chile, la Universidad de La Frontera, la Universidad de Talca, la Universidad de La Serena, la Universidad Arturo Prat y la Universidad de Valparaíso. Entre estas universidades acumulan el 94% del total de unidades pertenecientes a las universidades.

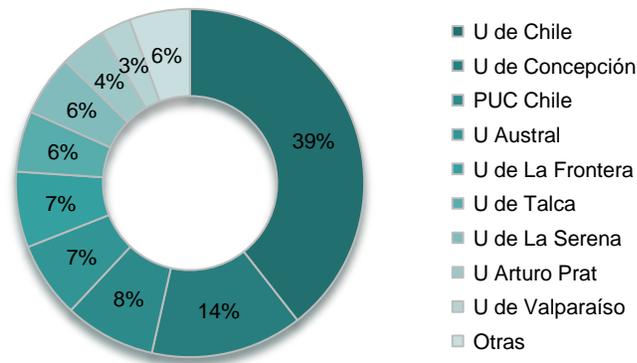


Figura D.2. Cuota de participación de universidades con unidades con capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos. Elaboración propia

Cabe destacar que, en la figura anterior, las unidades de centros de investigación que están asociados a una universidad las hemos incluido dentro de las capacidades tecnológicas de dicha universidad. La

Tabla D.1 muestra los centros de investigación asociados a universidades para los cuales hemos identificado que cuentan con capacidades tecnológicas habilitantes.

Tabla D.1. Centros de investigación asociados a universidades que poseen capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de recursos hídricos

Universidad	Centro de investigación
PUC Católica de Chile	Centro del Cambio Global (CCG-UC)
U Arturo Prat	Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos (CIDERH)
U de Chile	Centro Nacional del Medioambiente (CENMA)
	Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2)
	Centro de Modelamiento Matemático (CMM)
	Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA)
	Centro de Estudios de Zonas Áridas (CEZA)
U de Concepción	Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM)

Universidad	Centro de investigación
	Centro de Ciencias Ambientales (EULA)
U de La Frontera	Centro de Gestión y Tecnología del Agua (CGETCO)
U de Talca	Centro de Investigación y Transferencia en Agroclimatología y Riego (CITRA)
	Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental (CTHA)
U de Valparaíso	Centro de Investigación y Gestión de Recursos Naturales (CIGREN)

Elaboración propia

En la Tabla D.2 presentamos los centros de investigación no asociados a ninguna universidad en donde hemos identificado capacidades tecnológicas habilitantes.

Tabla D.2. Centros de investigación no asociados a una universidad en particular que poseen capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de recursos hídricos

Centro de investigación
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)
Centro del Agua para Zonas Áridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC)
Centro de Ecología Aplicada (CEA)
Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP)
Centro de Estudio de Humedales (CEH)
Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (CIGIDEN)
Centro de Estudios Científicos (CECs)

Elaboración propia

Respecto de las 15 empresas con capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de recursos hídricos que hemos identificado, en 12 de ellas no pudimos encontrar evidencia de que realizan investigación o desarrollo en materia de recursos hídricos. En estos casos se trata de empresas mineras y de servicios sanitarios que poseen estaciones meteorológicas y/o estaciones de monitoreo de calidad del agua, y que habilitan el estudio de los recursos hídricos ya que sus datos se encuentran disponibles en plataformas de información abiertas, como por ejemplo en el Observatorio del Agua del CIDERH. Las 3 empresas restantes son GeoDatos, Amphos 21 Consulting y Terra Remote Sensing. A diferencia de las empresas anteriores, entre sus actividades se encuentran la investigación y desarrollo en temas relacionados con recursos hídricos.

Finalmente, en la Tabla D.3 presentamos los organismos gubernamentales que hemos identificado que tienen capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos.

Tabla D.3. Organismos gubernamentales que poseen capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de recursos hídricos

Institución	Unidad
Ministerio de Obras Públicas	Dirección General de Aguas (DGA)

Institución	Unidad
	Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
Ministerio del Medioambiente	Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA)
	Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC)
Ministerio de Energía	Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN)
Ministerio de Agricultura	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
	Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
	Servicio Meteorológico (SERVIMET)
Ministerio de Minería	Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin)

Elaboración propia

La Figura D.3 muestra la distribución geográfica de las unidades identificadas. La gran mayoría de las unidades identificadas se encuentra en la Región Metropolitana (48 unidades), que concentra un 46% de éstas, seguida por las regiones de Tarapacá (14 unidades) y del Biobío (11 unidades). En el resto de las regiones se encuentran menos unidades que el promedio (7 unidades).

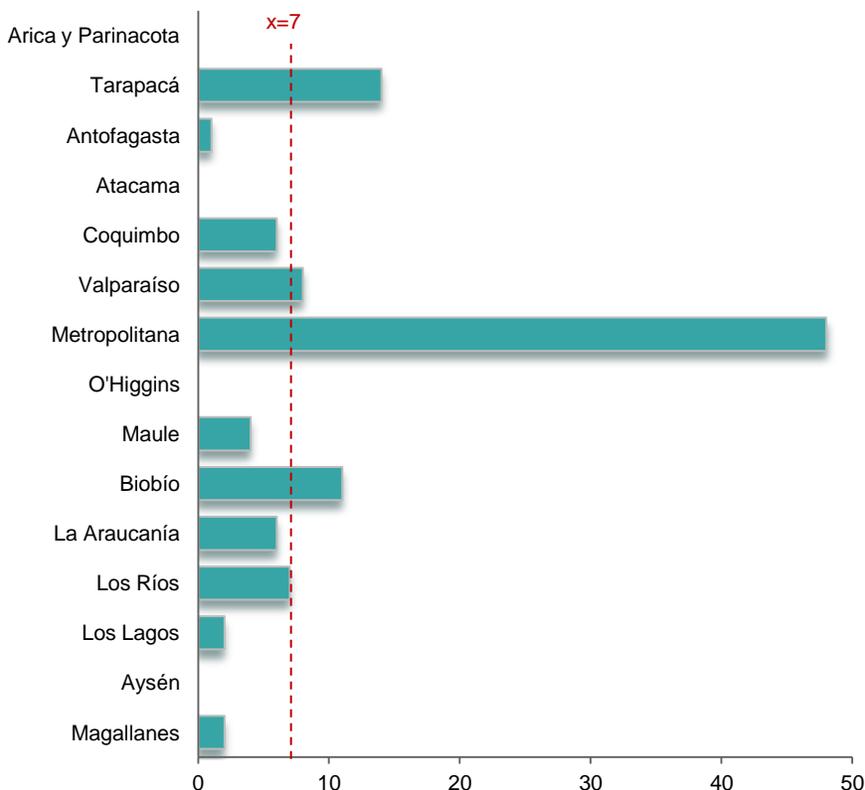


Figura D.3. Distribución de unidades con capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, por región. Elaboración propia

Para un análisis más detallado de las unidades con capacidades tecnológicas habilitantes que hemos identificado, en la Figura D.4 presentamos la caracterización de acuerdo al tipo de unidad. La información con respecto al tipo de unidad fue solicitada a los responsables de las mismas a través del cuestionario anteriormente mencionado, dando la opción de elegir más de una categoría. Es por esto la cantidad total de categorías de unidades es mayor al número de unidades identificadas. En aquellos casos en donde no recibimos respuesta a los cuestionarios, asignamos la categoría por medio de fuentes de información secundaria. Como se puede ver de la Figura D.4, de las unidades identificadas 50 corresponden a laboratorios tradicionales, 24 a redes, 15 a estaciones, 14 a laboratorios de computación, 13 a sistemas de información y 7 a otros tipos.

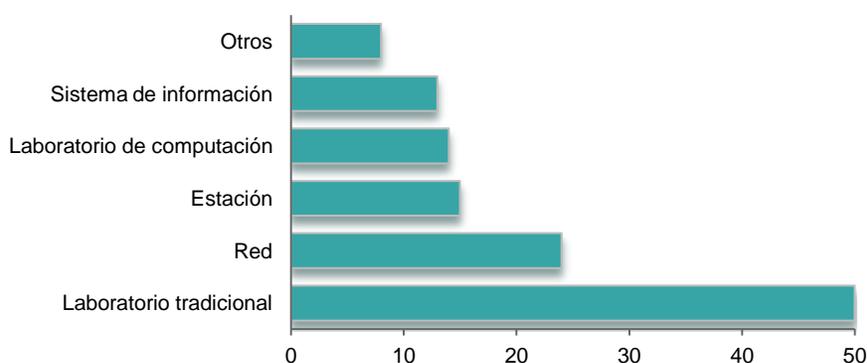


Figura D.4. Tipos de unidades con capacidades tecnológicas habilitantes identificadas.
Elaboración propia

Como se puede ver de la figura anterior, un 41% de las 114 unidades que hemos identificado corresponden a laboratorios tradicionales, es decir, cuentan con un espacio físico equipado con equipos y/o instrumentos. En cuanto al propósito de los laboratorios identificados, tal como se muestra en la Figura D.5, la mayoría de ellos se dedica principalmente al análisis, por ejemplo análisis de muestras de agua, suelo, etc.; a la experimentación, como por ejemplo analizar el efecto de tóxicos en un ambiente controlado; a la modelación en sus distintos ámbitos, como por ejemplo de un fenómeno físico, modelación matemática, modelación empírica o mecánica. En menor medida hemos identificado laboratorios que, dentro de sus actividades, se dedican al monitoreo (por ejemplo monitoreo de la calidad del agua, etc.), y al control de calidad del agua.

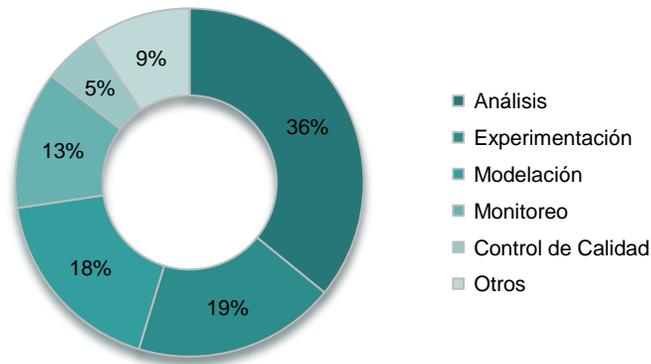


Figura D.5. Principal propósito de los laboratorios con capacidades tecnológicas habilitantes que hemos identificado. Elaboración propia

Otras categorías de unidades con alta presencia que hemos identificado son las redes y las estaciones, que en total suman 39. En el marco de este trabajo hemos definido como una red a un grupo de al menos cuatro estaciones de monitoreo similares pertenecientes a una misma entidad. Es decir, un 34% de las 114 unidades identificadas poseen una o más estaciones de monitoreo. Si bien el principal propósito de las unidades con estaciones y/o redes es el monitoreo de alguna variable de interés, principalmente la calidad del agua, estas tienen, en general, otros propósitos más amplios que utilizan la información medida como por ejemplo de observación (por ejemplo de glaciares), análisis (por ejemplo de la calidad del agua), simulación de algún fenómeno físico (por ejemplo para caracterizar periodos de sequía), etc.

Los sistemas de información, con 15 unidades en total, tienen como principal función integrar datos, ya sea propios o de terceros, en una plataforma común, y permitir el acceso de terceras personas a dichos datos, ya sea en forma gratuita o con algún tipo de restricción. La relevancia de esta categoría de unidades es que facilita el estudio de los recursos hídricos a especialistas que no cuentan con el equipamiento necesario para dichos fines. Además, muchos de los sistemas de información integran datos de distintas fuentes, lo que permite extender el alcance de los estudios que se pueden realizar.

Finalmente, una última categoría de unidades corresponde a los laboratorios de computación. Una característica interesante que hemos encontrado es que, de las 14 unidades caracterizadas como laboratorio de computación, 10 de ellas tienen, además, otro tipo de unidad asociada, y 3 de ellas pertenecen a entidades que cuentan con otras unidades (aparte del laboratorio de computación). En cuanto a las unidades que tienen un segundo tipo de unidad asociada, 4 de ellas se caracterizaron, además, como sistema de información (es decir, un 29% del total de 14 unidades), 3 de ellas como laboratorio (21%), 2 unidades como red (14%) y finalmente 1 unidad como estación (7%). Esto indica que, en general, los laboratorios de computación utilizados para el estudio de los recursos hídricos representan un complemento a otros tipos de unidades como laboratorios tradicionales, redes, estaciones, etc. El principal propósito de los laboratorios de computación son la simulación, el cálculo y la modelación de procesos, fenómenos y/o variables, lo que se realiza a partir de

los datos obtenidos de los laboratorios tradicionales y/o de las estaciones de monitoreo. El único caso de laboratorio de computación que no está directamente asociado a otro tipo de unidad dentro de la misma entidad es el Laboratorio Nacional de Computación de Alto Rendimiento (NHLP) del CMM de la Universidad de Chile, que pone a disposición sus servidores para que otras entidades que se dedican al estudio de los recursos hídricos los utilicen.

2. Equipamiento científico centralizado

Como equipamiento científico centralizado entendemos todos aquellos equipos e instrumentos, tanto fijos como móviles, así como estaciones de monitoreo que no pertenezcan a una red²⁷, que son utilizados por investigadores y especialistas para desarrollar investigación. En total hemos identificamos 163 tipos de equipamiento científico centralizado habilitante para el estudio de los recursos hídricos, que hemos categorizado en las siguientes subcategorías:

- › Equipos e instrumentos científicos: son todos aquellos equipos e instrumentos científicos mayores. Esta distinción entre equipos mayores y menores la hemos hecho principalmente en base a la opinión de los especialistas contactados y en base a consultas informales de precios de compra.
- › Estaciones de monitoreo; son todas aquellas estaciones que no pertenecen a una red, y cuya variable de medición se puede utilizar para el estudio de los recursos hídricos.
- › Equipamiento de laboratorio y de terreno; son instrumentos y/o equipos menores. Si bien el registro individual de cada uno de los instrumentos y equipos no es relevante, registrar el tipo de análisis que se puede realizar con esta colección de instrumentos sí lo es.

EQUIPOS E INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS

Como resultado del registro de capacidades tecnológicas habilitantes para el estudio de los recursos hídricos hemos logramos identificar 42 tipos de equipos e instrumentos científicos. La Figura D.6 muestra las categorías de equipos e instrumentos más comunes identificados.

Como se puede apreciar en la Figura D.6, la mayor cantidad de equipos e instrumentos científicos identificados corresponde a pluviómetros (15 unidades). Estos equipos que permiten medir la cantidad de lluvia que cae en un lugar y se utilizan principalmente para cuantificar y modelar recursos hídricos en un determinado lugar. Cabe mencionar que, si bien los pluviómetros se encuentran, en general, incorporados dentro de estaciones meteorológicas, nivométricas, etc., en este caso se trata de instrumentos no asociados a ninguna estación, y que pueden ser ubicados temporalmente en alguna área particular de estudio.

La segunda categoría de equipos e instrumentos más comunes son los espectrómetros de masas (11 unidades). Estos equipos que permiten analizar la composición de diferentes elementos químicos e isótopos atómicos presentes en el agua. Su aplicación en el estudio de los recursos hídricos es variada, ya que pueden ser utilizados para determinar la calidad del agua mediante la caracterización isotópica de la misma; para estudios medioambientales (por ejemplo en estudios para la determinación de la relación agua-suelo-plantas), para estudiar los procesos de transporte de con-

²⁷ Tal como se indicó en la sección anterior, en este trabajo hemos definido una red como a un grupo de al menos cuatro estaciones de monitoreo similares, pertenecientes a una misma entidad

taminantes en agua subterránea, etc.; y en estudios para caracterizar el recurso hídrico, por ejemplo para determinar el origen de aguas subterráneas, para identificar la interconexión de acuíferos, fugas de embalses, etc. Dentro de los subtipos, identificamos 7 espectrómetros de masas con plasma acoplado inductivamente, 2 espectrómetros de masas ópticos, 1 espectrómetro de masas de razón isotópica y 1 espectrómetro de masas multicolector.

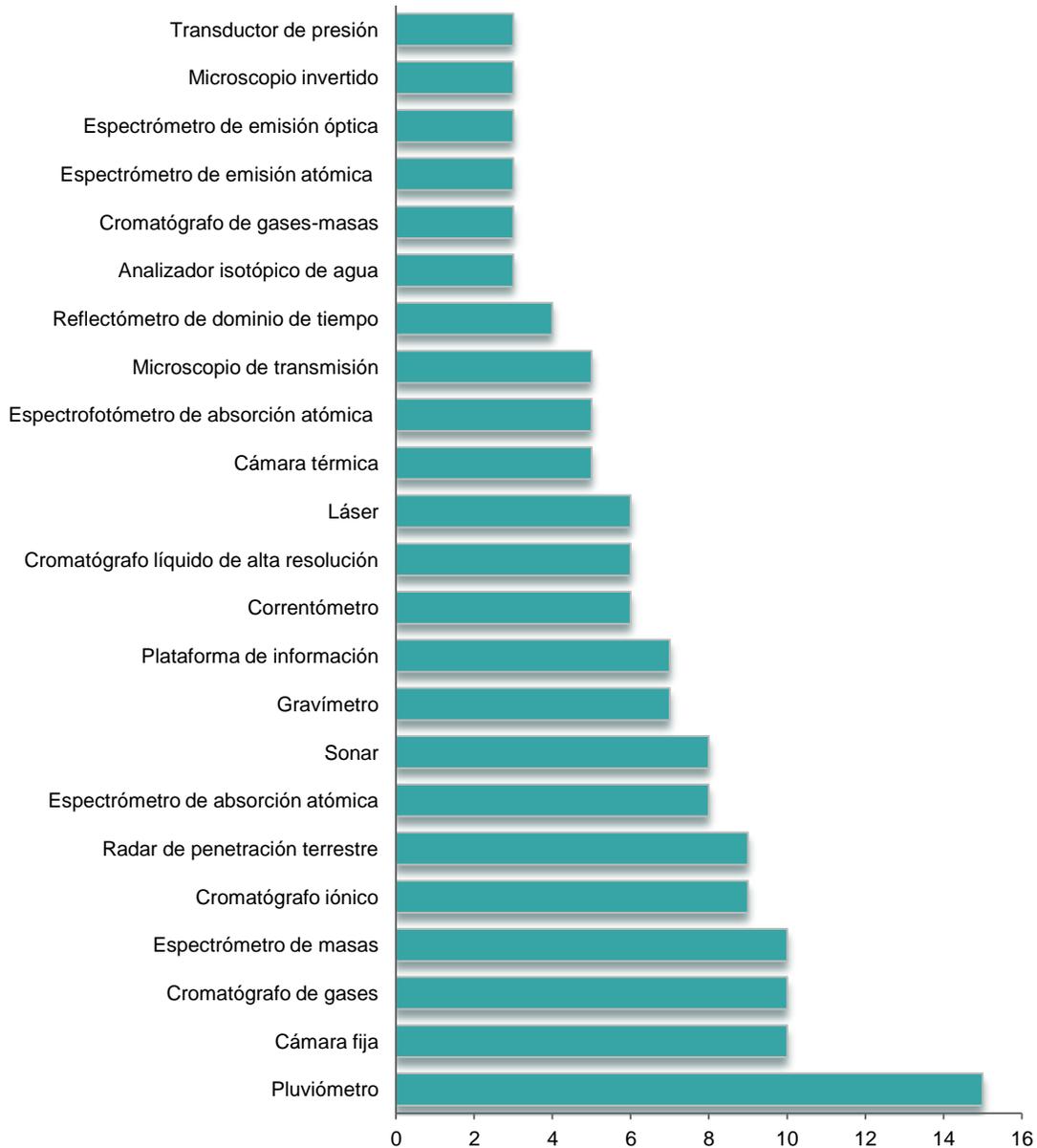


Figura D.6. Frecuencia de equipos e instrumentos habilitantes para el estudio de los recursos hídricos. Elaboración propia

Otra categoría la conforman los cromatógrafos de gases, con 10 unidades identificadas. Estos equipos permiten identificar y cuantificar componentes que están en una mezcla, en este caso el agua. En el caso de recursos hídricos, se utilizan específicamente para estudios de calidad del agua a través de la identificación de contaminantes. Los cromatógrafos de gases se diferencian entre sí principalmente por el detector utilizado. Dentro de los subtipos identificados encontramos 3 cromatógrafos de gases con detector de ionización de llamas, 3 cromatógrafos de gases con detector en base a celdas de combustibles, 2 cromatógrafo de gases con configuraciones de ionización de llamas, 1 cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones, 1 cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones e ionización de llamas.

ESTACIONES DE MONITOREO

En la Figura D.7 presentamos los tipos de estaciones de monitoreo que no pertenecen a una red, es decir cuyo número por entidad es menor a 4, y la cantidad de ellas que identificamos.

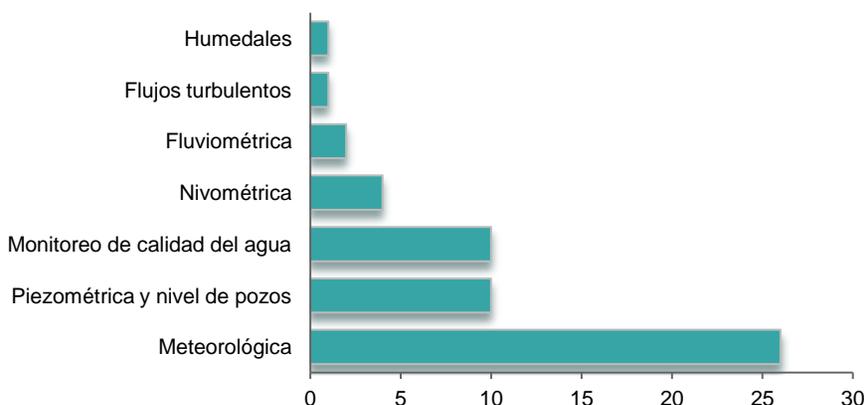


Figura D.7 Frecuencia de estaciones de monitoreo habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, por tipo de estaciones. Elaboración propia

Como se puede observar de la figura anterior, la mayor cantidad de estaciones corresponde a estaciones meteorológicas, con 26 estaciones, las que pertenecen a un total de 14 entidades. Las entidades que más destacan en cuanto al número de estaciones son el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile, el Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos (CIDERH) y el Departamento de Meteorología de la Universidad de Valparaíso, todas con 3 estaciones meteorológicas. Entidades privadas que cuentan con estaciones meteorológicas son la Compañía Minera Cerro Colorado (2 estaciones), la Empresa Portuaria Austral (2 estaciones) y la Minera Los Pelambres, también con 2 estaciones.

En segundo lugar de la lista de categorías de estaciones se encuentran las estaciones de monitoreo de calidad del agua, con 10 estaciones, las que pertenecen a 4 entidades: el Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos (CIDERH) con 3 estaciones, la compañía Haldeman Mining Company con 3 estaciones, la Compañía Minera Teck Quebrada Blanca con 2 estaciones, y el Departamento de Agricultura del Desierto y Biotecnología, Universidad Arturo Prat, también con 2 estaciones. En este caso, todas las estaciones de monitoreo de calidad del agua son para aguas subterráneas.

Las estaciones piezométricas, para medición del nivel de pozos y los pozómetros, corresponden a la tercera categoría de estaciones de monitoreo, que no pertenecen a una red, con mayor cantidad identificada (10). Conocer el nivel freático o piezométrico de los pozos, así como otras variables que pueden medir las estaciones piezométricas como temperatura y conductividad, son necesarios para comprender, caracterizar y modelar los acuíferos, así como para conocer la disponibilidad del recurso hídrico y desarrollar modelos para pronosticar la disponibilidad a futuro frente a distintos escenarios climáticos.

En menor cantidad en comparación con las anteriores hemos identificado estaciones nivométricas y fluviométricas, con 4 y 2 estaciones respectivamente. Ambas capacidades tecnológicas son especialmente relevantes para la cuantificación del recurso hídrico. En el ámbito de la sequía, esta información, así como los modelos que se pueden desarrollar a partir de ella, sirven para el desarrollo de estrategias de prevención y gestión de las sequías. Finalmente también hemos identificado estaciones piloto de humedales así como para medición de flujos turbulentos.

EQUIPAMIENTO DE LABORATORIO

Como equipamiento de laboratorio hemos considerado colecciones de instrumentos y/o equipos menores para un fin en particular, en donde la caracterización individual de cada uno de ellos no es relevante, pero caracterizar el fin particular sí lo es. Tal como lo mencionamos al comienzo de esta sección, como parte de la caracterización de las capacidades tecnológicas hemos incluido equipamiento de laboratorio. En total, hemos identificado 12 categorías de equipamiento de laboratorio, los que mostramos en la Figura D.8.

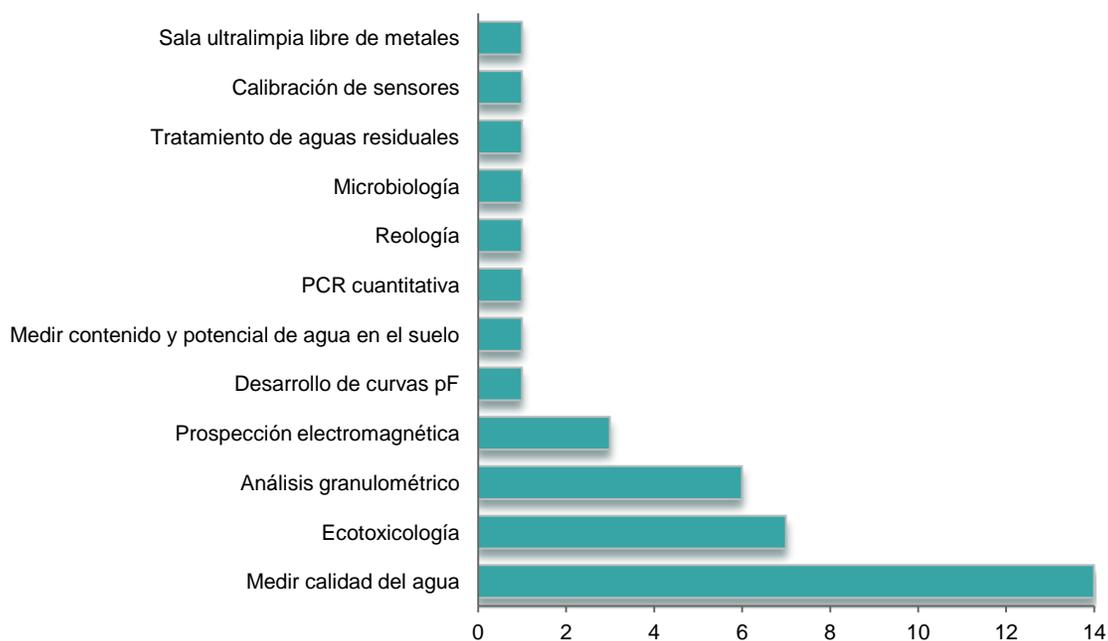


Figura D.8 Frecuencia de equipamiento de laboratorio habilitante para el estudio de los recursos hídricos, por objetivo de equipamiento. Elaboración propia

Como se puede observar de la figura, el equipamiento de laboratorio con mayor cantidad identificado es el equipamiento básico en laboratorio para medir calidad (química) del agua. En total, identificamos 14 entidades que cuentan con este tipo de equipamiento. Este tipo de equipamiento consiste en una colección variada de instrumentos menores, los que dependen del tipo de análisis a realizar. Dentro de este tipo de equipamiento se encuentran ph-metro, conductímetro, balanza analítica, mercuriómetro, micro buretas, campana extracción forzada de gases, etc.

En segundo lugar de la lista se encuentra el equipamiento para ecotoxicología. La ecotoxicología es la ciencia que estudia el efecto de sustancias tóxicas sobre los ecosistemas. Parte del equipamiento consiste en acuarios, lupas estereoscópicas, microscopios, balanzas analíticas, redes de pesca, etc. Como resultado del catastro hemos identificado 8 entidades que cuentan con este equipamiento: el Centro de Ciencias Ambientales (EULA), el Centro de Gestión y Tecnología del Agua (CEGETco), el Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos (CIDERH), el Centro Nacional del Medioambiente (CENMA), el Departamento de Ciencias Ecológicas (DCE) de la Universidad de Chile, el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile y el Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas (ICML).

En las otras categorías de equipamiento de laboratorio se encuentran equipos para realizar análisis granulométrico, prospección electromagnética, calibración de sensores, tratamiento de aguas residuales, microbiología, reología, PCR cuantitativa, medir contenido y potencial de agua en el suelo y desarrollar curvas pF. Un equipamiento de laboratorio que vale la pena destacar es la sala ultralimpia libre de metales del Departamento de Geología de la Universidad de Chile. Esta sala, única en Chile, se utiliza para la preparación de muestras para su posterior análisis químico o isotópico.

EQUIPAMIENTO DE TERRENO

Como resultado del catastro de las capacidades tecnológicas hemos identificado 13 categorías de equipamiento de terreno, las que mostramos en la Figura D.9. Como se puede observar de esta figura, la categoría de equipamiento de terreno con mayor cantidad identificada es la de sistemas de captación de agua, en donde hemos identificado 33 unidades que cuentan con este equipamiento. Tal como su nombre lo indica, los sistemas de captación de agua permiten captar agua de lluvia, y, en general, constan de medidores de volumen y acumuladores, los que pueden ser estanques de polietileno. Los sistemas de captación de agua se pueden utilizar para determinar la influencia de contaminantes atmosféricos en el agua de lluvia.

En el segundo y tercer lugar de la lista se encuentran los equipos de muestreo y medición de calidad del agua, en donde hemos identificado a 19 unidades que cuentan con estas capacidades, y los equipos de muestreo de agua en terreno, en donde hemos identificado 16 unidades. La diferencia entre la categoría muestreo y medición de calidad del agua y la categoría muestreo de agua es que, la primeros apunta principalmente a medir las propiedades físico-químicas del agua en terreno (por ejemplo a través de electrodos de medición), mientras que la segundos apunta principalmente a obtener muestras de aguas para distintos fines, entre los que se destacan muestras de velocidades y sedimentos, las redes surber para muestreo de fito y zooplancton, muestras de micromamíferos y avifauna acuática, etc. Una aplicación importante de este tipo de capacidad tecnológica es poder evaluar los efectos de contaminantes en el agua.

En las otras categorías de equipamiento de terreno se encuentran equipos para medir infiltración de agua en el suelo, de potenciometría, de muestreo pasivo de la calidad del agua, para medir resistividad mediante acoplamiento capacitivo, para simular lluvia, de pivote experimental y para medir humedad superficial de suelo.

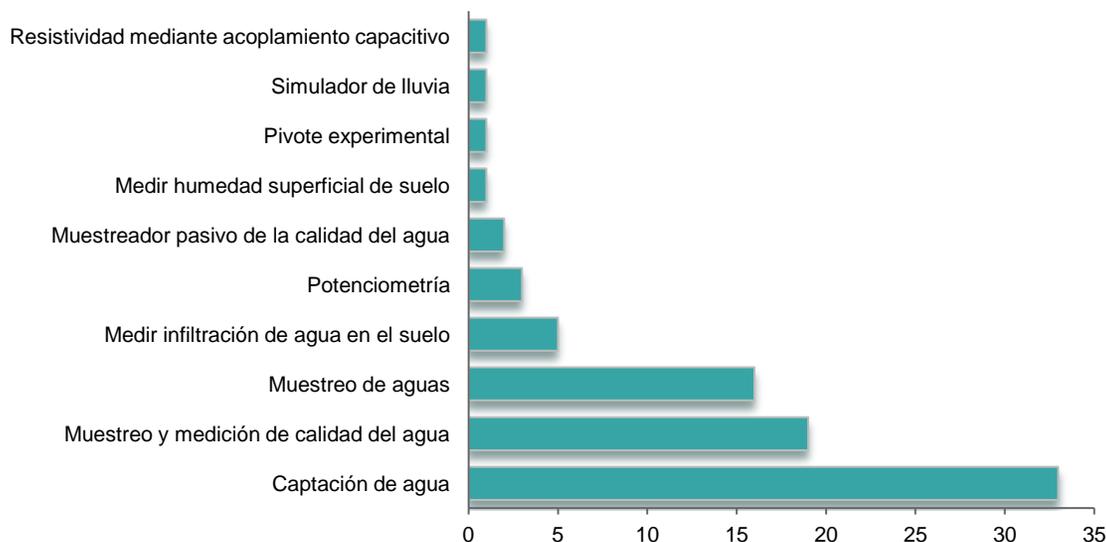


Figura D.9. Frecuencia de unidades que cuentan con equipamiento de terreno habitantes para el estudio de los recursos hídricos. Elaboración propia

3. Equipamiento científico distribuido

En esta parte presentamos los resultados obtenidos en cuanto al equipamiento científico distribuido, también llamadas estaciones, que hemos identificado en el país para el estudio de los recursos hídricos. En la Figura D.10 mostramos las principales categorías de estaciones que hemos identificado. Tal como se muestra en esta figura, en el primer lugar de la lista se encuentran las estaciones de monitoreo de calidad del agua. Como resultado del trabajo identificamos 1.779 estaciones de monitoreo de calidad del agua. Del total de estaciones, hemos identificado 919 para el monitoreo de aguas subterráneas y 855 para el monitoreo de aguas superficiales; para las 5 restante no pudimos identificar el tipo de agua que se está monitoreando. Las principales entidades que cuentan con estaciones de monitoreo de calidad del agua son la Dirección General de Aguas (por medio de la Red Hidrométrica Nacional), con 899 estaciones de monitoreo, y la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, con 552 estaciones de monitoreo. Cabe destacar el alto número de estaciones de monitoreo de calidad del agua que tienen las empresas mineras del país, las que en conjunto suman 828 estaciones entre estaciones para aguas superficiales como subterráneas²⁸. Esto se explica por las exigencias medioambientales que deben cumplir en cuanto a contaminación de las aguas.

28 Fuente: <http://www.odea.cl/>

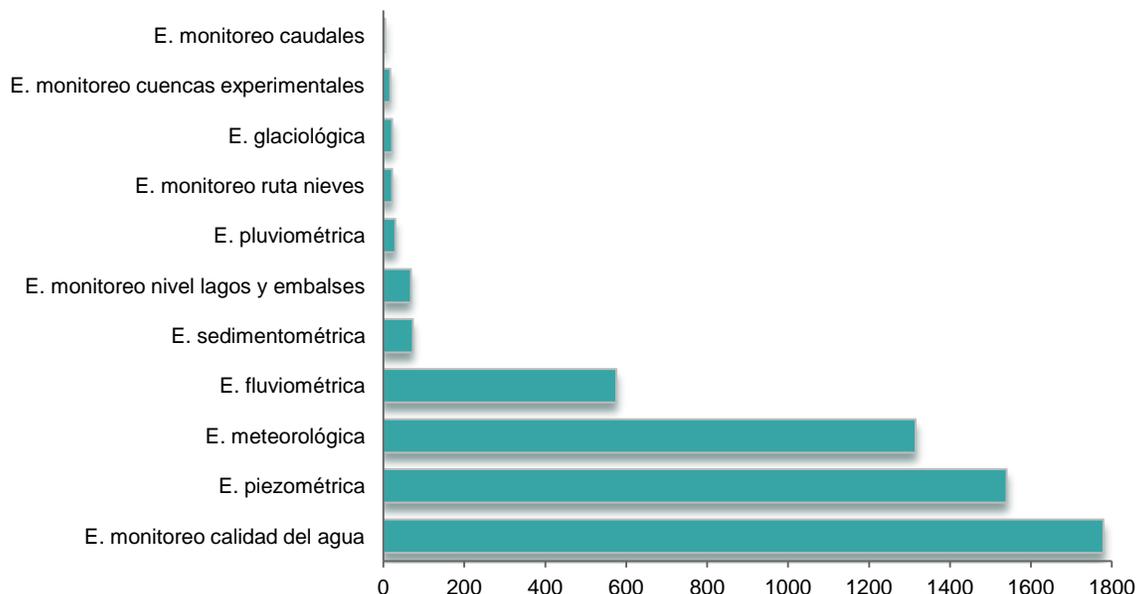


Figura D.10. Frecuencia de equipamiento científico distribuido (estaciones) habilitantes para el estudio de los recursos hídricos, por categoría. Elaboración propia

En los siguientes lugares de la lista se encuentran las estaciones piezométricas, con 1.540 estaciones, las estaciones meteorológicas, con 1.315 estaciones y las estaciones fluviométricas, con 576 estaciones identificadas. La gran mayoría de estas estaciones pertenece a la Dirección General de Aguas, específicamente a la Red Hidrométrica Nacional. En cuanto a las estaciones piezométricas, al igual que el caso de las estaciones de medición de calidad del agua, un porcentaje importante de ellas pertenece a la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. En cuanto a las estaciones meteorológicas, en segundo lugar en cuanto a número de estaciones está la Dirección Meteorológica de Chile a través de su Red Meteorológica.

Con un número bastante más reducido en comparación con las principales capacidades se encuentran las estaciones sedimentométricas (73), las estaciones de monitoreo de nivel de lagos y embalses (68), las estaciones pluviométricas (30), glaciológicas (22), estaciones de monitoreo de rutas de nieve (22), estaciones de monitoreo de cuencas experimentales (17) y finalmente estaciones de monitoreo de caudales (5 en total).

DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPAMIENTO CIENTÍFICO DISTRIBUIDO POR REGIÓN

La Figura D.11. muestra la distribución de las estaciones meteorológicas por región. Con tal de mostrar la totalidad de este tipo de capacidades tecnológicas, los resultados que presentamos a continuación no se restringen a redes de estaciones meteorológicas, sino que se incluyen, además, las estaciones que no alcanzan a conformar una red, es decir, cuyo número es menor que cuatro.

Como se puede observar de esta figura, hay 3 regiones que cuentan con más de 120 estaciones meteorológicas: la Región de Coquimbo (149), la Región de Valparaíso (123), la Región del Biobío (122). Las 5 regiones que cuentan con más de 60 y menos de 120 estaciones meteorológicas son la Región del Maule (114), la Región de Magallanes (113), la Región Metropolitana (100), la Región

de la Araucanía (96), la Región de Los Lagos (90), la Región de Atacama (86), la Región de Tarapacá (84), la Región de Aysén (70). Finalmente las 4 regiones con menos de 60 estaciones meteorológicas son la Región de O'Higgins (52), la Región de Antofagasta (51), la Región de Arica y Parinacota (50) y la Región de Los Ríos (39).

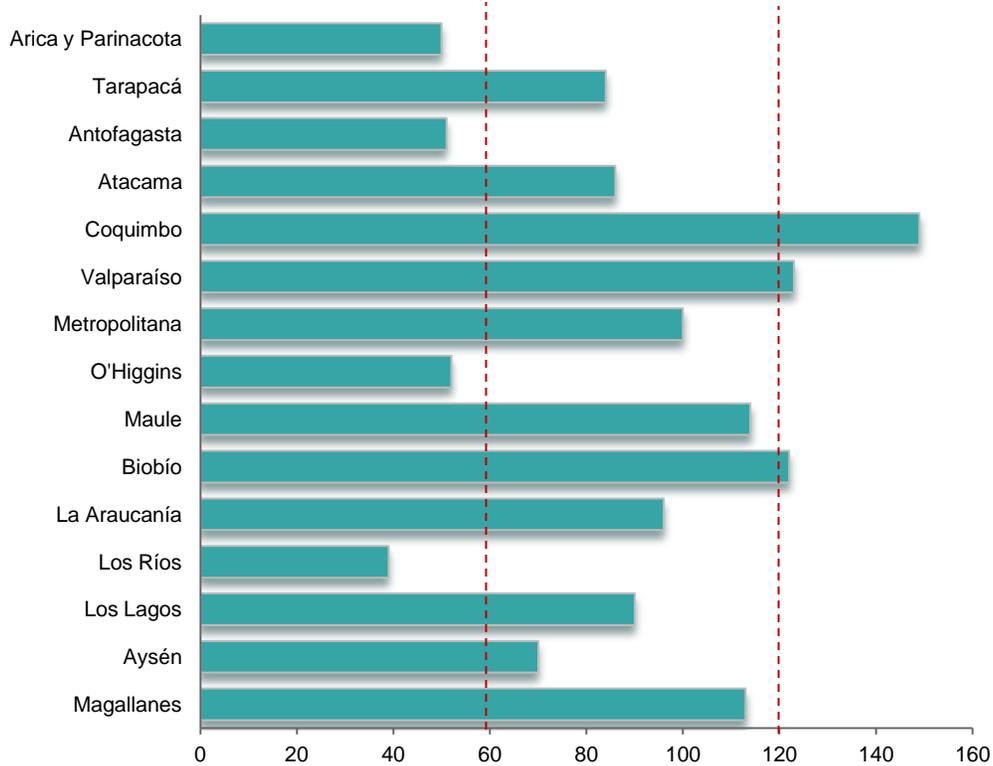


Figura D.11. Distribución regional de estaciones meteorológicas de Chile. Elaboración propia

A nivel de instituciones, la gran mayoría de las estaciones meteorológicas con que cuenta el país pertenecen a la Dirección General de Aguas (DGA), con 683 estaciones, seguida por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), con 230 estaciones, y por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), con 113 estaciones, tal como se muestra en la Figura D.12. Además de las tres entidades mencionadas, hemos identificado un grupo de 8 entidades que poseen más de 10 estaciones meteorológicas, tal como se puede ver de la figura. Finalmente, hemos identificado un total de 19 instituciones que tienen entre menos de 10 estaciones meteorológicas.

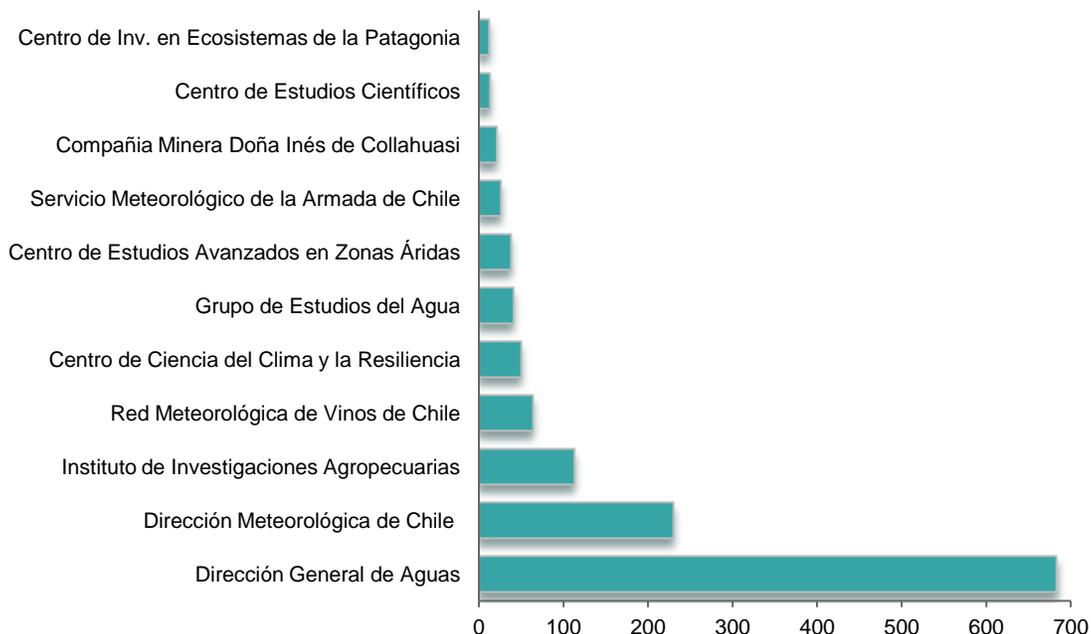


Figura D.12. Principales entidades que cuentan con más de 10 estaciones meteorológicas en Chile. Elaboración propia

4. Hardware y software computacional

En esta categoría identificamos 39 servidores. Éstos son necesarios en gran parte de las unidades con capacidades tecnológicas para hacer cálculos, simulaciones, análisis de datos, etc. Cabe destacar que en este caso se trata de capacidad computacional menor, y no de capacidad computacional de alto desempeño.

Además de los servidores hemos identificado 11 plataformas de información, entendidas como un conjunto de equipos y software que posibilitan el acceso y visualización a determinado tipo de información. Un ejemplo de plataforma de información que se utiliza para el estudio de los recursos hídricos que hemos identificado es el Explorador Climático del CR2, herramienta en línea que permite visualizar datos climáticos históricos. Como uso específico para el estudio de los recursos hídricos, esta herramienta se puede utilizar en el ámbito de las sequías, inundaciones e incendios, ya que entrega series de tiempo distribuidas espacialmente de las precipitaciones, temperaturas, caudales de los ríos, entre otros. Otro ejemplo de plataforma de información es la que pertenece a la Unidad de Monitoreo de Sequías e Inundaciones del Centro del Agua para Zonas Áridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC). Esta herramienta permite determinar riesgo de sequía, agresividad climática, entre otros. Finalmente, un tercer ejemplo de plataforma de información es la que pertenece al Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Recursos hídricos (CIGIDEN). La plataforma del CIGIDEN consiste en un repositorio de información en donde convergen los resultados provenientes de distintas líneas de investigación.

Así también hemos identificaos 6 supercomputadores (HPC por sus siglas en inglés), pertenecientes al Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile (1 unidad), al Centro de Ecología Aplicada (1 unidad), al CEAZA de la Universidad de La Serena (1 unidad), al Centro de

Modelamiento Matemático (CMM) de la Universidad de Chile (2 unidades) y al Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile (1 unidad).

Dentro de este grupo, los HPC más potentes son los del CMM de la Universidad de Chile, siendo el HPC “Leftraru” el segundo supercomputador más veloz de Latinoamérica. La capacidad de los HPC se determina en primer lugar mediante los Teraflops (10^{12} operaciones de coma flotante por segundo), y en menor medida mediante el número de “cores”, la memoria RAM total (de alta velocidad) y la memoria de disco duro²⁹. En este contexto, el HPC “Leftraru” del CMM de la Universidad de Chile tiene una capacidad real de 44 Teraflops. Además de ser el supercomputador más potente de Chile, su importancia para el estudio de los recursos hídricos es aún mayor ya que el CMM otorga acceso y capacidad gratuitos para la comunidad científica y el gobierno. Estas características, junto con una fuerte política de fomentar su uso no sólo en la comunidad científica y el gobierno, sino que además por parte de la industria, ha resultado en un aumento sostenido de las instituciones afiliadas y de las empresas privadas que utilizan estos servicios. Ejemplos de las instituciones afiliadas son la Universidad Católica del Norte, la Universidad Santa María, la Universidad de Santiago, la Universidad de La Frontera, la Universidad de Talca, etc.

En cuanto a licencias de software y herramientas computacionales de desarrollo propio, logramos identificar el uso de 59 programas utilizados para el estudio de los recursos hídricos en Chile. De estas herramientas, un 39% (43) corresponden a programas comerciales, mientras que el 61% (28) corresponde a herramientas de desarrollo propio. Cabe destacar que muchas de las herramientas de desarrollo propio utilizan programas comerciales de cálculo, como por ejemplo Matlab. Entidades que poseen programas computacionales de desarrollo propio son, por ejemplo, el Laboratorio de Prospección y Monitoreo de Recursos Agrícolas y Ambientales (PROMMRA) que ha desarrollado un simulador de escenarios climáticos y de gestión hídrica, el Centro de Cambio Global UC que ha desarrollado un modelo acoplado de agua y energía (a nivel nacional) para analizar escenarios de emisión de CO₂ y analizar el efecto del cambio climático así como también el modelo WEAP, que se utiliza para generar escenarios futuros de cambio climático, el Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental (CTHA) que ha desarrollado una herramienta que permite realizar una valorización económico-ambiental de cambios en recursos hídricos.

En cuanto al uso que se les da a las herramientas de desarrollo propio y a los software, hemos identificado herramientas para la modelación de recursos hídricos, para simulación de éstos, para proveer de sistemas de información, captura, análisis y presentación de datos (por ejemplo, desde páginas web), análisis de inteligencia de negocios, elaboración de tablas y gráficos, análisis estadístico, etc. La Figura D.13 muestra el uso principal de los programas y las herramientas identificadas. Como se puede apreciar, la mayor cantidad de programas computacionales identificados se utilizan principalmente para modelación (38%), por ejemplo para desarrollar modelos hidrológicos, pronósticos, balances de masa y/o energía, luego para simulación (26%), por ejemplo simulación numérica de reservorios, para simular fluctuaciones a largo plazo de los componentes específicos del balance hídrico, para la simulación de tanques de sedimentación secundaria. En tercer lugar se encuentran programas para procesamiento de datos (información hidrométrica, hidrológica, hidro-

²⁹ En menor medida ya que las memorias RAM tienen distintas velocidades, y a que la capacidad real de procesamiento está fuertemente condicionada además por la arquitectura, intercambio de datos, etc.

geológica, etc.); luego se encuentran programas de visualización (10%), por ejemplo para realizar consultas espaciales a los servicios de mapas, ver en forma gráfica resultados de simulación. Finalmente, hemos identificado el uso de programas para el procesamiento de imágenes satelitales (9%) y para realizar pronósticos de caudales (2%).

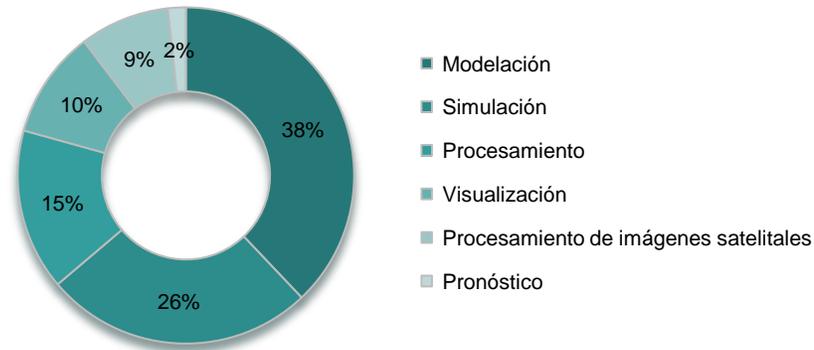


Figura D.13. Cuota de participación de las categorías de programas computacionales habitantes para el estudio de los recursos hídricos. Elaboración propia

C. Cuestionario aplicado

En la

Tabla D.4 presentamos el cuestionario utilizado para la generación del inventario de las capacidades de medición e investigación instaladas en Chile, el cual se ha solicitado responder a los actores institucionales del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Recursos Hídricos*. En esta tabla presentamos el cuestionario completo.

PRESENTACIÓN

Este cuestionario tiene lugar en el contexto del trabajo «Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en Recursos Hídricos de Chile» que CameronPartners está desarrollando para el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID). Este estudio es un insumo para el diseño de una estrategia nacional para fomentar la investigación científica y el desarrollo tecnológico para mejorar la resiliencia de Chile frente recursos hídricos.

En la etapa actual de este trabajo, debemos identificar las capacidades tecnológicas disponibles en Chile que faciliten la investigación científica y el desarrollo tecnológico en materia de recursos hídricos. A modo de ejemplo, dentro de las capacidades que queremos identificar se encuentran:

- › Estaciones de monitoreo
- › Laboratorios de experimentación, análisis, control de calidad, etc. asociados al tema de recursos hídricos
- › Sistema de información para hacer públicos datos de terreno
- › Laboratorios de modelación matemática y/o simulación computacional.

A partir de revisión de fuentes primarias y secundarias de información hemos estimado que su organización posee este tipo de capacidades. Por esta razón, nos hemos contactado con Ud. para solicitar información específica para completar el inventario que debemos elaborar.

En caso que su organización no posea este tipo de capacidades, pero Ud. conoce una organización (centro o instituto de investigación, departamento universitario, etc.) que sí, rogamos a Ud. compartir con nosotros esta información para poder incorporarla a nuestro directorio.

Tabla D.4. Cuestionario para la identificación y caracterización de las capacidades tecnológicas

Identificación	Información solicitada
De entidad	Nombre
	Propiedad (pública / privada)
	Comuna
	Región
	Nombre del informante
	¿Con qué unidades relevantes para la investigación y el desarrollo en materia de recursos hídricos cuenta su organización?
De unidades	Nombre
	Comuna
	Región
Tipo de unidad	Estación
	Red (n estaciones similares)
	Laboratorio (tradicional)
	Laboratorio de computación
	Sistema de información
	Otro
Propósito de la unidad	<i>Estación</i>
	Monitoreo
	Análisis
	Observación
	Otro
	<i>Laboratorio (tradicional)</i>
	Análisis
	Experimentación
	Control de calidad
	Calibración

Identificación	Información solicitada
	Modelación física
	Modelación matemática
	Otro
	<i>Laboratorio de computación</i>
	Cálculo
	Simulación
	Otro
	Señale: las principales variables que se miden en esta Estación / temas que se investigan en el Laboratorio (tradicional) / temas que se investigan en el Laboratorio de computación (máx. 5)
	Señale: los principales tipos de instrumentos con que cuenta la Estación / los tipos instrumentos científicos con que cuenta el Laboratorio (tradicional) / la capacidad de su Laboratorio de computación (en métricas estándar)

Elaboración propia

Anexo E – Modelo para estimar el gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos

En este anexo presentamos la estimación del gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos. En la Sección A sintetizamos los modos y medición de financiamiento público en este ámbito. Luego en la Sección B presentamos en detalle del modelo para estimar el gasto público y privado en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos.

A. Medición del financiamiento público a actividades de investigación y desarrollo

Junto a otras políticas, el financiamiento a la investigación y desarrollo, tanto público como privado, es uno de los principales instrumentos que un gobierno puede usar para promover la ciencia y la tecnología. En general, las estadísticas de investigación y desarrollo se han diseñado para recoger los flujos y transferencias de recursos que tienen lugar entre los agentes de un país. En el Manual de Frascati³⁰ se proponen dos alcances para medir el financiamiento a actividades de investigación y desarrollo por los gobiernos de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE): i) adoptar la perspectiva de quienes ejecutan investigación y desarrollo y recabar datos sobre las fuentes de los fondos de investigación y desarrollo en diferentes sectores al interior del país (gasto interior bruto); y ii) adoptar la perspectiva de quienes financian investigación y desarrollo y recabar datos sobre la aprobación y asignación de fondos de investigación y desarrollo (créditos presupuestarios) a ejecutores en diferentes ámbitos al interior y exterior del país. Ambos alcances se refieren a aspectos diferentes y complementarios. Mientras la perspectiva de los ejecutores permite tener una idea más precisa del contenido de la investigación y desarrollo de los proyectos respectivos, la perspectiva de los financiadores permite obtener estadísticas antes de que los proyectos de investigación y desarrollo sean ejecutados, proporcionan-

³⁰ OCDE, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (2002). *Manual de Frascati. Propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental*. Editado por FECYT. Fundación española ciencia y tecnología.

do información clave para medir la magnitud económica de las políticas de financiamiento en investigación y desarrollo, independientemente de la ejecución de los proyectos respectivos.

En ambos alcances, la definición de la investigación y desarrollo, los ámbitos considerados (ciencias exactas, ciencias naturales, ciencias de la ingeniería, ciencias sociales y humanidades), así como la clasificación de los objetivos socioeconómicos de la investigación y desarrollo son los mismos. En tanto, pueden existir diferencias en cuanto a los periodos cubiertos (año calendario o año fiscal) y a los periodos en que los fondos son comprometidos y son utilizados.

Al adoptar la perspectiva de quienes financian, el alcance conduce al indicador conocido como GBARD (*Government Budget Appropriations for Research and Development*) en el marco del sistema de indicadores de ciencia y tecnología desarrollados por la Oficina de Estadísticas de la Comisión Europea (Eurostat) y utilizados por la OCDE. En la

Tabla E.1, se muestran los modos de financiamiento público para actividades de investigación y desarrollo por dimensiones clave, destacando el alcance de GBARD (componentes I a IV). En este indicador se consideran las actividades de investigación y desarrollo financiadas con presupuestos públicos y ejecutadas tanto en el país (componentes I y II), por centros públicos, instituciones de enseñanza superior, instituciones privadas sin fines de lucro y/o empresas, como en el exterior (componentes III y IV), por organizaciones nacionales o internacionales.

Tabla E.1. Componentes clave del indicador GBARD

	Presupuesto público nacional a ejecutores nacionales	Presupuesto público nacional a ejecutores internacionales
Presupuesto para proyectos	1. Presupuesto público nacional para proyectos a ejecutores nacionales	3. Presupuesto público nacional para proyectos a ejecutores internacionales
Presupuesto para entidades	2. Presupuesto público nacional para entidades a ejecutores nacionales	4. Presupuesto público nacional para entidades a ejecutores internacionales

Elaborado en base a Steen, J. v. (2012)

La estadística GBARD permite conocer los objetivos de las administraciones públicas a la hora de comprometer fondos para investigación y desarrollo. Ello, dado que al identificar las previsiones de financiamiento, es decir, quién financia y para qué, aparecen las intenciones u objetivos de las administraciones públicas. Ello permite también calibrar dichas intenciones u objetivos. Especialmente relevante es el GBARD en períodos de contracción del gasto gubernamental porque permite comprender los cambios en la política gubernamental de investigación y desarrollo y los cambios de prioridades.

B. Elaboración del modelo para estimar el gasto en investigación y desarrollo

Teniendo en cuenta la estructura del indicador GBARD podemos comprobar que los proyectos de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos presentados en la Sección 2.2 corresponden al presupuesto en la componente I de GBARD, es decir, a financiamiento público para pro-

yectos a realizar por ejecutores nacionales. En la Figura E.1 presentamos la evolución de este presupuesto, sin embargo, a diferencia de la Sección 5.2 esta vez a partir de 2005.

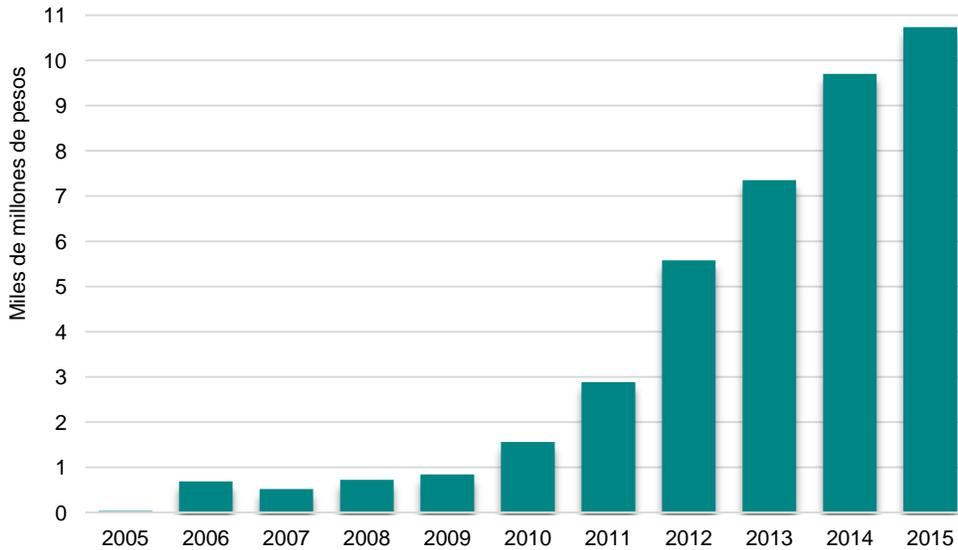


Figura E.1. Evolución del presupuesto público a proyectos de investigación y desarrollo ejecutados en el país en materia de recursos hídricos perteneciente al componente I de GBARD. Elaboración propia

En este contexto el primer desafío es encontrar variables que permitan explicar y predecir la medición anterior. Luego de analizar la literatura al respecto, una elección natural es analizar la relación entre el Producto Interno Bruto (PIB) y el presupuesto público destinado a financiar los proyectos identificados. En la Figura E.2 podemos observar, junto la evolución del presupuesto público destinado a proyectos de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos para ser ejecutados en territorio nacional (ordenada izquierda), la evolución del PIB a precios corrientes (ordenada derecha). De esta figura podemos apreciar que ambas variables están correlacionadas. El PIB es una variable particularmente interesante, ya que existe información histórica suficiente para poder realizar una proyección dentro de una banda de variación histórica de un año a otro.

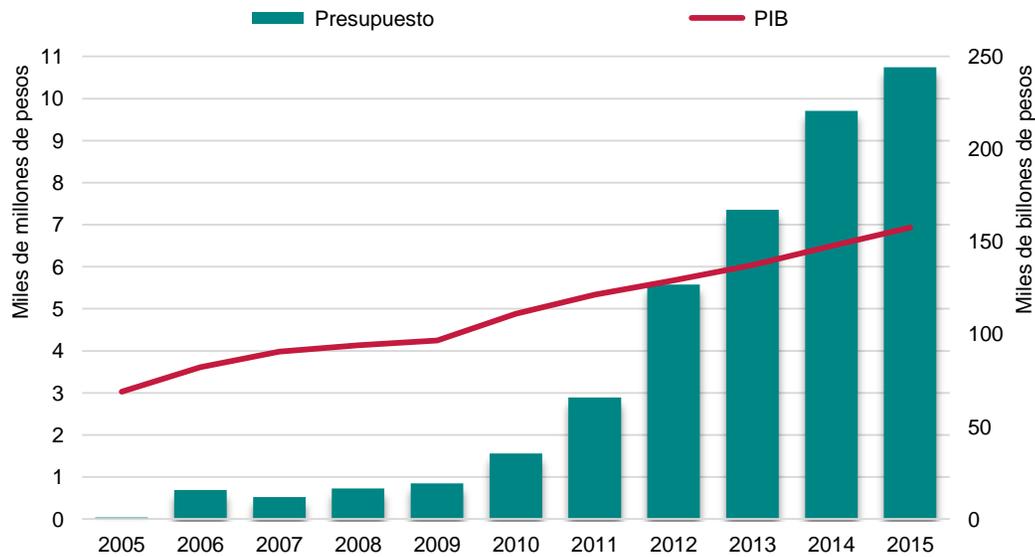


Figura E.2. Evolución del presupuesto público asociado al estudio de los recursos hídricos perteneciente a la componente I de GBARD (ordenada izquierda) y evolución del PIB a precios corrientes (ordenada derecha). Elaboración propia

Para determinar el grado de correlación entre las variables mencionadas, calculamos los valores que toma el coeficiente de correlación de Pearson para diferentes tramos de las series de tiempo, particularmente en aquellos donde es posible apreciar un cambio brusco en los montos del presupuesto. Los valores obtenidos del coeficiente para una selección de tramos se muestran en la Tabla E.2. De ésta podemos observar que para el tramo 2005 – 2015 este coeficiente toma el valor 0,94. No obstante, si calculamos la correlación entre las variables desfasadas en un año obtenemos que el coeficiente aumenta levemente. Por otro lado, al comparar los valores obtenidos sin desfase y un año de desfase vemos que al analizar tramos anteriores a 2010 el coeficiente toma mayores valores para la serie de tiempo sin desfase y que al considerar tramos a partir de 2008 la correlación es mayor para la serie de tiempo con un año de desfase. Debido a lo anterior y como nuestro objetivo es hacer una proyección a partir del año 2016, en lo que sigue consideramos la serie de tiempo con desfase en un año.

Tabla E.2. Coeficientes de correlación de Pearson entre el presupuesto público en investigación y desarrollo en recursos hídricos y el PIB a precios corrientes para diferentes desfases

Tramo	R	
	Desfase PIB: 0 año	Desfase PIB: 1 año
2005 – 2008	0,85	0,05
2005 – 2009	0,88	0,47
2005 – 2010	0,94	0,60
2008 – 2015	0,97	0,99
2009 – 2015	0,97	0,98
2010 – 2015	0,99	0,99
2005 – 2015	0,94	0,95

Elaboración propia

Dada la alta correlación entre el presupuesto y el PIB a precios corrientes, llevamos a cabo un análisis de regresión donde obtenemos que el PIB, desfasado en un año, explica un 90% de la variabilidad del presupuesto público destinado a proyectos de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos para ser ejecutados en territorio nacional si consideramos el periodo 2005 – 2015, y en un 97% al considerar el periodo 2008 – 2015. Este resultado nos permite sustentar la elección del PIB a precios corrientes como un buen aproximador para estimar la componente I del indicador GBARD. De este modo, definimos tres escenarios futuros, los cuales denominamos: i) desfavorable, ii) moderado y iii) favorable. El escenario desfavorable considera un crecimiento del PIB a precios corrientes en 3% respecto al año anterior penalizando este por un factor incertidumbre de 98% el cual disminuye en 0,5% respecto del año anterior. Para el escenario moderado establecemos un crecimiento monótono de 6% respecto al año anterior y para el escenario favorable un crecimiento de 9% respecto al año anterior penalizando este factor con una incertidumbre 104% que aumenta en un 0,5% respecto del año anterior. En la Figura E.3 ilustramos el resultado de llevar a cabo lo descrito.

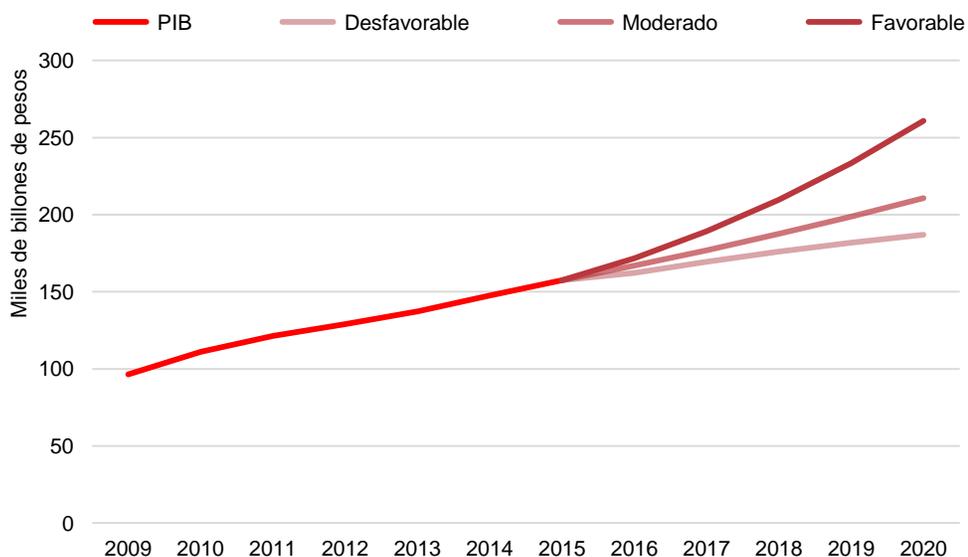


Figura E.3. Evolución del PIB a precios corrientes y su proyección para los escenarios desfavorable, moderado y favorable para el periodo 2016 – 2020. Elaboración propia

A partir de la proyección del PIB a precios corrientes para los tres escenarios mencionados calculamos el presupuesto público destinado a proyectos de investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos para ser ejecutados en territorio nacional en el periodo 2016 – 2020. La evolución proyectada del presupuesto público para cada uno de los escenarios definidos se presenta en la Figura E.4.

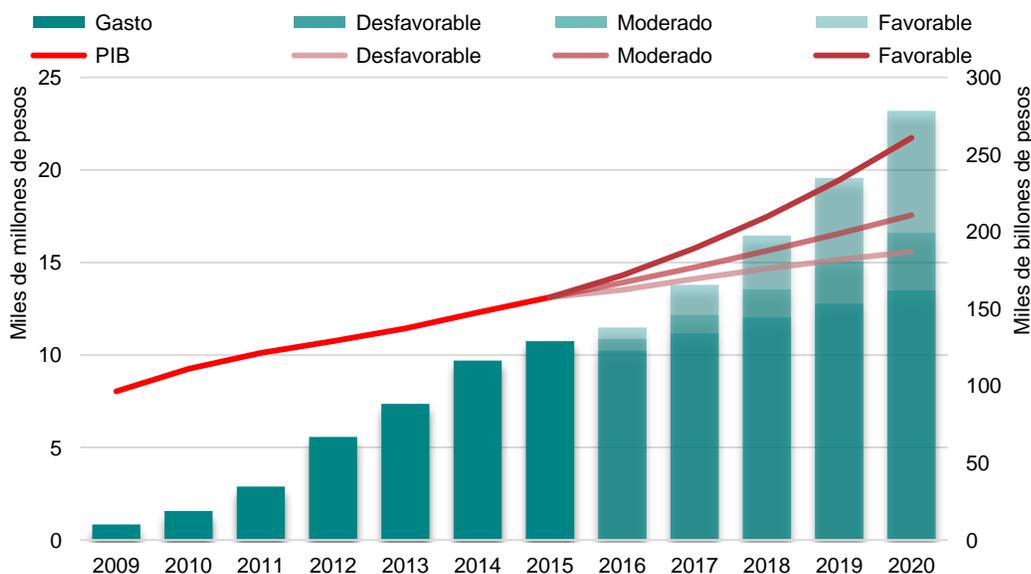


Figura E.4. Evolución y proyección del presupuesto público destinado al estudio científico y desarrollo tecnológico perteneciente a la componente I de GBARD (ordenada izquierda) y evolución y proyección del PIB a precios corrientes para los escenarios desfavorable, moderado y favorable (ordenada derecha). Elaboración propia

Tal como mencionamos al comienzo de esta sección, el presupuesto público para investigación y desarrollo tiene cuatro componentes. Hasta ahora sólo hemos estimado la componente I del presupuesto público en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos. Puesto que para las otras componentes no existe información desagregada, para determinar la cuota respectiva asociada a recursos hídricos, debemos buscar un camino alternativo.

En la Figura E.5 sintetizamos la variación de las componentes de GBARD en los años 2011 – 2015 a través del uso de diagramas de caja³¹. La cuarta componente es cero ya que en Chile no existe presupuesto público para entidades que se otorgue a ejecutores internacionales. Para facilitar la comparación, el rango de las ordenadas de los cuatro gráficos es el mismo. De estos gráficos es posible observar que la componente I de GBARD (Presupuesto público para proyectos a ejecutores nacionales) representa más de tres cuartos del presupuesto público total destinado a investigación y desarrollo y es la componente con la menor variación en los años 2011 – 2015, pues la diferencia entre el valor mínimo y máximo es de 1,5 puntos porcentuales. La componente II de GBARD (Presupuesto público para entidades a ejecutores nacionales), corresponde a 15% del presupuesto público total destinado a investigación y desarrollo y se puede desglosar en dos subcomponentes para poder identificar con mayor claridad la variación. Para II.1 (Fondos generales universitarios) se tiene que el intervalo de variación es de 4,7 puntos porcentuales, mientras que para II.2 (Otros fondos institucionales) es de tan solo 2 puntos porcentuales. Finalmente la componente III del

³¹ Las cruces corresponden a las medias, las barras horizontales dentro de la caja son las medianas, los límites inferiores y superiores son los cuartiles primero y tercero respectivamente y las líneas horizontales fuera de la caja a los valores máximos y mínimos.

GBARD (Presupuesto público para proyectos a ejecutores internacionales) corresponde a 11% del presupuesto público total destinado a investigación y desarrollo y presenta una variación de 2 puntos porcentuales

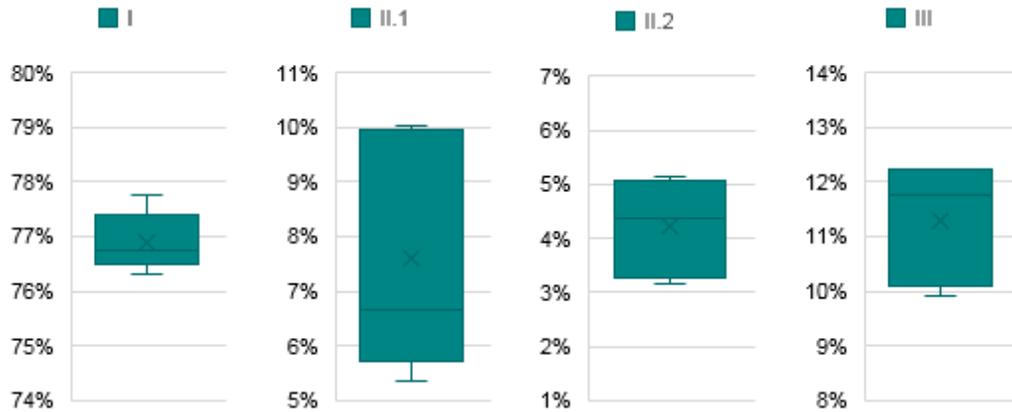


Figura E.5. Variación de la cuota de participación de las componentes de GBARD como parte del total del presupuesto público destinado a I+D durante el periodo 2011 – 2015.
Elaboración propia

Por otra parte, en la Figura E.6 mostramos la cuota de la componente I de GBARD destinada a recursos hídricos así como su variación en el tiempo durante los años 2011 – 2015. Teniendo en cuenta la baja variación en este periodo y su comportamiento creciente, al asumir que esta condición se mantiene en el tiempo, podemos usar parámetros randomizados pertenecientes al intervalo (0,1) para obtener los porcentajes futuros de la variación del presupuesto público asociado a recursos hídricos como parte de la componente I de GBARD, mediante una combinación lineal convexa dentro intervalos de variación que mantienen la tendencia creciente que esta presenta.

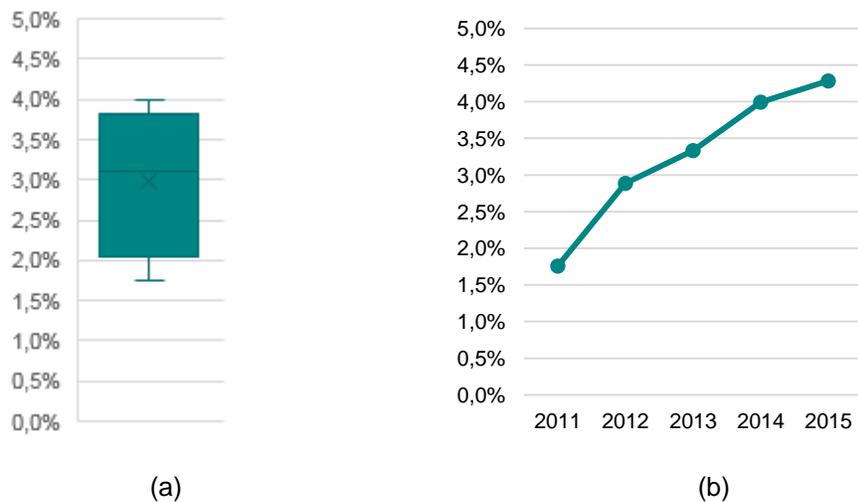


Figura E.6. Variación del presupuesto de I+D asociado a recursos hídricos como cuota de la componente I de GBARD y su tendencia en los años 2011 – 2015. Elaboración propia

Así, sabiendo la proporción que representa el presupuesto público asociado a recursos hídricos podemos estimar la componente I de GBARD, como mostramos en la Figura E.7 (a). Teniendo en consideración la baja variación estructura de GBARD, calculamos los porcentajes futuros de la variación para cada una de las restantes componentes a través del uso de parámetros randomizados pertenecientes al intervalo (0,1) para obtener los porcentajes futuros de la variación, mediante una combinación lineal convexa dentro intervalos de variación de cada una de éstas. El resultado de lo anterior lo ilustramos en la Figura E.7 en (b) (c) y (d).

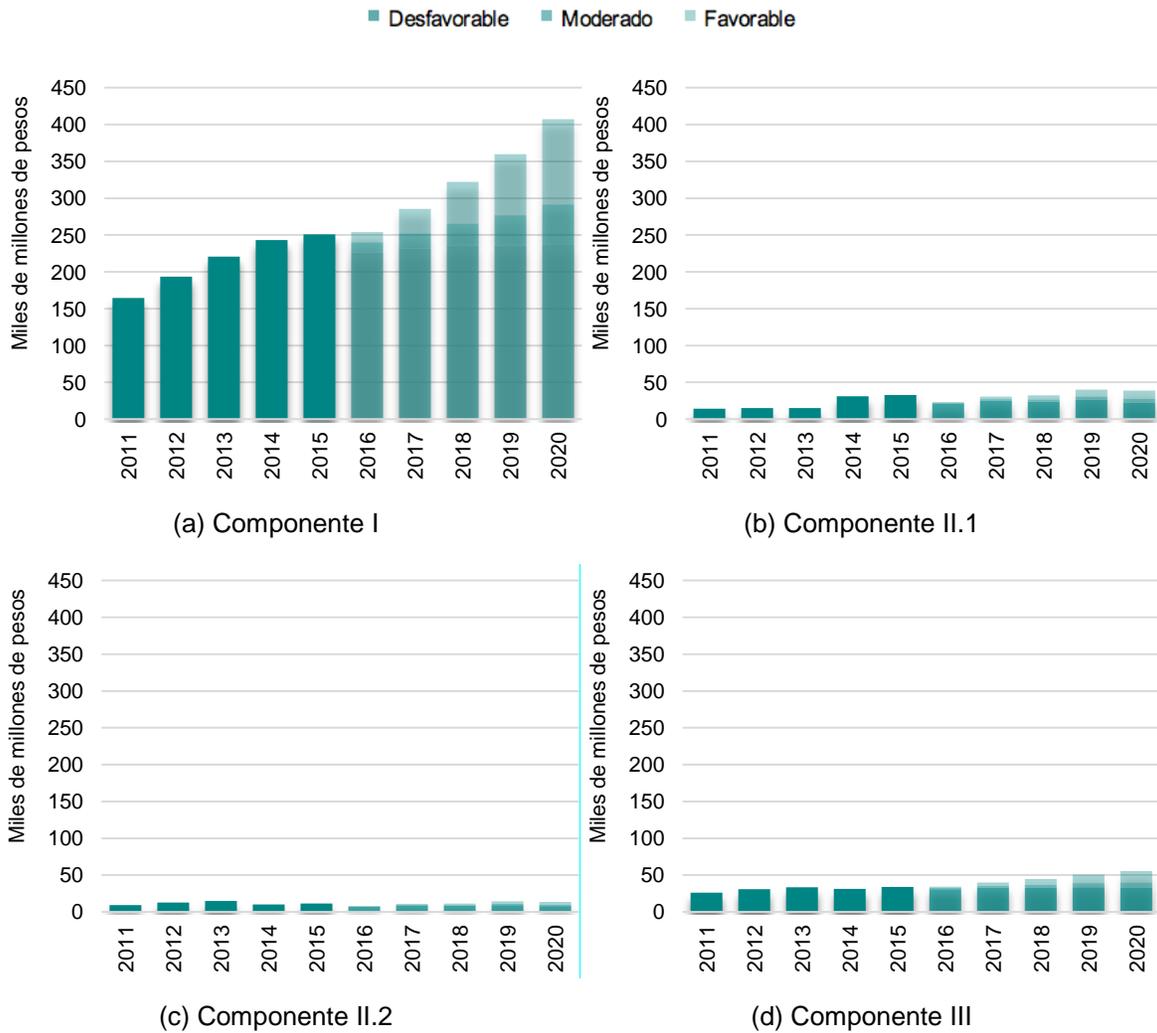


Figura E.7. Proyección del indicador GBARD desagregado por componente para los escenarios: desfavorable, moderado y favorable. Elaboración propia

Sumando cada una de las componentes obtenemos entonces la proyección para cada escenario del presupuesto público destinado a investigación y desarrollo, como mostramos en la Figura E.8.

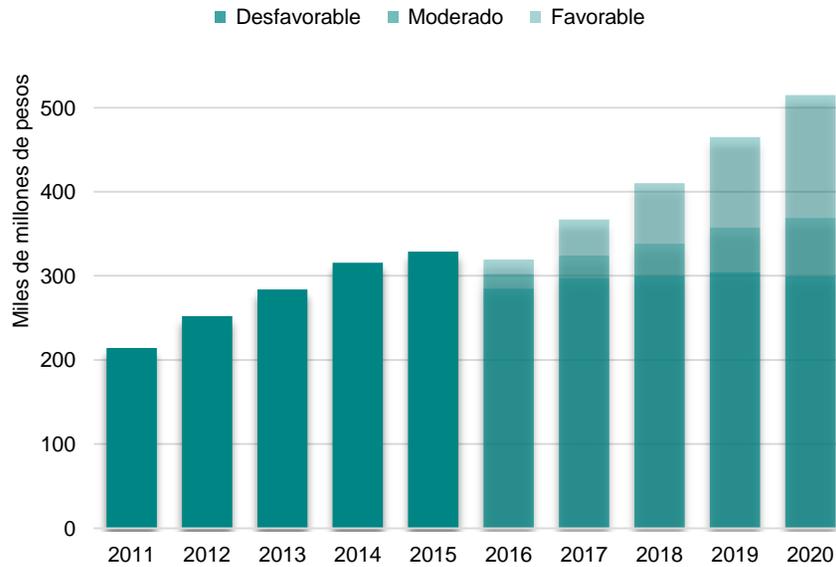


Figura E.8. Evolución y proyección del presupuesto público destinado a investigación y desarrollo para los escenarios: desfavorable, moderado y favorable. Elaboración propia

Sin embargo, tal como mencionado anteriormente, la variable buscada es el gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos. Considerando los resultados anteriores ahora es necesario determinar i) una relación entre gasto público y presupuesto público en investigación y desarrollo, y ii) una relación entre el gasto privado y el gasto público.

En la Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D encontramos el gasto público, el cual es el resultado de ejecutar parte del presupuesto público respectivo. La relación existente entre el presupuesto público y el gasto público la presentamos en la Figura E.9. De ésta figura observamos que la relación es lineal y que además, el presupuesto explica un 98% de la variabilidad del gasto. De este modo, en promedio, el error cometido al realizar la estimación del gasto público a través del presupuesto público es bastante bajo.

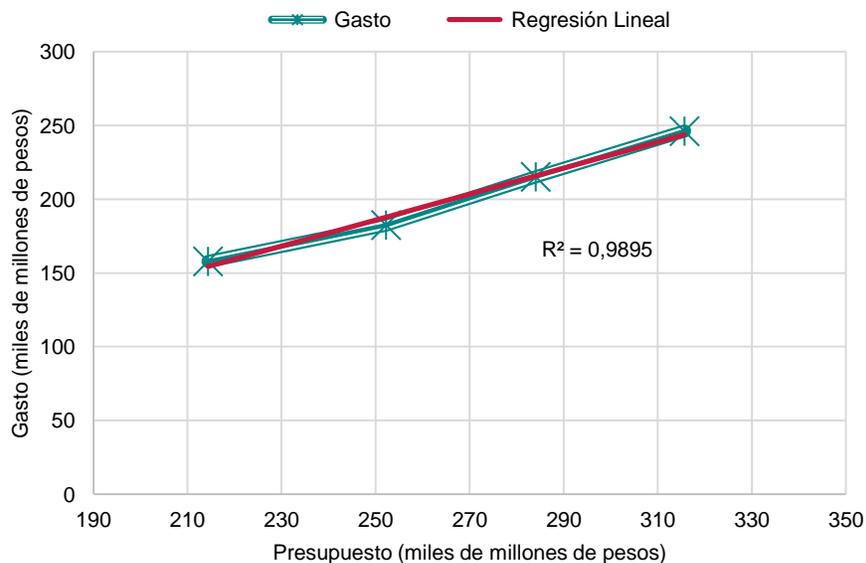


Figura E.9. Relación entre el presupuesto el gasto público en investigación y desarrollo con datos del periodo 2011 – 2014. Elaboración propia

En la

Figura E.10 presentamos el resultado de utilizar la función lineal obtenida del análisis de los datos de la figura precedente tras llevar a cabo una regresión lineal para así calcular el gasto público proyectado en investigación y desarrollo en base al presupuesto público en investigación y desarrollo estimado.

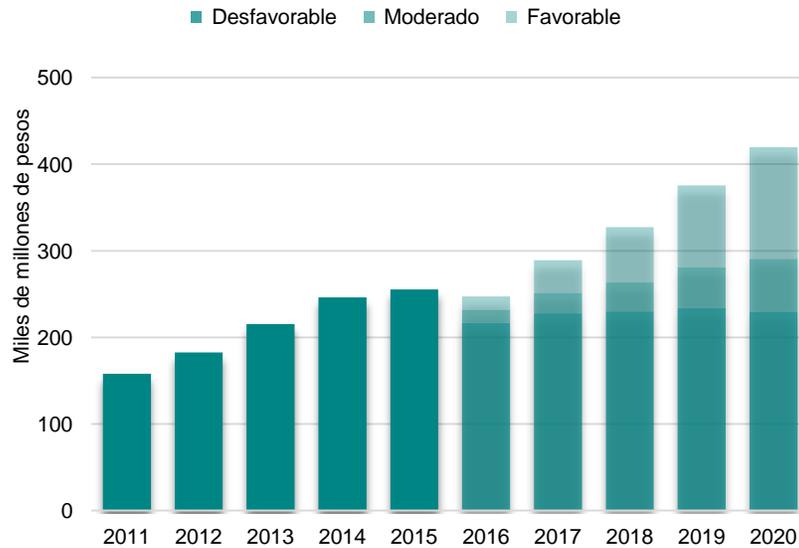


Figura E.10. Evolución y proyección del gasto público destinado a I+D para los escenarios: desfavorable, moderado y favorable en el periodo 2016 – 2020. Elaboración propia

La Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D desagrega el gasto privado en investigación y desarrollo en cuatro sectores: Educación superior, Instituciones privadas sin fines de lucro (IPSFL), Fondos internacionales y Empresas. Para cada sector calculamos la cuota del gasto total en investigación y desarrollo registrado durante el periodo 2011 – 2014 así como el rango de variación respectivo. Estos resultados se presentan en la Figura E.11. Para facilitar la comparación, el rango de las ordenadas de los cuatro gráficos es el mismo (12 puntos porcentuales).

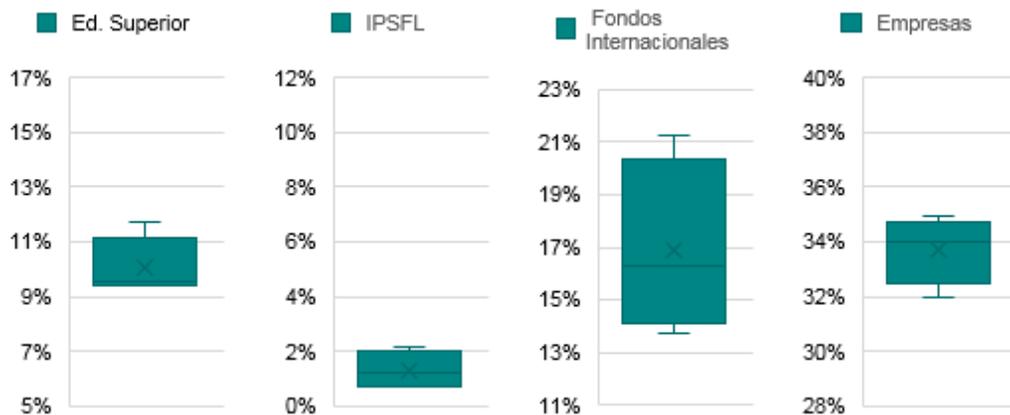


Figura E.11. Variación de la cuota de participación anual de los sectores privados sobre el total anual del gasto en I+D durante el periodo 2011 – 2014. Elaboración propia

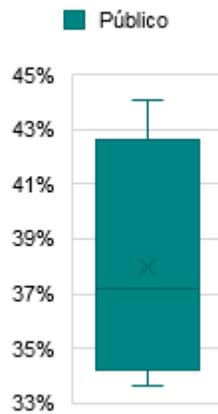


Figura E.12. Variación de la cuota de participación del sector público sobre el total anual del gasto en I+D durante el periodo 2011 – 2014. Elaboración propia

Dado que ya hemos proyectado el gasto público a través del uso de regresión lineal, para realizar la proyección del gasto total usaremos como base la variación porcentual del gasto público registrado en la Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D en el periodo 2011 – 2014, la cual presentamos en la Figura E.12. Al igual que para los sectores de ámbito privado, para facilitar la comparación, el rango de la ordenada es de 12 puntos porcentuales.

Para estimar el total del gasto, usamos de forma análoga, el procedimiento descrito para calcular las otras componentes de GBARD. Esto es usamos parámetros randomizados pertenecientes al intervalo (0,1) para obtener los porcentajes futuros de la variación mediante una combinación lineal convexa dentro del intervalo de variación el cual ahora considera el comportamiento creciente que presenta el porcentaje que financia el estado respecto al total. Determinando los porcentajes futuros de la variación de la investigación y desarrollo financiada por el fisco estamos en condiciones de estimar el total de los montos destinados a financiar investigación y desarrollo utilizando los porcentajes respectivos.

Usando la variación de la cuota de participación en el gasto anual de cada uno de los sectores privados en los cuales se desagrega la Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D, a través de una matriz randomizada calculamos los porcentajes futuros para cada sector manteniendo la tendencia creciente o decreciente que presenta cada uno de ellos en el periodo 2011 – 2014. Con los porcentajes que se obtienen al realizar el procedimiento descrito se proyectan los montos futuros para cada sector privado. En la Figura E.13 exhibimos la proyección resultante.

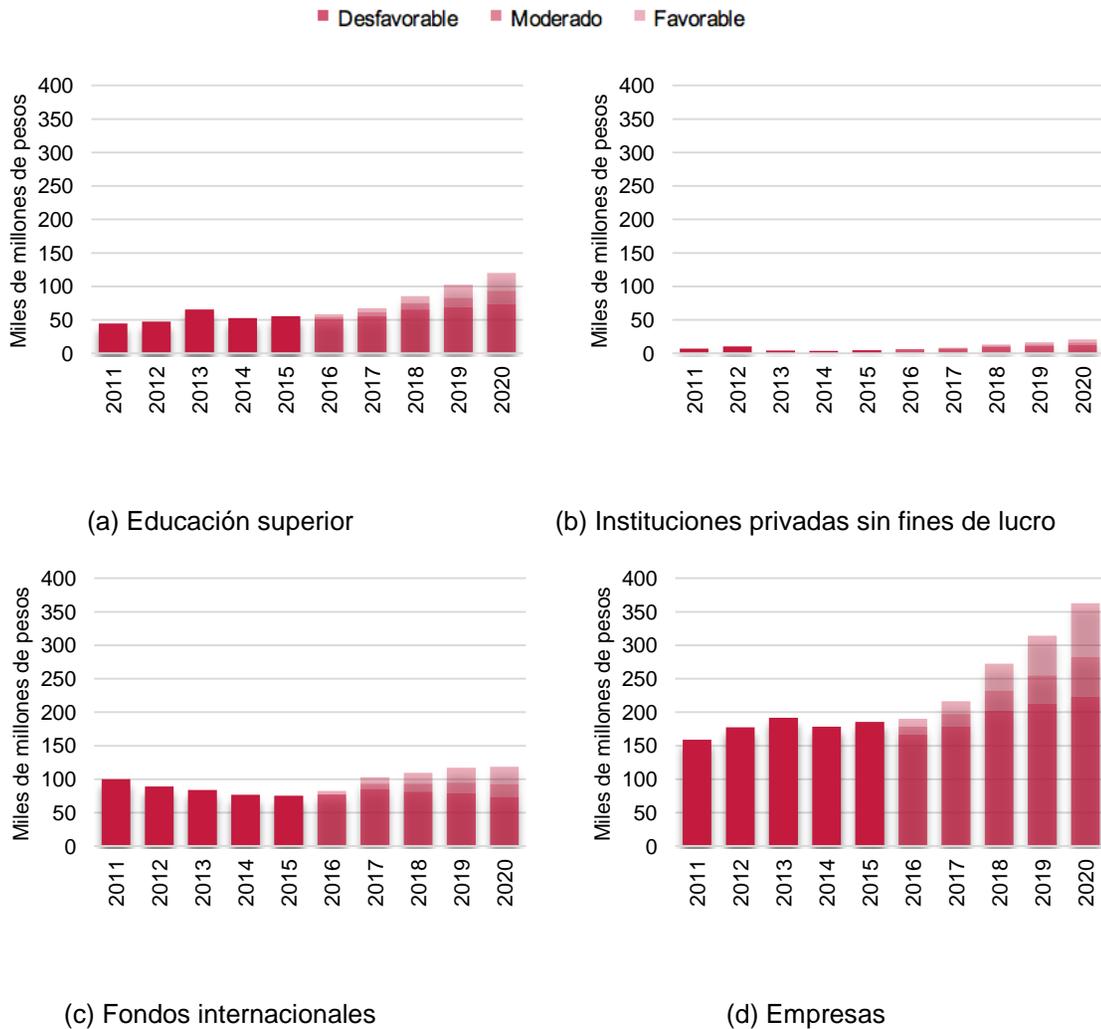


Figura E.13. Evolución y proyección de gasto en I+D del sector privado para el periodo 2016 – 2020 con (a) Educación superior, (b) Instituciones privadas sin fines de lucro, (c) Fondos Internacionales y (d) Empresas. Elaboración propia

Hemos pues calculado el gasto total que financia el sector privado en los tres escenarios por lo que podemos comparar los montos que se proyecta gastará el estado y el sector privado, lo cual ilustramos en la Figura E.14 (a) y (b). A su vez graficamos el total del gasto para cada uno de los escenarios definidos en la Figura E.14 (c).

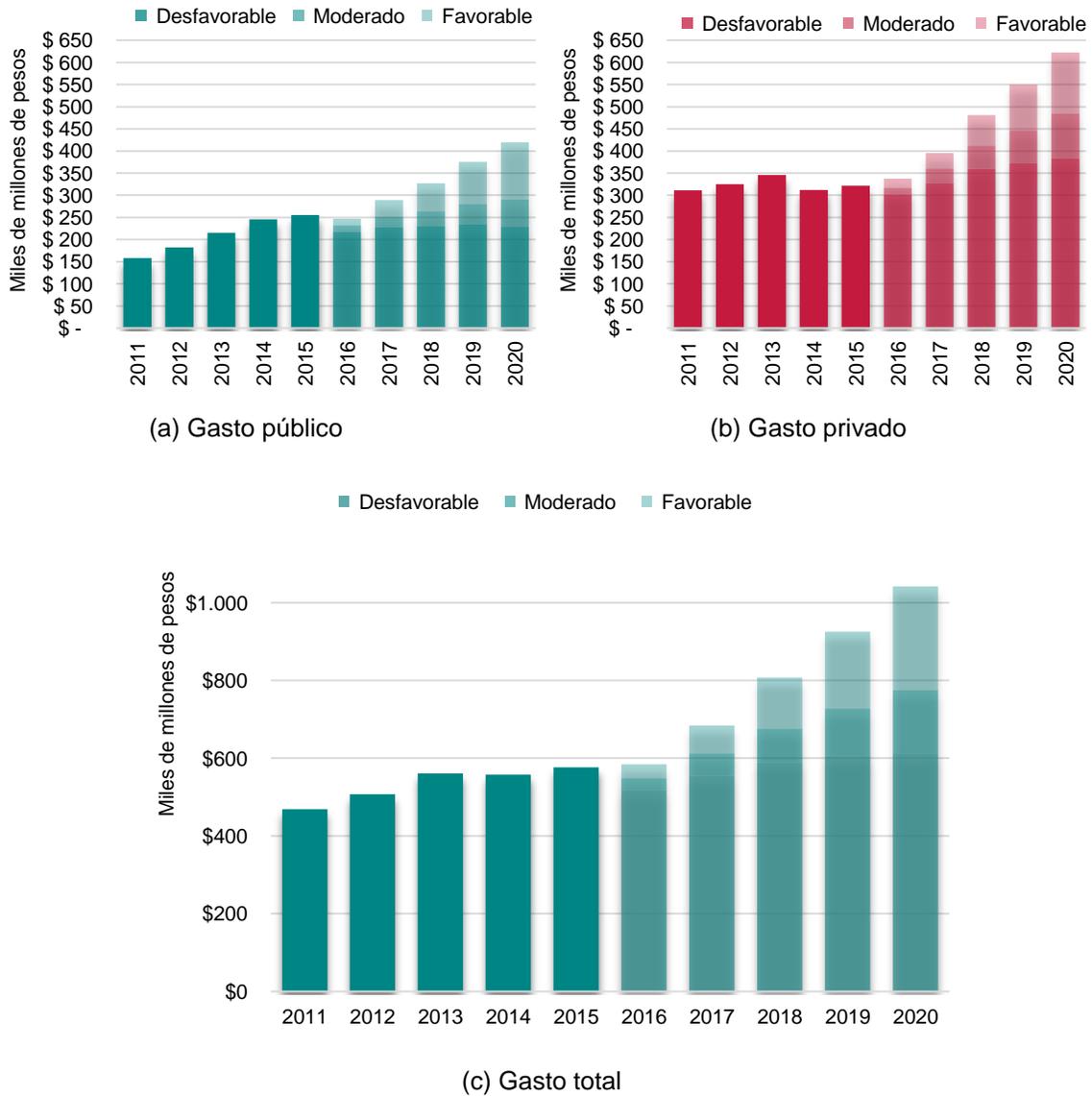


Figura E.14. Evolución del gasto total y proyectado para los escenarios: desfavorable, moderado y favorable (a) Financiamiento total del sector público, (b) Financiamiento total sector privado, (c) Suma del financiamiento proveniente de ambos sectores. Elaboración propia

Dado que la Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D no desagrega el gasto a nivel de proyectos, no es posible obtener más información de la ya recolectada a través las bases de datos de presupuesto. Sin embargo, es posible asumir, dada la alta correlación existente entre el presupuesto público y el gasto público, que la cuota del presupuesto público destinada a investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos se mantiene para el gasto público. Usaremos entonces para mantener la consistencia, los valores anteriormente obtenidos de la variación del presupuesto en investigación y desarrollo asociado a recursos hídricos como cuota de la componente I de GBARD para estimar el gasto que se ha destinado a la investigación científica y desarrollo tecnoló-

gico asociado a recursos hídricos y la proyección de la cuota de la componente I de GBARD asociada a recursos hídricos para calcular la proyección del gasto futuro. Por su parte y nuevamente, dada la no desagregación en proyectos de la Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D desconocemos completamente el comportamiento de la investigación y desarrollo del sector privado, por lo que para subsanar este hecho emplearemos la misma cuota de participación que utilizamos en el caso del sector público para obtener el gasto del sector privado asociado a recursos hídricos. Así, los montos obtenidos se grafican en la Figura E.15.

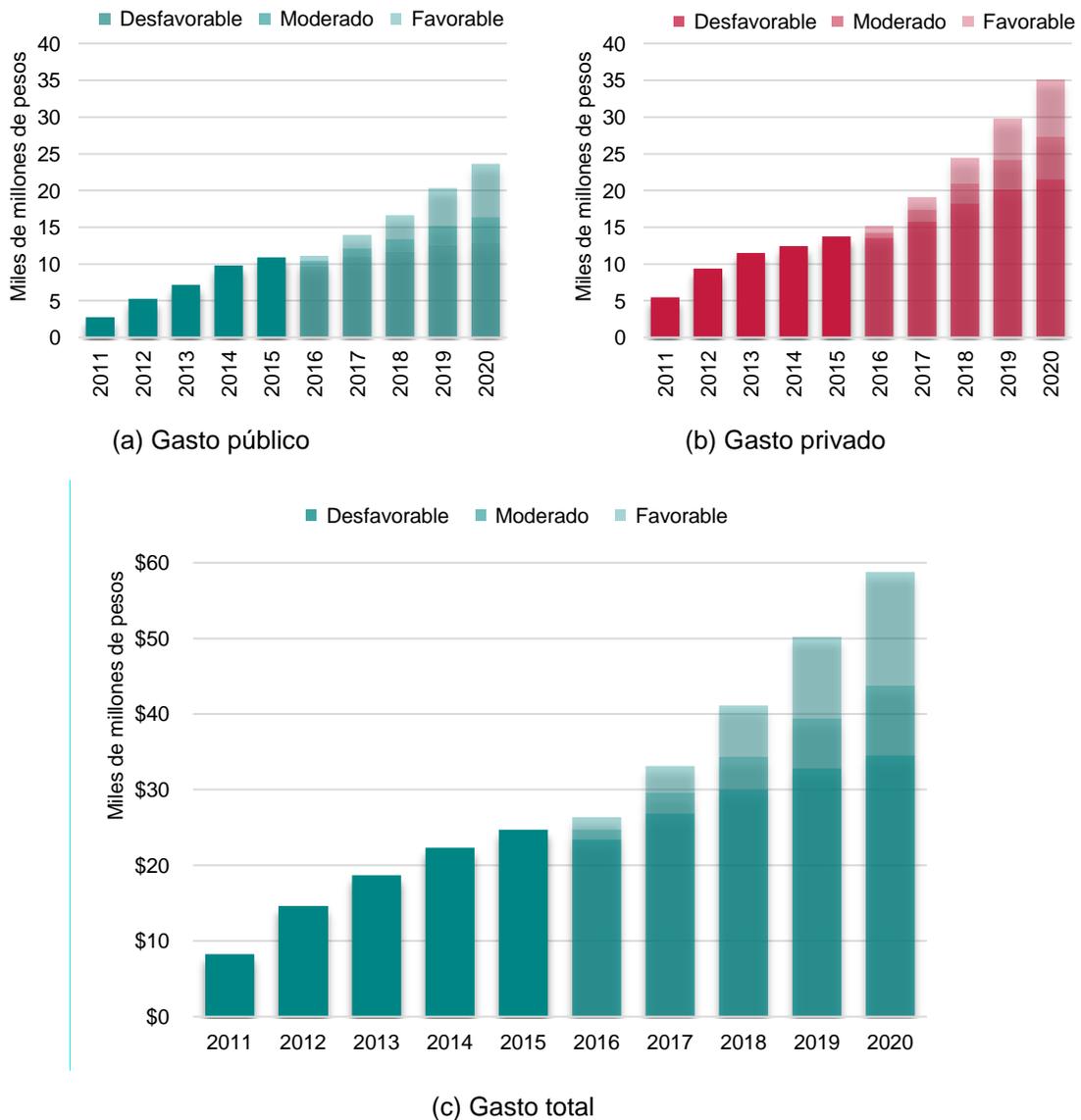


Figura E.15. Evolución del gasto total y proyectado para los escenarios: desfavorable, moderado y favorable en materia de recursos hídricos (a) Financiamiento total del sector público, (b) Financiamiento total sector privado, (c) Suma del financiamiento proveniente de ambos sectores. Elaboración propia

El gasto en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos se puede desagregar según región de ejecución. Esto tras asumir que la cuota del presupuesto público destinada a investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos se mantiene para el gasto público. Calculamos entonces la cuota de participación presupuestaria por región por sobre el monto total anual presupuestado asociado a recursos hídricos. La variación de la cuota por región para el periodo 2011 – 2015 se resume en la Figura E.16. Desde la figura podemos observar la gran variación porcentual que ha tenido los montos ejecutados para el estudio científico y desarrollo tecnológico asociado a recursos hídricos en la Región Metropolitana, la cual se encuentra dentro del intervalo [25,45]. La siguiente región que presenta un gran tamaño en su intervalo de variación es la Región del Biobío ([8,20]). Las regiones del país presentan un intervalos de variación con largo cercano a 6% son las de Arica y Parinacota, Coquimbo y el Maule. El resto de la regiones presenta intervalos de variación con largo menor a 5 puntos porcentuales.

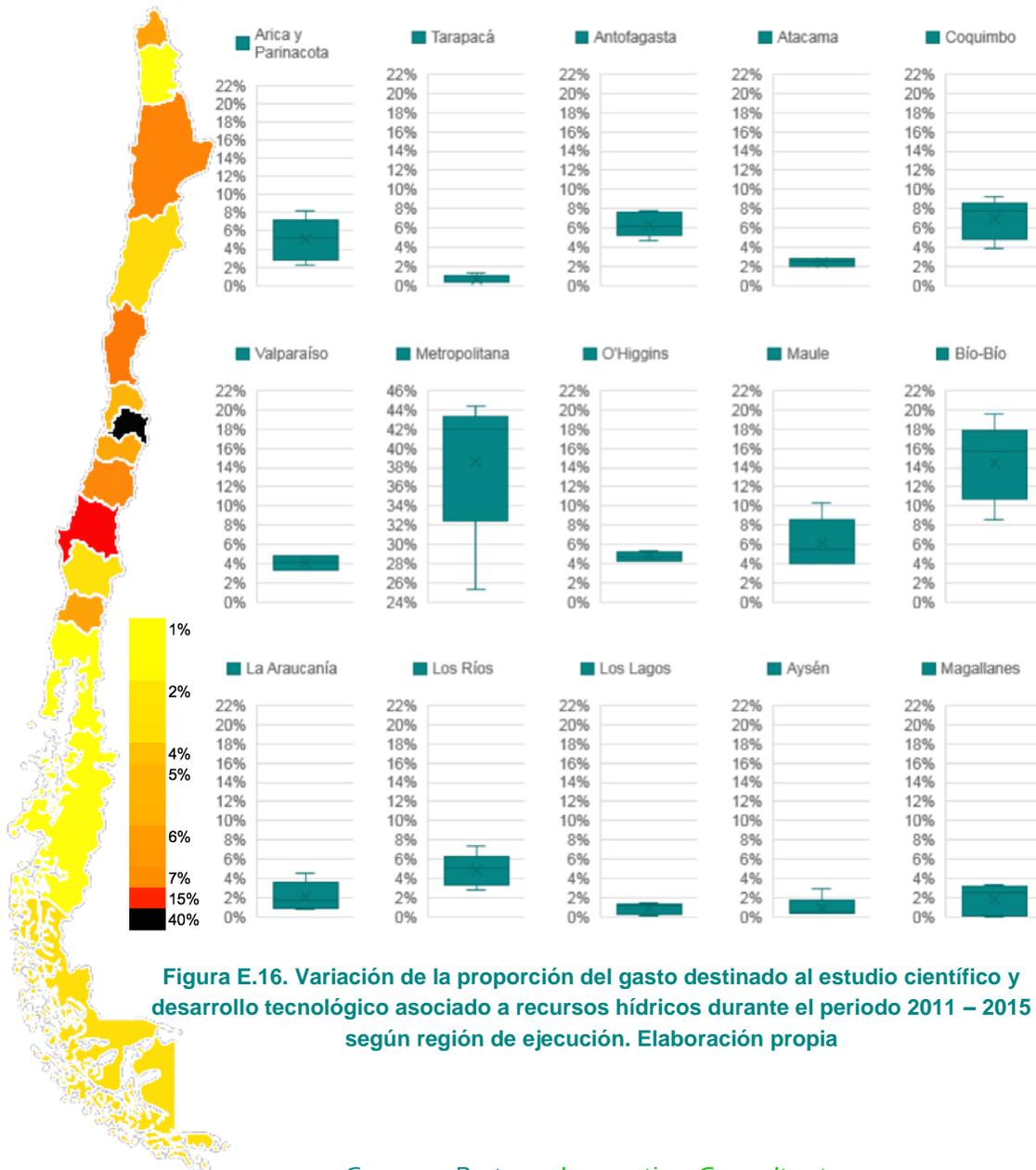


Figura E.16. Variación de la proporción del gasto destinado al estudio científico y desarrollo tecnológico asociado a recursos hídricos durante el periodo 2011 – 2015 según región de ejecución. Elaboración propia

Una vez más, pero esta vez para calcular los montos que ha dispuesto, dispone y que se proyecta invertirán entidades públicas y privadas para la investigación científica y el desarrollo tecnológico en temas asociados al estudio de los recursos hídricos, usaremos parámetros randomizados pertenecientes al intervalo (0,1) para obtener los porcentajes futuros de la variación mediante una combinación lineal convexa dentro del intervalo de variación de cada una de la regiones. Tras obtener los porcentajes futuros de variación presentamos en la Figura E.17 el resultado de los montos estimados que se ha invertido y se proyecta invertirán para cada región del país.

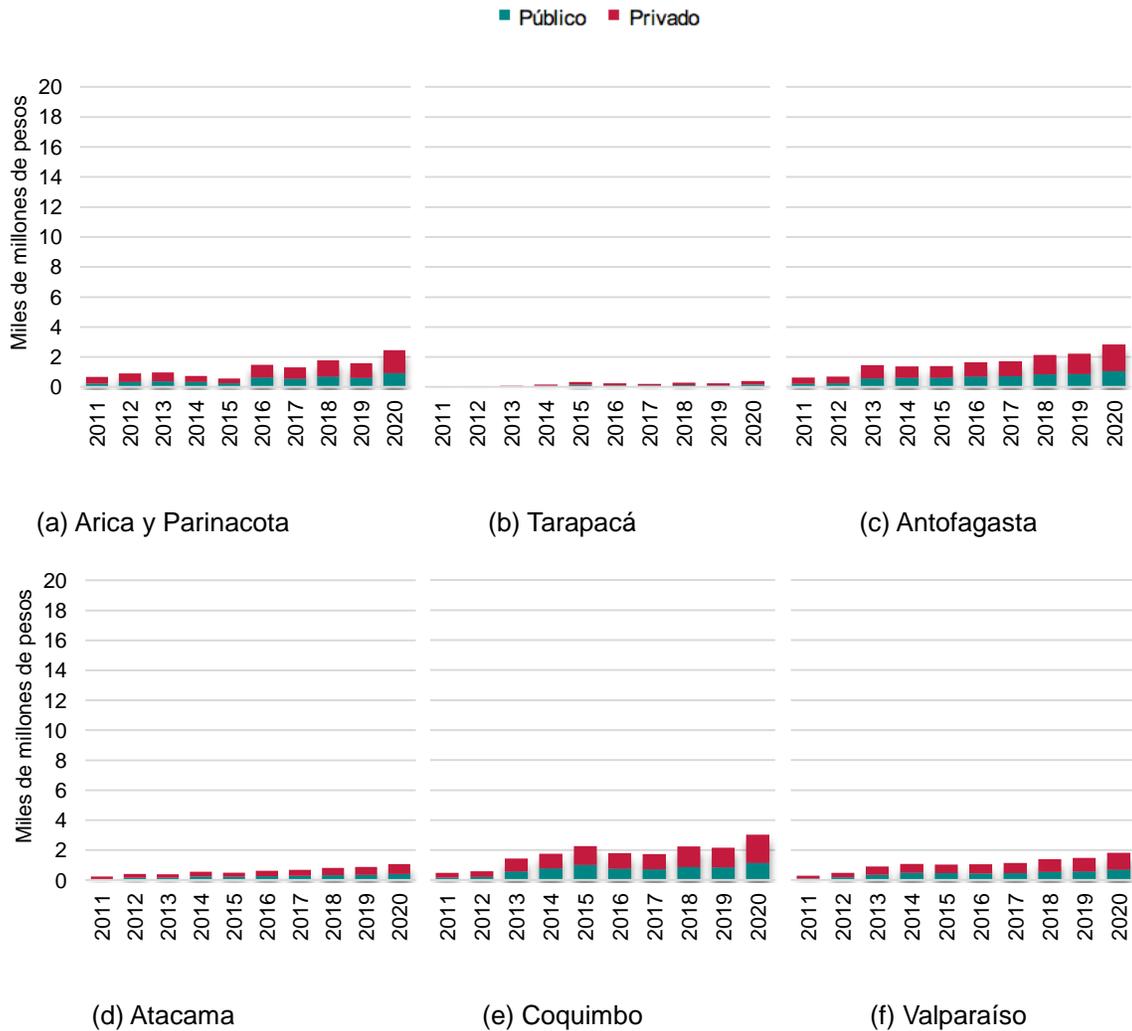


Figura E.17. Evolución estimada del gasto público en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos según región de ejecución



Figura E.17 (cont.) Evolución estimada del gasto público en investigación y desarrollo en materia de recursos hídricos según región de ejecución

Anexo F – Sistema de clasificación ÖFOS para campos, áreas y disciplinas científico-tecnológicas

En la Tabla H.1 presentamos el sistema de clasificación ÖFOS para campos (Nivel 1), áreas (Nivel 4) y disciplinas (Nivel 6) científico-tecnológicos con evidencia de ser relevantes para el estudio de los recursos hídricos.

Tabla H.1. Sistema de clasificación ÖFOS áreas (Nivel 4) y disciplinas (Nivel 6) de las Ciencias Naturales relevantes para el estudio de los recursos hídricos

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
1			<i>Natural sciences</i>
	1010		<i>Mathematics</i>
		101001	<i>Algebra</i>
		101002	<i>Analysis</i>
		101003	<i>Applied geometry</i>
		101004	<i>Biomathematics</i>
		101005	<i>Computer algebra</i>
		101006	<i>Differential geometry</i>
		101027	<i>Dynamical systems</i>
		101007	<i>Financial mathematics</i>
		101008	<i>Complex analysis</i>
		101009	<i>Geometry</i>
		101010	<i>History of mathematics</i>
		101011	<i>Graph theory</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		101012	<i>Combinatorics</i>
		101013	<i>Mathematical logic</i>
		101028	<i>Mathematical modelling</i>
		101029	<i>Mathematical statistics</i>
		101014	<i>Numerical mathematics</i>
		101015	<i>Operations research</i>
		101016	<i>Optimisation</i>
		101017	<i>Game theory</i>
		101018	<i>Statistics</i>
		101019	<i>Stochastics</i>
		101020	<i>Technical mathematics</i>
		101021	<i>Theoretical cybernetics</i>
		101022	<i>Topology</i>
		101023	<i>Actuarial mathematics</i>
		101024	<i>Probability theory</i>
		101025	<i>Number theory</i>
		101026	<i>Time series analysis</i>
		101030	<i>Reliability theory</i>
	1020		Computer Sciences
		102001	<i>Artificial intelligence</i>
		102002	<i>Augmented reality</i>
		102003	<i>Image processing</i>
		102004	<i>Bioinformatics</i>
		102032	<i>Computational intelligence</i>
		102005	<i>Computer aided design (CAD)</i>
		102006	<i>Computer supported cooperative work (CSCW)</i>
		102007	<i>Computer animation</i>
		102008	<i>Computer graphics</i>
		102009	<i>Computer simulation</i>
		102033	<i>Data mining</i>
		102010	<i>Database systems</i>
		102011	<i>Formal languages</i>
		102012	<i>History of computer science</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		102013	<i>Human-computer interaction</i>
		102014	<i>Information design</i>
		102015	<i>Information systems</i>
		102016	<i>IT security</i>
		102028	<i>Knowledge engineering</i>
		102017	<i>Cryptology</i>
		102018	<i>Artificial neural networks</i>
		102019	<i>Machine learning</i>
		102020	<i>Medical informatics</i>
		102021	<i>Pervasive computing</i>
		102029	<i>Practical computer science</i>
		102030	<i>Semantic technologies</i>
		102022	<i>Software development</i>
		102023	<i>Supercomputing</i>
		102031	<i>Theoretical computer science</i>
		102024	<i>Usability research</i>
		102025	<i>Distributed systems</i>
		102026	<i>Virtual reality</i>
		102027	<i>Web engineering</i>
	1030		<i>Physics, Astronomy</i>
		103001	<i>Aerodynamics</i>
		103039	<i>Aerosol physics</i>
		103002	<i>Acoustics</i>
		103003	<i>Astronomy</i>
		103004	<i>Astrophysics</i>
		103041	<i>Astroparticle physics</i>
		103005	<i>Atomic physics</i>
		103006	<i>Chemical physics</i>
		103007	<i>Dosimetry</i>
		103042	<i>Electron microscopy</i>
		103008	<i>Experimental physics</i>
		103009	<i>Solid state physics</i>
		103010	<i>History of physics</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		103011	<i>Semiconductor physics</i>
		103012	<i>High energy physics</i>
		103013	<i>Ion physics</i>
		103014	<i>Nuclear physics</i>
		103015	<i>Condensed matter</i>
		103016	<i>Laser physics</i>
		103017	<i>Magnetism</i>
		103018	<i>Materials physics</i>
		103019	<i>Mathematical physics</i>
		103020	<i>Surface physics</i>
		103021	<i>Optics</i>
		103040	<i>Photonics</i>
		103022	<i>Plasma physics</i>
		103023	<i>Polymer physics</i>
		103024	<i>Quantum field theory</i>
		103025	<i>Quantum mechanics</i>
		103026	<i>Quantum optics</i>
		103027	<i>Reactor physics</i>
		103029	<i>Statistical physics</i>
		103030	<i>Radiation physics</i>
		103031	<i>Radiation protection</i>
		103032	<i>Fluid mechanics</i>
		103033	<i>Superconductivity</i>
		103034	<i>Particle physics</i>
		103035	<i>Theoretical mechanics</i>
		103036	<i>Theoretical physics</i>
		103037	<i>Environmental physics</i>
		103038	<i>Space exploration</i>
	1040		Chemistry
		104001	<i>General chemistry</i>
		104002	<i>Analytical chemistry</i>
		104003	<i>Inorganic chemistry</i>
		104004	<i>Chemical biology</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		104005	<i>Electrochemistry</i>
		104006	<i>Solid state chemistry</i>
		104007	<i>History of chemistry</i>
		104008	<i>Catalysis</i>
		104009	<i>Food chemistry</i>
		104010	<i>Macromolecular chemistry</i>
		104011	<i>Materials chemistry</i>
		104012	<i>Microanalysis</i>
		104013	<i>Natural product chemistry</i>
		104014	<i>Surface chemistry</i>
		104015	<i>Organic chemistry</i>
		104016	<i>Photochemistry</i>
		104017	<i>Physical chemistry</i>
		104018	<i>Polymer chemistry</i>
		104019	<i>Polymer sciences</i>
		104020	<i>Radiochemistry</i>
		104024	<i>X-ray structural analysis</i>
		104025	<i>Single-molecule chemistry</i>
		104026	<i>Spectroscopy</i>
		104021	<i>Structural chemistry</i>
		104022	<i>Theoretical chemistry</i>
		104023	<i>Environmental chemistry</i>
	1051		<i>Geology, Mineralogy</i>
		105101	<i>General geology</i>
		105102	<i>General geophysics</i>
		105126	<i>Applied geophysics</i>
		105103	<i>Petroleum geology</i>
		105104	<i>Erosion</i>
		105105	<i>Geochemistry</i>
		105127	<i>Geochronology</i>
		105106	<i>Geodynamics</i>
		105107	<i>Geoelectrics</i>
		105108	<i>Geostatistics</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		105109	<i>Geothermics</i>
		105110	<i>History of geology</i>
		105111	<i>Gravimetry</i>
		105112	<i>Historical geology</i>
		105113	<i>Crystallography</i>
		105114	<i>Cultural geology</i>
		105115	<i>Magnetics</i>
		105116	<i>Mineralogy</i>
		105117	<i>Palaeobotany</i>
		105118	<i>Palaeontology</i>
		105119	<i>Petrography</i>
		105120	<i>Petrology</i>
		105125	<i>Petrophysics</i>
		105121	<i>Sedimentology</i>
		105122	<i>Seismic</i>
		105123	<i>Stratigraphy</i>
		105124	<i>Tectonics</i>
	1052		<i>Meteorology, Climatology</i>
		105201	<i>Aeronomy</i>
		105202	<i>Agricultural meteorology</i>
		105203	<i>Bioclimatology</i>
		105207	<i>Mountain meteorology</i>
		105204	<i>Climatology</i>
		105205	<i>Climate change</i>
		105206	<i>Meteorology</i>
	1053		<i>Hydrology</i>
		105301	<i>Water protection</i>
		105302	<i>Hydrochemistry</i>
		105303	<i>Hydrogeology</i>
		105304	<i>Hydrology</i>
		105305	<i>Hydrometry</i>
		105306	<i>Oceanography</i>
		105307	<i>Water quality</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		105308	<i>Water resources</i>
	1054		<i>Physical Geography</i>
		105401	<i>Biogeography</i>
		105402	<i>Soil geography</i>
		105403	<i>Geoinformatics</i>
		105404	<i>Geomorphology</i>
		105405	<i>Geoecology</i>
		105406	<i>History of geography</i>
		105407	<i>Cartography</i>
		105408	<i>Physical geography</i>
		105409	<i>Topography</i>
	1059		<i>Interdisciplinary Geosciences not elsewhere classified</i>
		105901	<i>Glaciology</i>
		105902	<i>Natural hazards</i>
		105903	<i>Speleology</i>
		105904	<i>Environmental research</i>
		105906	<i>Environmental geosciences</i>
		105905	<i>Environmental protection</i>
	1060		<i>Biology</i>
		106055	<i>Aerobiology</i>
		106001	<i>General biology</i>
		106002	<i>Biochemistry</i>
		106003	<i>Biodiversity research</i>
		106004	<i>Bioethics</i>
		106005	<i>Bioinformatics</i>
		106056	<i>Biological anthropology</i>
		106006	<i>Biophysics</i>
		106007	<i>Biostatistics</i>
		106008	<i>Botany</i>
		106009	<i>Chronobiology</i>
		106010	<i>Developmental biology</i>
		106011	<i>Alternatives to animal testing</i>
		106012	<i>Evolutionary research</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		106013	<i>Genetics</i>
		106014	<i>Genomics</i>
		106015	<i>Geobotany</i>
		106016	<i>History of biology</i>
		106017	<i>Glycobiology</i>
		106019	<i>Hydrobiology</i>
		106020	<i>Limnology</i>
		106021	<i>Marine biology</i>
		106022	<i>Microbiology</i>
		106023	<i>Molecular biology</i>
		106024	<i>Mycology</i>
		106025	<i>Neurobiology</i>
		106026	<i>Ecosystem research</i>
		106027	<i>Ecotoxicology</i>
		106028	<i>Plant anatomy</i>
		106029	<i>Plant morphology</i>
		106030	<i>Plant ecology</i>
		106031	<i>Plant physiology</i>
		106032	<i>Photobiology</i>
		106033	<i>Phylogeny</i>
		106034	<i>Phytochemistry</i>
		106035	<i>Phytogeography</i>
		106036	<i>Population genetics</i>
		106037	<i>Proteomics</i>
		106038	<i>Reproductive biology</i>
		106039	<i>Stem cell research</i>
		106040	<i>Radiation biology</i>
		106041	<i>Structural biology</i>
		106042	<i>Systematic botany</i>
		106043	<i>Systematic zoology</i>
		106044	<i>Systems biology</i>
		106045	<i>Theoretical biology</i>
		106046	<i>Animal anatomy</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		106047	<i>Animal ecology</i>
		106048	<i>Animal physiology</i>
		106049	<i>Ultrastructure research</i>
		106050	<i>Vegetation science</i>
		106051	<i>Behavioural biology</i>
		106052	<i>Cell biology</i>
		106053	<i>Zoogeography</i>
		106054	<i>Zoology</i>
	1070		Other Natural Sciences
		107001	<i>Archaeometry</i>
		107002	<i>Bionics</i>
		107003	<i>History of natural sciences</i>
		107004	<i>Human ecology</i>
		107005	<i>Food testing</i>
		107006	<i>Nature conservation</i>
		107007	<i>Risk research</i>

Elaborado en base a Statistik Austria (2012)

Tabla H.2. Sistema de clasificación ÖFOS áreas (Nivel 4) y disciplinas (Nivel 6) de las Ciencias Técnicas relevantes para el estudio de los recursos hídricos

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
2			Technical sciences
	2011		Civil Engineering
		201101	<i>Construction operation</i>
		201102	<i>Structural dynamics</i>
		201103	<i>Building physics</i>
		201104	<i>Structural analysis</i>
		201105	<i>Construction material practice</i>
		201106	<i>Structural engineering</i>
		201107	<i>Endurance strength</i>
		201108	<i>Fracture mechanics</i>
		201109	<i>Bridge construction</i>
		201129	<i>Earthquake engineering</i>
		201110	<i>Strength of materials</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		201111	<i>River engineering</i>
		201112	<i>Building construction</i>
		201113	<i>Timber engineering</i>
		201114	<i>Industrial building</i>
		201130	<i>Structural glass construction</i>
		201115	<i>Structural hydraulic engineering</i>
		201116	<i>Agricultural civil engineering</i>
		201117	<i>Lightweight design</i>
		201128	<i>Sustainable building</i>
		201118	<i>Urban water supply and sanitation</i>
		201119	<i>Steel construction</i>
		201120	<i>Reinforced concrete construction</i>
		201121	<i>Road construction</i>
		201122	<i>Technical flood protection</i>
		201123	<i>Underground engineering</i>
		201124	<i>Structural design</i>
		201125	<i>Hydraulic engineering</i>
		201126	<i>Hydropower plant construction</i>
		201127	<i>Torrent and avalanche control</i>
	2012		Architecture
		201201	<i>History of architecture</i>
		201202	<i>Architectural modelling</i>
		201203	<i>Architectural theory</i>
		201204	<i>Barrier-free building</i>
		201205	<i>Building research</i>
		201206	<i>Designing</i>
		201214	<i>Experimental architecture</i>
		201207	<i>Building typology</i>
		201208	<i>Industrial architecture</i>
		201209	<i>Interior design</i>
		201210	<i>Landscape architecture</i>
		201211	<i>Solar architecture</i>
		201212	<i>Urban design</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		201213	<i>Housing</i>
	2013		<i>Transportation</i>
		201301	<i>Railway construction</i>
		201302	<i>Railway engineering</i>
		201303	<i>Ropeways</i>
		201304	<i>Road construction</i>
		201305	<i>Traffic engineering</i>
		201306	<i>Traffic telematics</i>
		201307	<i>Transport economics</i>
	2019		<i>Construction Engineering not elsewhere classified</i>
		201901	<i>Old building renovation</i>
		201905	<i>Building within existing structures</i>
		201902	<i>Building ecology</i>
		201903	<i>Soil bioengineering</i>
		201904	<i>Vegetation technology</i>
	2020		<i>Electrical Engineering, Electronics, Information Engineering</i>
		202001	<i>Audio technology</i>
		202002	<i>Audiovisual media</i>
		202003	<i>Automation</i>
		202004	<i>Brain-computer interface</i>
		202005	<i>Computer architecture</i>
		202006	<i>Computer hardware</i>
		202007	<i>Computer integrated manufacturing (CIM)</i>
		202008	<i>Electrical power systems</i>
		202010	<i>Electric power engineering</i>
		202011	<i>Electrical machines</i>
		202012	<i>Electrical measurement technology</i>
		202013	<i>Electromagnetic compatibility</i>
		202014	<i>Electromagnetism</i>
		202015	<i>Electronics</i>
		202016	<i>Electrical engineering</i>
		202017	<i>Embedded systems</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		202018	<i>Semiconductor electronics</i>
		202019	<i>High frequency engineering</i>
		202020	<i>High voltage engineering</i>
		202021	<i>Industrial electronics</i>
		202022	<i>Information technology</i>
		202023	<i>Integrated circuits</i>
		202024	<i>Laser technology</i>
		202025	<i>Power electronics</i>
		202026	<i>Light technology</i>
		202027	<i>Mechatronics</i>
		202028	<i>Microelectronics</i>
		202029	<i>Microwave engineering</i>
		202030	<i>Communication engineering</i>
		202031	<i>Network engineering</i>
		202042	<i>Optical communication engineering</i>
		202032	<i>Photovoltaics</i>
		202033	<i>Radar technology</i>
		202034	<i>Control engineering</i>
		202035	<i>Robotics</i>
		202036	<i>Sensor systems</i>
		202037	<i>Signal processing</i>
		202041	<i>Computer engineering</i>
		202038	<i>Telecommunications</i>
		202039	<i>Theoretical electrical engineering</i>
		202040	<i>Transmission technology</i>
	2030		<i>Mechanical Engineering</i>
		203001	<i>Apparatus engineering</i>
		203002	<i>Endurance strength</i>
		203030	<i>Fuel cell technology</i>
		203003	<i>Fracture mechanics</i>
		203004	<i>Automotive technology</i>
		203005	<i>Precision engineering</i>
		203006	<i>Production engineering</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		203007	<i>Strength of materials</i>
		203008	<i>Conveyor technology</i>
		203032	<i>Additive manufacturing</i>
		203033	<i>Hydraulic drive technology</i>
		203009	<i>Refrigeration engineering</i>
		203010	<i>Air conditioning technology</i>
		203031	<i>Engineering design</i>
		203034	<i>Continuum mechanics</i>
		203011	<i>Lightweight design</i>
		203012	<i>Aerospace engineering</i>
		203013	<i>Mechanical engineering</i>
		203014	<i>Machine dynamics</i>
		203015	<i>Mechatronics</i>
		203016	<i>Measurement engineering</i>
		203017	<i>Micromechanics</i>
		203018	<i>Heavy machinery construction</i>
		203020	<i>Welding engineering</i>
		203021	<i>Fluid-flow machinery</i>
		203022	<i>Technical mechanics</i>
		203023	<i>Thermal turbomachinery</i>
		203024	<i>Thermodynamics</i>
		203035	<i>Thermal processing technology</i>
		203025	<i>Tribology</i>
		203026	<i>Forming</i>
		203027	<i>Internal combustion engines</i>
		203028	<i>Thermal engineering</i>
		203029	<i>Tool construction</i>
	2040		Chemical Process Engineering
		204001	<i>Inorganic chemical technology</i>
		204002	<i>Chemical reaction engineering</i>
		204003	<i>Chemical process engineering</i>
		204006	<i>Mechanical process engineering</i>
		204004	<i>Organic chemical technology</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		204005	<i>Refining technology</i>
		204007	<i>Thermal process engineering</i>
	2050		<i>Materials Engineering</i>
		205001	<i>Building materials testing</i>
		205002	<i>Coating technology</i>
		205003	<i>Refractories</i>
		205004	<i>Functional materials</i>
		205005	<i>Ceramics engineering</i>
		205006	<i>Wood research</i>
		205007	<i>Wood preservatives</i>
		205008	<i>Wood technology</i>
		205009	<i>Ceramic materials</i>
		205010	<i>Anticorrosives</i>
		205011	<i>Polymer engineering</i>
		205012	<i>Polymer processing</i>
		205013	<i>Failure analysis</i>
		205014	<i>Textile technology</i>
		205015	<i>Composites</i>
		205016	<i>Materials testing</i>
		205017	<i>Materials engineering</i>
		205018	<i>Pulp and paper technology</i>
	2060		<i>Medical Engineering</i>
		206001	<i>Biomedical engineering</i>
		206002	<i>Electro-medical engineering</i>
		206003	<i>Medical physics</i>
		206004	<i>Medical engineering</i>
		206005	<i>Prosthetics</i>
	2071		<i>Environmental Engineering</i>
		207101	<i>Waste engineering</i>
		207102	<i>Exhaust air purification</i>
		207103	<i>Wastewater treatment</i>
		207104	<i>Remediation of contaminated sites</i>
		207105	<i>Landfill technology</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		207106	<i>Renewable energy</i>
		207107	<i>Air pollution control</i>
		207108	<i>Recycling</i>
		207109	<i>Pollutant emission</i>
		207110	<i>Technical environmental protection</i>
		207111	<i>Environmental engineering</i>
		207112	<i>Water treatment</i>
		207114	<i>Water management</i>
	2072		<i>Engineering Geology, Geotechnics</i>
		207201	<i>Soil mechanics</i>
		207202	<i>Earthworks</i>
		207203	<i>Rock mechanics</i>
		207204	<i>Geotechnics</i>
		207205	<i>Foundation engineering</i>
		207206	<i>Engineering geology</i>
		207207	<i>Tunnelling</i>
	2073		<i>Mining, Petroleum Engineering</i>
		207301	<i>Processing of mineral raw materials</i>
		207302	<i>Mining engineering</i>
		207303	<i>Mining damage</i>
		207304	<i>Natural gas production</i>
		207305	<i>Natural gas engineering</i>
		207306	<i>Petroleum geology</i>
		207307	<i>Petroleum production</i>
		207308	<i>Petroleum engineering</i>
		207309	<i>History of mining</i>
		207310	<i>Extraction of mineral raw materials</i>
		207311	<i>Economic geology</i>
		207312	<i>Mine surveying</i>
		207313	<i>Drilling engineering</i>
		207314	<i>Underground mining</i>
	2074		<i>Geodesy, Surveying</i>
		207401	<i>3D-surveying</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		207402	<i>Remote sensing</i>
		207403	<i>Geodesy</i>
		207404	<i>Geoinformatics</i>
		207405	<i>Engineering geodesy</i>
		207406	<i>Cartography</i>
		207407	<i>Cadastral surveying</i>
		207408	<i>Land surveying</i>
		207409	<i>Navigation systems</i>
		207410	<i>Photogrammetry</i>
		207411	<i>Satellite geodesy</i>
		207412	<i>Satellite-based coordinate measuring</i>
		207413	<i>Surveying</i>
	2079		<i>Environmental Engineering, Applied Geosciences not elsewhere classified</i>
		207901	<i>Offshore technology</i>
	2080		<i>Environmental Biotechnology</i>
		208001	<i>Bioremediation</i>
		208002	<i>Environmental biotechnology related ethics</i>
		208003	<i>Environmental biotechnology</i>
	2090		<i>Industrial Biotechnology</i>
		209001	<i>Biocatalysis</i>
		209002	<i>Bioprocess technology</i>
		209003	<i>Biofuels</i>
		209004	<i>Enzyme technology</i>
		209005	<i>Fermentation</i>
		209006	<i>Industrial biotechnology</i>
	2100		<i>Nanotechnology</i>
		210001	<i>Nanoanalytics</i>
		210002	<i>Nanobiotechnology</i>
		210003	<i>Nanoelectronics</i>
		210004	<i>Nanomaterials</i>
		210005	<i>Nanophotonics</i>
		210006	<i>Nanotechnology</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
	2111		<i>Metallurgy</i>
		211101	<i>Iron and steel metallurgy</i>
		211102	<i>Casting technology</i>
		211106	<i>Light metals</i>
		211103	<i>Physical metallurgy</i>
		211104	<i>Metallurgy</i>
		211105	<i>Nonferrous metallurgy</i>
	2112		<i>Food Technology</i>
		211204	<i>Meat technology</i>
		211201	<i>Grain technology</i>
		211202	<i>Food technology</i>
		211203	<i>Food processing engineering</i>
	2119		<i>Technical Sciences not elsewhere classified</i>
		211901	<i>Waste prevention</i>
		211902	<i>Assistive technologies</i>
		211903	<i>Science of management</i>
		211904	<i>Biomechanics</i>
		211905	<i>Bionics</i>
		211906	<i>Fire protection</i>
		211907	<i>Energy saving</i>
		211908	<i>Energy research</i>
		211922	<i>Energy storage</i>
		211909	<i>Energy technology</i>
		211923	<i>Factory planning</i>
		211910	<i>Noise protection</i>
		211911	<i>Sustainable technologies</i>
		211912	<i>Product design</i>
		211913	<i>Quality assurance</i>
		211914	<i>Risk research</i>
		211915	<i>Solar technology</i>
		211916	<i>Blasting engineering</i>
		211917	<i>Technology assessment</i>
		211918	<i>Technical history</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		211919	<i>Thermography</i>
		211920	<i>Packaging technology</i>
		211921	<i>Civil protection and disaster control</i>

Elaborado en base a Statistik Austria (2012)

Tabla H.3. Sistema de clasificación ÖFOS áreas (Nivel 4) y disciplinas (Nivel 6) de las Medicina Humana y Ciencias de la Salud Naturales relevantes para el estudio de los recursos hídricos

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
3			<i>Human medicine, Health sciences</i>
	3011		<i>Anatomy, Pathology, Physiology</i>
		301101	<i>General pathology</i>
		301102	<i>Anatomy</i>
		301103	<i>Medical diagnostics</i>
		301104	<i>Embryology</i>
		301105	<i>Experimental pathology</i>
		301106	<i>Functional anatomy</i>
		301107	<i>Histology</i>
		301108	<i>Molecular pathology</i>
		301109	<i>Pathophysiology</i>
		301110	<i>Physiology</i>
		301111	<i>Radiologic anatomy</i>
		301112	<i>Systematic anatomy</i>
		301113	<i>Topographic anatomy</i>
		301114	<i>Cell biology</i>
	3012		<i>Pharmacy, Pharmacology, Toxicology</i>
		301201	<i>Pharmaceutical and drug analysis</i>
		301213	<i>Drug targeting</i>
		301202	<i>History of pharmacy</i>
		301212	<i>Clinical pharmacy</i>
		301203	<i>Pharmacodynamics</i>
		301204	<i>Pharmacognosy</i>
		301205	<i>Pharmacokinetics</i>
		301206	<i>Pharmacology</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		301207	<i>Pharmaceutical chemistry</i>
		301208	<i>Pharmaceutical technology</i>
		301209	<i>Pharmacy</i>
		301210	<i>Psychopharmacology</i>
		301211	<i>Toxicology</i>
	3013		<i>Medical Biochemistry, Human Genetics</i>
		301301	<i>Human genetics</i>
		301302	<i>Lipidomics research</i>
		301303	<i>Medical biochemistry</i>
		301304	<i>Medical biology</i>
		301305	<i>Medical chemistry</i>
		301306	<i>Medical molecular biology</i>
		301307	<i>Cytogenetics</i>
	3014		<i>Neurosciences</i>
		301401	<i>Brain research</i>
		301402	<i>Neurobiology</i>
		301403	<i>Neurochemistry</i>
		301404	<i>Neuroimmunology</i>
		301405	<i>Neuropathology</i>
		301406	<i>Neuropharmacology</i>
		301407	<i>Neurophysiology</i>
		301408	<i>Psychophysiology</i>
	3019		<i>Medical-Theoretical Sciences not elsewhere classified</i>
		301901	<i>Blood group serology</i>
		301902	<i>Immunology</i>
		301903	<i>Vaccine development</i>
		301904	<i>Cancer research</i>
		301905	<i>Psychoneuroimmunology</i>
		301906	<i>Serology</i>
	3020		<i>Clinical Medicine</i>
		302001	<i>Acupuncture</i>
		302002	<i>Allergology</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		302003	<i>General surgery</i>
		302090	<i>General practice</i>
		302004	<i>Anaesthesiology</i>
		302005	<i>Andrology</i>
		302006	<i>Angiology</i>
		302007	<i>Ophthalmology</i>
		302008	<i>Balneology</i>
		302009	<i>Chemotherapy</i>
		302010	<i>Computed tomography (CT)</i>
		302011	<i>Dermatology</i>
		302012	<i>Diabetology</i>
		302013	<i>Medical diagnostics</i>
		302014	<i>Endocrinology</i>
		302015	<i>Experimental surgery</i>
		302016	<i>Gastroenterology</i>
		302017	<i>Obstetrics</i>
		302018	<i>Vascular surgery</i>
		302020	<i>Gerontology</i>
		302021	<i>History of psychiatry</i>
		302022	<i>Gynaecology</i>
		302023	<i>Ear, nose and throat medicine</i>
		302024	<i>Haematology</i>
		302025	<i>Hepatology</i>
		302026	<i>Heart surgery</i>
		302027	<i>Hearing, voice and language disorders</i>
		302028	<i>Hyperbaric medicine</i>
		302091	<i>Immunotherapy</i>
		302029	<i>Implantology</i>
		302030	<i>Internal medicine</i>
		302031	<i>Intensive care medicine</i>
		302032	<i>Cardiology</i>
		302033	<i>Oral surgery</i>
		302034	<i>Orthodontics</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		302035	<i>Paediatrics and adolescent medicine</i>
		302036	<i>Child and adolescent psychiatry</i>
		302037	<i>Paediatric surgery</i>
		302038	<i>Clinical neuropsychology</i>
		302039	<i>Complementary medicine</i>
		302040	<i>Laboratory diagnostics</i>
		302041	<i>Laser surgery</i>
		302042	<i>Logopedics</i>
		302043	<i>Magnetic resonance imaging (MRI)</i>
		302044	<i>Medical physics</i>
		302045	<i>Medical psychology</i>
		302046	<i>Medical psychotherapy</i>
		302047	<i>Microsurgery</i>
		302048	<i>Minimally invasive surgery</i>
		302049	<i>Neonatology</i>
		302050	<i>Nephrology</i>
		302051	<i>Neurosurgery</i>
		302052	<i>Neurology</i>
		302053	<i>Emergency medicine</i>
		302054	<i>Nuclear medicine</i>
		302055	<i>Oncology</i>
		302056	<i>Oncological surgery</i>
		302057	<i>Orthopaedics</i>
		302058	<i>Palliative medicine</i>
		302059	<i>Periodontology</i>
		302060	<i>Perinatology</i>
		302061	<i>Physical medicine</i>
		302062	<i>Plastic and reconstructive surgery</i>
		302063	<i>Multiple trauma care</i>
		302064	<i>Prenatal diagnostics</i>
		302065	<i>Clinical psychiatry</i>
		302066	<i>Psychopathology</i>
		302067	<i>Psychosomatics</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		302068	<i>Pulmology</i>
		302069	<i>Radiosurgery</i>
		302070	<i>Radiodiagnosics</i>
		302071	<i>Radiology</i>
		302089	<i>Reproductive medicine</i>
		302072	<i>Rheumatology</i>
		302073	<i>Sleep medicine</i>
		302074	<i>Pain medicine</i>
		302075	<i>Sonography</i>
		302077	<i>Stem cell transplantation</i>
		302078	<i>Metabolic diseases</i>
		302079	<i>Radiation protection</i>
		302080	<i>Radiotherapy</i>
		302081	<i>Thoracic surgery</i>
		302082	<i>Transfusion medicine</i>
		302083	<i>Transplant surgery</i>
		302084	<i>Transplantation medicine</i>
		302085	<i>Trauma surgery</i>
		302086	<i>Urology</i>
		302087	<i>Venereology</i>
		302088	<i>Dentistry</i>
3030			Health Sciences
		303001	<i>Occupational medicine</i>
		303002	<i>Bacteriology</i>
		303003	<i>Occupational diseases</i>
		303004	<i>Kinesiology</i>
		303005	<i>Sports biomechanics</i>
		303006	<i>Dietetics</i>
		303007	<i>Epidemiology</i>
		303008	<i>Ergonomics</i>
		303009	<i>Nutritional sciences</i>
		303010	<i>Health economics</i>
		303011	<i>Health policy</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		303012	<i>Health sciences</i>
		303013	<i>Hygiene</i>
		303014	<i>Vaccine protection</i>
		303015	<i>Hospital hygiene</i>
		303016	<i>Hospital management</i>
		303017	<i>Food hygiene</i>
		303018	<i>Air hygiene</i>
		303019	<i>Medical ethics</i>
		303020	<i>Medical microbiology</i>
		303021	<i>Medical rehabilitation</i>
		303022	<i>Palliative care</i>
		303023	<i>Parasitology</i>
		303036	<i>Patient safety</i>
		303024	<i>Nursing science</i>
		303025	<i>Preventive medicine</i>
		303026	<i>Public health</i>
		303027	<i>Social medicine</i>
		303028	<i>Sport science</i>
		303029	<i>Addiction research</i>
		303030	<i>Training science</i>
		303031	<i>Tropical medicine</i>
		303032	<i>Environmental hygiene</i>
		303033	<i>Environmental medicine</i>
		303034	<i>Virology</i>
		303035	<i>Water hygiene</i>
	3040		<i>Medical Biotechnology</i>
		304001	<i>Medical biotechnology related ethics</i>
		304002	<i>Genetic diagnostics</i>
		304003	<i>Genetic engineering</i>
		304004	<i>Gene therapy</i>
		304005	<i>Medical biotechnology</i>
		304006	<i>Pharmacogenomics</i>
		304007	<i>Tissue engineering</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
	3051		Forensic Medicine
		305102	<i>DNA analysis (Forensic medicine)</i>
		305103	<i>Forensic biology</i>
		305104	<i>Forensic chemistry</i>
		305105	<i>Forensic psychiatry</i>
		305106	<i>Forensic radiology</i>
		305107	<i>Forensic toxicology</i>
		305108	<i>Forensic human medicine</i>
	3059		Human medicine, Health Sciences not elsewhere classified
		305901	<i>Computer-aided diagnosis and therapy</i>
		305902	<i>Gender medicine</i>
		305903	<i>History of medicine</i>
		305904	<i>Medical documentation</i>
		305905	<i>Medical informatics</i>
		305906	<i>Medical cybernetics</i>
		305907	<i>Medical statistics</i>
		305908	<i>Sports medicine</i>
		305909	<i>Stress research</i>
		305910	<i>Traffic medicine</i>

Elaborado en base a Statistik Austria (2012)

Tabla H.4. Sistema de clasificación ÖFOS áreas (Nivel 4) y disciplinas (Nivel 6) de las Ciencias Agrícolas y Medicina Veterinaria relevantes para el estudio de los recursos hídricos

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
	4		Agricultural sciences, Veterinary medicine
	4011		Cultivation of Land, Horticulture
		401101	<i>Cultivation of land</i>
		401102	<i>Irrigation management</i>
		401103	<i>Horticulture</i>
		401104	<i>Vegetable growing</i>
		401105	<i>Grain cultivation</i>
		401106	<i>Landscape conservation</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		401107	<i>Agricultural engineering</i>
		401108	<i>Fruit growing</i>
		401109	<i>Organic farming</i>
		401110	<i>Plant cultivation</i>
		401111	<i>Plant nutrition</i>
		401112	<i>Plant protection</i>
		401113	<i>Plant breeding</i>
		401114	<i>Seed breeding</i>
		401115	<i>Seed cultivation</i>
		401116	<i>Special crops</i>
		401117	<i>Viticulture</i>
		401118	<i>Cultivation of ornamental plants</i>
	4012		<i>Forestry and Wood Industry</i>
		401201	<i>Forest entomology</i>
		401202	<i>Forest pathology</i>
		401203	<i>Forest protection</i>
		401204	<i>Forest engineering</i>
		401205	<i>Forestry</i>
		401206	<i>Wood industry</i>
		401207	<i>Silviculture</i>
		401208	<i>Forest ecology</i>
	4019		<i>Agriculture and Forestry, Fishery not elsewhere classified</i>
		401901	<i>Soil erosion</i>
		401902	<i>Soil science</i>
		401903	<i>Fishery</i>
		401904	<i>History of agriculture and forestry</i>
		401905	<i>Renewable resources</i>
	4020		<i>Animal Breeding, Animal Production</i>
		402001	<i>Apiology</i>
		402002	<i>Ichthyology</i>
		402003	<i>Meat hygiene</i>
		402004	<i>Meat production</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		402005	<i>Feed analysis</i>
		402006	<i>Pet breeding</i>
		402007	<i>Apiculture</i>
		402008	<i>Artificial insemination</i>
		402009	<i>Food testing</i>
		402010	<i>Milk hygiene</i>
		402011	<i>Milk production</i>
		402012	<i>Livestock ethology</i>
		402013	<i>Animal nutrition</i>
		402014	<i>Animal husbandry</i>
		402015	<i>Animal production</i>
		402016	<i>Animal welfare</i>
		402017	<i>Animal breeding</i>
		402018	<i>Laboratory animal science</i>
	4030		<i>Veterinary Medicine</i>
		403001	<i>Veterinary anaesthesiology</i>
		403002	<i>Veterinary anatomy</i>
		403003	<i>Veterinary andrology</i>
		403004	<i>Veterinary ophthalmology</i>
		403005	<i>Veterinary bacteriology</i>
		403006	<i>Veterinary diagnostic imaging</i>
		403007	<i>Veterinary surgery</i>
		403008	<i>Veterinary diagnostics</i>
		403009	<i>Veterinary embryology</i>
		403010	<i>Veterinary obstetrics</i>
		403011	<i>Forensic veterinary medicine</i>
		403012	<i>History of veterinary medicine</i>
		403013	<i>Veterinary gynaecology</i>
		403014	<i>Veterinary histology</i>
		403015	<i>Veterinary hygiene</i>
		403016	<i>Veterinary immunology</i>
		403017	<i>Veterinary internal medicine</i>
		403018	<i>Veterinary laboratory diagnostics</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		403019	<i>Veterinary medical biochemistry</i>
		403020	<i>Veterinary medical chemistry</i>
		403021	<i>Veterinary neurology</i>
		403022	<i>Veterinary orthopaedics</i>
		403023	<i>Veterinary parasitology</i>
		403024	<i>Veterinary pathology</i>
		403025	<i>Veterinary pharmacology</i>
		403026	<i>Veterinary physiology</i>
		403027	<i>Veterinary phytotherapy</i>
		403033	<i>Veterinary regenerative medicine</i>
		403028	<i>Animal nutrition</i>
		403029	<i>Control of animal diseases</i>
		403030	<i>Veterinary toxicology</i>
		403031	<i>Veterinary virology</i>
		403032	<i>Veterinary dentistry</i>
	4040		<i>Agricultural Biotechnology, Food Biotechnology</i>
		404001	<i>Agricultural biotechnology</i>
		404002	<i>Biopharming</i>
		404003	<i>Agricultural and food biotechnology related ethics</i>
		404004	<i>Fermentation</i>
		404006	<i>Genetic engineering</i>
		404007	<i>Food biotechnology</i>
	4050		<i>Other Agricultural Sciences</i>
		405001	<i>Agroecology</i>
		405002	<i>Agricultural economics</i>
		405003	<i>Agricultural policy</i>
		405004	<i>Sustainable agriculture</i>
		405005	<i>Wildlife science</i>

Elaborado en base a Statistik Austria (2012)

Tabla H.5. Sistema de clasificación ÖFOS áreas (Nivel 4) y disciplinas (Nivel 6) de las Ciencias Sociales relevantes para el estudio de los recursos hídricos

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
	5		<i>Social sciences</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
	5010		Psychology
		501001	<i>General psychology</i>
		501002	<i>Applied psychology</i>
		501003	<i>Occupational psychology</i>
		501004	<i>Differential psychology</i>
		501005	<i>Developmental psychology</i>
		501006	<i>Experimental psychology</i>
		501007	<i>History of psychology</i>
		501008	<i>Group dynamics</i>
		501009	<i>Child and adolescent psychology</i>
		501010	<i>Clinical psychology</i>
		501011	<i>Cognitive psychology</i>
		501030	<i>Cognitive science</i>
		501012	<i>Media psychology</i>
		501013	<i>Motivational psychology</i>
		501027	<i>Music therapy</i>
		501014	<i>Neuropsychology</i>
		501015	<i>Organisational psychology</i>
		501016	<i>Educational psychology</i>
		501017	<i>Psychoanalysis</i>
		501018	<i>Psychological diagnostics</i>
		501028	<i>Psychosocial support in emergencies</i>
		501019	<i>Psychotherapy</i>
		501020	<i>Legal psychology</i>
		501021	<i>Social psychology</i>
		501022	<i>Suicidology</i>
		501023	<i>Depth psychology</i>
		501024	<i>Behavioural therapy</i>
		501025	<i>Traffic psychology</i>
		501026	<i>Psychology of perception</i>
		501029	<i>Economic psychology</i>
	5020		Economics
		502001	<i>Labour market policy</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		502002	<i>Labour economics</i>
		502003	<i>Foreign trade</i>
		502004	<i>Banking management</i>
		502052	<i>Business administration</i>
		502005	<i>Economics of education</i>
		502006	<i>Controlling</i>
		502007	<i>E-commerce</i>
		502054	<i>Entrepreneurship</i>
		502008	<i>Development economics</i>
		502009	<i>Corporate finance</i>
		502010	<i>Public finance</i>
		502011	<i>Cooperative systems</i>
		502012	<i>Industrial management</i>
		502013	<i>Industrial economics</i>
		502014	<i>Innovation research</i>
		502016	<i>SME-research</i>
		502017	<i>Logistics</i>
		502018	<i>Macroeconomics</i>
		502019	<i>Marketing</i>
		502020	<i>Market research</i>
		502021	<i>Microeconomics</i>
		502022	<i>Sustainable economics</i>
		502023	<i>NPO research</i>
		502024	<i>Public economy</i>
		502025	<i>Econometrics</i>
		502026	<i>Human resource management</i>
		502027	<i>Political economy</i>
		502028	<i>Production management</i>
		502029	<i>Product management</i>
		502030	<i>Project management</i>
		502031	<i>Public management</i>
		502032	<i>Quality management</i>
		502033	<i>Accounting</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		502034	<i>Regulatory economics</i>
		502035	<i>Auditing and trusts</i>
		502036	<i>Risk management</i>
		502037	<i>Location planning</i>
		502038	<i>Taxation</i>
		502039	<i>Structural policy</i>
		502040	<i>Tourism research</i>
		502041	<i>Environmental management</i>
		502042	<i>Environmental economics</i>
		502043	<i>Business consultancy</i>
		502044	<i>Business management</i>
		502045	<i>Behavioural economics</i>
		502053	<i>Economics</i>
		502046	<i>Economic policy</i>
		502047	<i>Economic theory</i>
		502048	<i>Business ethics</i>
		502049	<i>Economic history</i>
		502050	<i>Business informatics</i>
		502051	<i>Economic statistics</i>
	5030		<i>Educational Sciences</i>
		503001	<i>General education</i>
		503002	<i>Applied education</i>
		503003	<i>Talent research</i>
		503004	<i>Vocational studies</i>
		503005	<i>Vocational education</i>
		503006	<i>Educational research</i>
		503007	<i>Didactics</i>
		503008	<i>E-learning</i>
		503031	<i>Elementary pedagogy</i>
		503009	<i>Adult education</i>
		503010	<i>Subject didactics of agricultural sciences, veterinary medicine</i>
		503011	<i>Subject didactics of humanities</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		503012	<i>Subject didactics of human medicine and health sciences</i>
		503013	<i>Subject didactics of natural sciences</i>
		503014	<i>Subject didactics of social sciences</i>
		503015	<i>Subject didactics of technical sciences</i>
		503016	<i>Leisure education</i>
		503017	<i>History of education</i>
		503018	<i>University didactics</i>
		503019	<i>Art education</i>
		503032	<i>Teaching and learning research</i>
		503020	<i>Media education</i>
		503021	<i>Museum education</i>
		503022	<i>Music education</i>
		503033	<i>Political education</i>
		503023	<i>Qualification research</i>
		503024	<i>Religious education</i>
		503025	<i>School pedagogy</i>
		503026	<i>Orthopaedagogy</i>
		503027	<i>Social pedagogy</i>
		503028	<i>Sport pedagogy</i>
		503029	<i>Language teaching research</i>
		503030	<i>Business education</i>
	5040		Sociology
		504001	<i>General sociology</i>
		504002	<i>Sociology of work</i>
		504003	<i>Poverty and social exclusion</i>
		504004	<i>Population statistics</i>
		504005	<i>Educational sociology</i>
		504006	<i>Demography</i>
		504007	<i>Empirical social research</i>
		504008	<i>Ethnography</i>
		504009	<i>Ethnology</i>
		504010	<i>European ethnology</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		504011	<i>Genealogy</i>
		504012	<i>Leisure research</i>
		504013	<i>Gender mainstreaming</i>
		504014	<i>Gender studies</i>
		504016	<i>Sociology of youth</i>
		504017	<i>Cultural anthropology</i>
		504018	<i>Sociology of culture</i>
		504019	<i>Media sociology</i>
		504020	<i>Medical sociology</i>
		504021	<i>Migration research</i>
		504022	<i>Music sociology</i>
		504023	<i>Political sociology</i>
		504024	<i>Sociology of law</i>
		504025	<i>Sociology of religion</i>
		504026	<i>Social history</i>
		504027	<i>Special sociology</i>
		504028	<i>Sociology of technology</i>
		504029	<i>Environmental sociology</i>
		504030	<i>Economic sociology</i>
	5050		Law
		505033	<i>Anti-discrimination law</i>
		505001	<i>Labour law</i>
		505034	<i>Banking and capital market law</i>
		505035	<i>Building law</i>
		505002	<i>Data protection</i>
		505036	<i>Energy law</i>
		505003	<i>European law</i>
		505037	<i>Family and inheritance law</i>
		505004	<i>Financial law</i>
		505005	<i>Intellectual property</i>
		505044	<i>Corporate law</i>
		505006	<i>Fundamental rights</i>
		505045	<i>Higher education law</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		505007	<i>Insolvency law</i>
		505008	<i>Criminology</i>
		505046	<i>Air and space law</i>
		505038	<i>Trademark and patent law</i>
		505009	<i>Mediation</i>
		505039	<i>Media law</i>
		505010	<i>Medical law</i>
		505011	<i>Human rights</i>
		505012	<i>Public law</i>
		505013	<i>Private law</i>
		505014	<i>Legal history</i>
		505015	<i>Legal informatics</i>
		505016	<i>Legal theory</i>
		505017	<i>Comparative law</i>
		505018	<i>Religious law</i>
		505019	<i>Roman law</i>
		505020	<i>Social law</i>
		505040	<i>Sports law</i>
		505021	<i>Constitutional law</i>
		505022	<i>Tax law</i>
		505023	<i>Criminal procedural law</i>
		505024	<i>Criminal law</i>
		505041	<i>Environmental law</i>
		505025	<i>Business law</i>
		505026	<i>Constitutional law</i>
		505042	<i>Traffic law</i>
		505027	<i>Administrative studies</i>
		505028	<i>Administrative law</i>
		505029	<i>International law</i>
		505030	<i>Commercial law</i>
		505031	<i>Civil law</i>
		505032	<i>Civil procedure law</i>
	5060		Political Science

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		506001	<i>General theory of the state</i>
		506002	<i>E-government</i>
		506003	<i>Development policy</i>
		506004	<i>European integration</i>
		506005	<i>Research policy</i>
		506006	<i>Peace studies</i>
		506007	<i>International relations</i>
		506008	<i>Conflict research</i>
		506009	<i>Organisation theory</i>
		506010	<i>Policy analysis</i>
		506011	<i>Political history</i>
		506012	<i>Political systems</i>
		506013	<i>Political theory</i>
		506014	<i>Comparative politics</i>
	5070		<i>Human Geography, Regional Geography, Regional Planning</i>
		507001	<i>Applied geography</i>
		507002	<i>Population geography</i>
		507003	<i>Geoinformatics</i>
		507004	<i>History of geography</i>
		507005	<i>Cultural geography</i>
		507006	<i>Cultural landscape research</i>
		507007	<i>Land use planning</i>
		507008	<i>Landscape planning</i>
		507027	<i>Sustainable urban development</i>
		507009	<i>Regional planning</i>
		507010	<i>Political geography</i>
		507011	<i>Spatial research</i>
		507012	<i>Spatial structure</i>
		507013	<i>Regional geography</i>
		507014	<i>Regional development</i>
		507015	<i>Regional research</i>
		507016	<i>Regional economy</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		507017	<i>Social geography</i>
		507018	<i>Urban and village renewal</i>
		507019	<i>Urban development planning</i>
		507020	<i>Urbanism</i>
		507021	<i>Urban history</i>
		507022	<i>Urban planning</i>
		507023	<i>Location development</i>
		507024	<i>Environmental policy</i>
		507025	<i>Transport planning</i>
		507026	<i>Economic geography</i>
	5080		<i>Media and Communication Sciences</i>
		508001	Archive studies
		508002	Audiovisual media
		508003	Library science
		508004	Intercultural communication
		508005	Journalism
		508006	Communication theory
		508007	Communication science
		508008	Media analysis
		508009	Media research
		508011	Media theory
		508012	Media impact studies
		508013	Public relations
		508014	Journalism
		508015	Business communication
		508016	Science communication
	5090		<i>Other Social Sciences</i>
		509001	Action research
		509002	Disability studies
		509023	Development research
		509003	Development cooperation
		509004	Evaluation research
		509005	Gerontology

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		509006	History of social sciences
		509007	<i>Graffiti research</i>
		509008	<i>Child research, youth research</i>
		509020	<i>Military ethics</i>
		509009	<i>Military strategic research</i>
		509021	<i>Military science</i>
		509010	<i>Minority research</i>
		509011	<i>Organisational development</i>
		509022	<i>Polemology</i>
		509012	<i>Social policy</i>
		509013	<i>Social statistics</i>
		509014	<i>Game research</i>
		509015	<i>Accident research</i>
		509016	<i>Transport economics</i>
		509017	<i>Social studies of science</i>
		509018	<i>Knowledge management</i>
		509019	<i>Futurology</i>

Elaborado en base a Statistik Austria (2012)

Tabla H.6. Sistema de clasificación ÖFOS áreas (Nivel 4) y disciplinas (Nivel 6) de las Humanidades relevantes para el estudio de los recursos hídricos

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
6			Humanities
	6010		History, Archaeology
		601001	<i>Ancient history</i>
		601002	<i>Classical studies</i>
		601003	<i>Archaeology</i>
		601004	<i>Epigraphy</i>
		601005	<i>European history</i>
		601006	<i>Early history</i>
		601007	<i>Historical regional studies</i>
		601008	<i>Science of history</i>
		601023	<i>Global history</i>
		601009	<i>Historical auxiliary sciences</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		601010	<i>Classical archaeology</i>
		601011	<i>Codicology</i>
		601012	<i>Medieval history</i>
		601013	<i>Museology</i>
		601014	<i>Modern history</i>
		601015	<i>Numismatics</i>
		601016	<i>Austrian history</i>
		601017	<i>Palaeography</i>
		601018	<i>Papyrology</i>
		601019	<i>Source studies</i>
		601020	<i>Regional history</i>
		601021	<i>Prehistory</i>
		601022	<i>Contemporary history</i>
	6020		<i>Linguistics and Literature</i>
		602002	<i>Egyptology</i>
		602003	<i>General literature studies</i>
		602004	<i>General linguistics</i>
		602005	<i>American studies</i>
		602006	<i>Applied literature studies</i>
		602007	<i>Applied linguistics</i>
		602008	<i>English studies</i>
		602009	<i>Arabic studies</i>
		602010	<i>Byzantine studies</i>
		602011	<i>Computational linguistics</i>
		602012	<i>Finno-Ugrian studies</i>
		602013	<i>Sign language research</i>
		602014	<i>German studies</i>
		602015	<i>Greek studies</i>
		602016	<i>Hermeneutics</i>
		602017	<i>Indo-European studies</i>
		602018	<i>Indology</i>
		602019	<i>Iranian studies</i>
		602020	<i>Japanese studies</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		602021	<i>Yiddish studies</i>
		602022	<i>Jewish studies</i>
		602023	<i>Celtic studies</i>
		602024	<i>Classical philology</i>
		602025	<i>Clinical linguistics</i>
		602026	<i>Cognitive linguistics</i>
		602027	<i>Coptic studies</i>
		602028	<i>Korean studies</i>
		602029	<i>Latin studies</i>
		602030	<i>Lexicography</i>
		602031	<i>History of literature</i>
		602032	<i>Dialectology</i>
		602033	<i>Onomastics</i>
		602034	<i>Dutch studies</i>
		602035	<i>Modern Greek studies</i>
		602036	<i>Neurolinguistics</i>
		602037	<i>Oriental studies</i>
		602055	<i>Patholinguistics</i>
		602038	<i>Phonetics</i>
		602039	<i>Phonology</i>
		602040	<i>Psycholinguistics</i>
		602041	<i>Rhetoric</i>
		602042	<i>Romance studies</i>
		602043	<i>Semiotics</i>
		602044	<i>Semitic studies</i>
		602045	<i>Sinology</i>
		602046	<i>Scandinavian studies</i>
		602047	<i>Slavonic studies</i>
		602048	<i>Sociolinguistics</i>
		602049	<i>Terminology science</i>
		602050	<i>Tibetan studies</i>
		602051	<i>Translation studies</i>
		602052	<i>Turkish studies</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		602053	<i>Comparative literature studies</i>
		602054	<i>Comparative linguistics</i>
	6031		<i>Philosophy, Ethics</i>
		603101	<i>Aesthetics</i>
		603102	<i>Epistemology</i>
		603103	<i>Ethics</i>
		603104	<i>History of philosophy</i>
		603105	<i>Philosophy of history</i>
		603106	<i>Hermeneutics</i>
		603107	<i>Critique of ideology</i>
		603108	<i>Cultural philosophy</i>
		603109	<i>Logic</i>
		603125	<i>Metaethics</i>
		603110	<i>Metaphysics</i>
		603111	<i>Natural philosophy</i>
		603112	<i>Phenomenology</i>
		603113	<i>Philosophy</i>
		603114	<i>Philosophy of mind</i>
		603115	<i>Philosophical anthropology</i>
		603116	<i>Political philosophy</i>
		603117	<i>Philosophy of law</i>
		603118	<i>Philosophy of religion</i>
		603119	<i>Social philosophy</i>
		603120	<i>Philosophy of language</i>
		603121	<i>Political philosophy</i>
		603122	<i>Philosophy of technology</i>
		603123	<i>History of science</i>
		603124	<i>Theory of science</i>
	6032		<i>Theology</i>
		603201	<i>Old Testament studies</i>
		603202	<i>Christian archaeology</i>
		603203	<i>Christian philosophy</i>
		603204	<i>Christian social doctrine</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		603205	<i>Dogmatic theology</i>
		603206	<i>Fundamental theology</i>
		603207	<i>Homiletics</i>
		603208	<i>Intercultural theology</i>
		603209	<i>Canon law</i>
		603210	<i>Catechetics</i>
		603211	<i>Church history</i>
		603212	<i>Liturgical studies</i>
		603213	<i>Moral theology</i>
		603214	<i>New Testament studies</i>
		603215	<i>Ecumenical theology</i>
		603216	<i>Pastoral psychology</i>
		603217	<i>Pastoral theology</i>
		603218	<i>Patrology</i>
		603219	<i>Practical theology</i>
		603220	<i>Pastoral care</i>
		603221	<i>Spiritual theology</i>
		603222	<i>Systematic theology</i>
		603223	<i>Theological anthropology</i>
	6039		<i>Religion, Religious Studies not elsewhere classified</i>
		603901	<i>Atheism</i>
		603902	<i>Buddhism</i>
		603903	<i>Exegesis</i>
		603904	<i>Hinduism</i>
		603905	<i>Islam</i>
		603906	<i>Jewish religion</i>
		603907	<i>Church law</i>
		603908	<i>History of religion</i>
		603910	<i>Psychology of religion</i>
		603909	<i>Religious studies</i>
	6040		<i>Arts</i>
		604001	<i>Applied arts</i>
		604002	<i>Architectural design</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
		604003	<i>Performance practice</i>
		604005	<i>Stage design</i>
		604006	<i>Performing arts</i>
		604007	<i>Historic preservation</i>
		604008	<i>Design</i>
		604009	<i>Ethnomusicology</i>
		604010	<i>Film design</i>
		604011	<i>Film studies</i>
		604012	<i>Photography</i>
		604013	<i>Garden art</i>
		604014	<i>Singing</i>
		604031	<i>Historical technology</i>
		604015	<i>Industrial design</i>
		604032	<i>Instrumental studies</i>
		604016	<i>Jazz studies</i>
		604017	<i>Church music</i>
		604033	<i>Composition</i>
		604018	<i>Conservation, restoration</i>
		604019	<i>Art history</i>
		604020	<i>Art theory</i>
		604021	<i>Media arts</i>
		604022	<i>Music history</i>
		604034	<i>Music theatre</i>
		604023	<i>Music theory</i>
		604024	<i>Musicology</i>
		604035	<i>Organ research</i>
		604025	<i>Popular music studies</i>
		604036	<i>Provenance research</i>
		604026	<i>Spatial arts</i>
		604027	<i>Scenography</i>
		604028	<i>Dance studies</i>
		604029	<i>Theatre studies</i>
		604030	<i>Folk music research</i>

Nivel1	Nivel 4	Nivel 6	Campo, área, disciplina
	6050		<i>Other Humanities</i>
		605007	<i>Digital humanities</i>
		605001	<i>History of humanities</i>
		605002	<i>Cultural history</i>
		605006	<i>Cultural management</i>
		605003	<i>Cultural economics</i>
		605004	<i>Cultural studies</i>
		605005	<i>Audience research</i>

Elaborado en base a Statistik Austria (2012)

CameronPartners Innovation Consultants

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

Edmundo Larenas 438 | 4070415 Concepción | Chile

www.cameron-partners.com