

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ: PROPUESTA DE NICHOS DE INVERSIÓN  
PÚBLICA PARA ENFRENTAR LA ESCASEZ HÍDRICA**

**MARÍA FERNANDA PROHENS POBLETE**

**SANTIAGO, CHILE  
2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ: PROPUESTA DE NICHOS DE INVERSIÓN  
PÚBLICA PARA ENFRENTAR LA ESCASEZ HÍDRICA**

**COPIAPÓ RIVER BASIN: PROPOSED PUBLIC INVESTMENT NICHE TO  
CONFRONT WATER SCARCITY**

**MARÍA FERNANDA PROHENS POBLETE**

**SANTIAGO, CHILE  
2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ: PROPUESTA DE NICHOS DE INVERSIÓN  
PÚBLICA PARA ENFRENTAR LA ESCASEZ HÍDRICA**

Memoria para optar al Título Profesional  
de Ingeniero en Recursos Naturales  
Renovables

**MARÍA FERNANDA PROHENS POBLETE**

<b>PROFESOR GUIA</b>	<b>CALIFICACIONES</b>
<b>Sr. Rodrigo Fuster G. Ingeniero Agrónomo, Dr.</b>	<b>6,8</b>
<b>PROFESORES EVALUADORES</b>	
<b>Sr. Juan Manuel Uribe M. Ingeniero Agrónomo</b>	<b>6,5</b>
<b>Sr. Oscar Seguel S. Ingeniero Agrónomo, Dr.</b>	<b>6,8</b>

**SANTIAGO, CHILE  
2014**

## AGRADECIMIENTOS

Estoy profundamente agradecida de la vida por llevarme a Antumapu. Mi paso por la facultad me marco en muchos aspectos. Me forme como profesional en una carrera que me sorprendió por la infinidad de posibilidades de desarrollo que ofrece y que, aunque suene un poco soberbio, siento que nos permite ser un aporte para un mundo mejor... En este camino me acompañó gente maravillosa: amigos y profesores, y lo más importante, es que conocí a mi compañero de vida con quien forme mi familia.

Llegar hasta acá no fue fácil. Es tremendamente gratificante cerrar un ciclo, que no hubiese sido posible sin el aliento, apoyo y entusiasmo de Rodrigo, Amanda y Mariana, mi razón de vida; mis padres, Oscar y Lenka; mis hermanos; mis abuelos; mis suegros y cuñados; mi equipo de UCHILECREA; y especialmente de Rodrigo y Juan Manuel, mis profesores y guías en este proceso, que no me permitieron desistir.

Quiero dedicar esta memoria de menara especial a mis padres, porque sé lo importante que es para ellos. Muchas gracias por todo su amor e incondicionalidad.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>13</b>
Objetivos Específicos.....	13
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
Ubicación y caracterización del área de estudio .....	14
Materiales.....	17
Metodología .....	17
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>22</b>
Catastro de proyectos .....	22
Distribución general de proyectos en la cuenca del Río Copiapó.....	22
Distribución de proyectos según su propósito. ....	25
Distribución de proyectos según Actividad Económica. ....	32
Distribución de proyectos según Tipo de Iniciativa.....	39
Análisis de la evolución temporal de los proyectos desarrollados en la cuenca del Río Copiapó .....	46
Propuesta de nichos de inversión pública para enfrentar la escasez hídrica de la cuenca del Río Copiapó .....	48
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>54</b>
<b>APÉNDICE</b> .....	<b>56</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Formato de cuadro de clasificación de cada proyecto por propósito.....	18
<b>Cuadro 2.</b> Formato de clasificación de cada proyecto por actividad económica asociado	18
<b>Cuadro 3.</b> Formato de clasificación de cada proyecto por tipo de iniciativa.....	19
<b>Cuadro 4.</b> Formato de clasificación por propósito y sector de la cuenca.....	19
<b>Cuadro 5.</b> Formato de clasificación por actividad económica y sector de la cuenca.....	19
<b>Cuadro 6.</b> Formato de clasificación por tipo de iniciativa y sector de la cuenca.....	20
<b>Cuadro 7.</b> Resumen de intervenciones totales por sector de la cuenca.....	22
<b>Cuadro 8.</b> Cantidad de intervenciones por Propósito y sector de la cuenca.....	26
<b>Cuadro 9.</b> Frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Propósito.....	26
<b>Cuadro 10.</b> Rangos de intervenciones de la frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Propósito.....	26
<b>Cuadro 11.</b> Frecuencia relativa por Propósito.....	29
<b>Cuadro 12.</b> Rangos de intervenciones de la frecuencia relativa por Propósito.....	29
<b>Cuadro 13.</b> Cantidad de intervenciones por Actividad Económica y sector de la cuenca.....	33
<b>Cuadro 14.</b> Frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Actividad Económica.....	33
<b>Cuadro 15.</b> Rangos de intervenciones de la frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Actividad Económica.....	33
<b>Cuadro 18.</b> Frecuencia relativa por Actividad Económica.....	36
<b>Cuadro 19.</b> Rangos de la frecuencia relativa de intervenciones por Actividad Económica.....	36
<b>Cuadro 20.</b> Cantidad de proyectos por Tipo de Iniciativa y sector de la cuenca.....	40
<b>Cuadro 21.</b> Frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Tipo de Iniciativa.....	40
<b>Cuadro 22.</b> Rangos de intervenciones de la frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Tipo de Iniciativa.....	40
<b>Cuadro 23.</b> Frecuencia relativa de la intervención por Tipo de Iniciativa .....	43
<b>Cuadro 24.</b> Rangos de intervenciones de la frecuencia relativa por Tipo de Iniciativa....	43
<b>Cuadro 25.</b> Resumen de intervenciones por sector de la cuenca ( $\rho X_i$ ).....	48

**Cuadro 26.** Resumen de intervenciones por criterios ( $\rho Y_j$ )..... 49

**Cuadro 27.** Propuesta de nichos de inversión pública para la cuenca del Río Copiapó.... 50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del área de estudio.....	16
<b>Figura 2.</b> Frecuencia de intervenciones por sector de la cuenca del Río Copiapó.....	23
<b>Figura 3.</b> Distribución espacial de la frecuencia de intervenciones por sector de la cuenca del Río Copiapó.....	24
<b>Figura 4.</b> Distribución de proyectos según su propósito.....	25
<b>Figura 5.</b> Frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Propósito ( $\rho X_i$ ).....	27
<b>Figura 6.</b> Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Propósito ( $\rho X_i$ ).....	28
<b>Figura 7.</b> Frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Propósito ( $\rho Y_j$ ).....	30
<b>Figura 8.</b> Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Propósito ( $\rho Y_j$ ).....	31
<b>Figura 9.</b> Distribución de proyectos según la Actividad Económica asociada.....	32
<b>Figura 10.</b> Frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Actividad Económica ( $\rho X_i$ ).....	34
<b>Figura 11.</b> Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Actividad Económica ( $\rho X_i$ ).....	35
<b>Figura 12.</b> Frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Actividad Económica ( $\rho Y_j$ ).....	37
<b>Figura 13.</b> Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Actividad Económica ( $\rho Y_j$ ).....	38
<b>Figura 14.</b> Distribución de proyectos según el Tipo de Iniciativa.....	39
<b>Figura 15.</b> Frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho X_i$ ).....	41
<b>Figura 16.</b> Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho X_i$ ).....	42
<b>Figura 17.</b> Frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho Y_j$ ).....	44
<b>Figura 18.</b> Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho Y_j$ ).....	45
<b>Figura 19.</b> Tasa anual de proyectos iniciados según el criterio de propósito.....	46

<b>Figura 20.</b> Tasa anual de proyectos iniciados según el Criterio de Actividad Económica.....	47
<b>Figura 21.</b> Tasa anual de proyectos iniciados según el Criterio de Tipo de Iniciativa...	47

## RESUMEN

La Región de Atacama, ubicada en la zona norte de Chile, tiene una condición natural de aridez. En esta Región se localiza la cuenca del Río Copiapó, que presenta una situación crítica en la disponibilidad de agua donde el otorgamiento de Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) ha superado la oferta del recurso, existe un importante crecimiento económico y poblacional y extensos periodos de escasez de precipitaciones.

Bajo este escenario, se han desarrollado múltiples proyectos de inversión pública que buscan diagnosticar, proyectar y/o mitigar la situación de la cuenca. Sin embargo es necesario determinar aquellos nichos que permitirían avanzar y enfrentar la escasez hídrica generando una estrategia integral para la cuenca, ya que actualmente no existe un organismo que cumpla con este rol activamente.

Una primera etapa corresponde a la elaboración de un catastro de aquellos proyectos ejecutados o en ejecución en la cuenca del Río Copiapó, ligados a la escasez hídrica, durante el periodo 2005-2012 y que han sido financiados en parte o en su totalidad con recursos públicos.

La síntesis de la información de cada proyecto y su organización permite definir como criterios de relevancia para el análisis: el propósito, el tipo de iniciativa y el sector económico relacionado, los cuales, junto con el área de influencia en la cuenca permiten visualizar dónde y que intervenciones se han realizado, considerando que un proyecto puede impactar en más de un sector de la cuenca.

El análisis considera la evaluación de dos índices que establecen los rangos de intervención para cada criterio y que son representados espacialmente en coberturas que muestran su distribución por sub-cuenca.

Lo anterior, permite identificar aquellas áreas que poseen una mínima o nula intervención y/o aquellas que deben ser reforzadas, tanto como sectores de la cuenca y como criterios de proyectos, definiendo una propuesta de nichos de inversión a corto, mediano y largo plazo.

**Palabras clave:** gestión hídrica, uso de agua, Región de Atacama

## ABSTRACT

The Region of Atacama, located in northern Chile, has a natural condition of aridity. In this Region is situated the Copiapó River basin, it has a critical situation where the granting of Water Use Rights has exceeded the supply of the resource, there is an increasing economic activity and population growth and long periods of shortages rainfall.

Under this scenario, we have developed many public investment projects seeking to diagnose, plan or mitigate the situation of the basin. However it is necessary to identify those niches that would advance and face water scarcity generating a comprehensive strategy for the basin, as currently there is no body that meets this active role.

The first stage is the preparation of an inventory of projects completed or under way in the Copiapo River, linked to water scarcity during the period 2005-2012 and that have been funded in whole or in part with public funds .

The synthesis of information from each project and your organization to define relevance as criteria for analysis: the purpose, the type of initiative and related industry, which, along with the area of influence in the basin to visualize where and interventions that have been made, considering that a project can impact more than one sector of the basin.

The analysis considers the evaluation of two indices that provide intervention ranges for each criterion and are spatially represented in coverage showing distribution by sub - basin.

This allows identifying those areas that have little or no intervention or those who need to be strengthened, as well as parts of the basin and projects as criteria for defining a proposed investment niches in the short, medium and long term.

**Keywords:** Water management, water use, Atacama Region

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso clave para el desarrollo sostenible del planeta. Así lo ratifica la Declaración de Budapest de la Cumbre del Agua (ONU, 2013), que señala a este recurso como fundamental para el desarrollo futuro de la humanidad y para salvaguardar la vida en la Tierra.

Chile cuenta con una situación privilegiada al contar con una de las mayores reservas de agua dulce a nivel mundial (campos de hielo y glaciares). Sin embargo, estas se encuentran irregularmente distribuidas en el territorio nacional, a causa de las diversas condiciones físicas y climáticas (Larraín, 2006). Según lo señalado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2010), el 58% de la superficie de Chile se encuentra clasificado como una zona árida considerando su régimen hídrico.

Es en esa zona donde se localiza la totalidad de la superficie de la Región de Atacama, presentando al menos nueve meses secos. La cuenca del Río Copiapó, ubicada al centro de la Región, presenta una situación crítica, donde su condición natural se ve presionada debido a que se han otorgado más Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) que la oferta de agua que existe (Fuster *et al.*, 2009)

Considerando que una cuenca corresponde a un sistema interconectado por el agua, en donde cualquier uso del recurso afecta necesariamente a otros usuarios o al medio ambiente (CONAMA-DGA, 2009), el crecimiento de la actividad minera, la expansión de la agricultura y el aumento de la población han llevado a que en marzo de 2012 la zona intermedia y baja de la cuenca del Río Copiapó fuese declarada como “Zona de escasez hídrica” por segunda vez consecutiva por el Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2012). Esta medida se fundamentó principalmente en la falta de agua disponible para consumo de la población y riego de cultivos agrícolas, evidenciado en un abrupto descenso del nivel freático en los pozos.

Dourojeanni (2009), indica que lo más complejo para lograr la compatibilización y coordinación de intervenciones en una cuenca es el gran número de decisiones y acciones, que realiza el ser humano, que pueden afectar la cuenca y su agua, y que se tornan caóticas en el caso de no disponer de organismos a cargo de su gestión. Un diagnóstico realizado por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL, 2013), señala que en los países de la Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR), entre los que se encuentra Chile, la organización de sistemas para la gestión de cuencas es débil o está ausente y existe una imposibilidad para establecer instituciones capaces de gestionar los temas del agua en condiciones de creciente escasez y conflicto.

Con estos antecedentes, se define que la cuenca del Río Copiapó presenta una alta vulnerabilidad determinada por:

- Estrés hídrico asociado a la escasez de precipitaciones.

- Aumento de la población y de la superficie agrícola, lo que determina un aumento en la demanda del recurso.
- Derechos de Aprovechamiento de Aguas otorgados por sobre la capacidad de recarga.
- Inexistencia de un organismo que gestione el recurso.

Ante esta situación, se han destinado una cantidad importante de recursos públicos a proyectos que buscan diagnosticar, proyectar y mitigar la situación de la cuenca. Sin embargo no existe una institución que lidere o coordine las distintas iniciativas por lo que no hay claridad respecto de donde se han focalizado los esfuerzos o donde y para qué es necesario destinar nuevas acciones, siendo necesario agrupar y analizar la cartera de proyectos ya realizados con el objetivo de conocer los ámbitos abordados por estos proyectos y detectar aquellas áreas y aspectos que no han sido objeto de estudio y que podrían ser reforzadas en el futuro, es así que existe una gran oportunidad de abordar el desafío existente, considerando que en los últimos años los niveles de comprensión de la problemática de escasez hídrica han aumentado en la población (Trefry *et al*, 2012).

Bajo este escenario se realiza esta memoria, que analiza los proyectos ejecutados y en ejecución, relacionados a los recursos hídricos de la cuenca del río Copiapó.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una propuesta de nichos de inversión pública para enfrentar la escasez hídrica en la cuenca del Río Copiapó, Región de Atacama

### **Objetivos Específicos**

1. Elaborar un catastro de proyectos ejecutados o en ejecución en la cuenca del Río Copiapó desde el año 2005 ligados a la escasez hídrica de la zona.
2. Analizar el grado de intervención en la cuenca del conjunto de proyectos según distintos criterios de clasificación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación y caracterización del área de estudio

El área de estudio abarca la cuenca del Río Copiapó, ubicada en la Provincia de Copiapó en la Región de Atacama. Esta cuenca cuenta con una superficie aproximada de 18.400 km<sup>2</sup> y se localiza entre las UTM 7.020.000 y 6.830.000 N y las UTM 308.000 y 492.000 E (Datum Sudamérica 1956). Su ubicación es la zona media de la Región de Atacama, y pertenece administrativamente a la Provincia de Copiapó, abarcando 3 comunas: Caldera, Copiapó y Tierra Amarilla, en sentido poniente-oriente. Corresponde a la primera cuenca exorreica de la zona norte y da inicio a los valles transversales, por lo que se caracteriza por presentar relieves estrechos, con cuencas desarrolladas entre las serranías precordilleranas y los relieves costeros (Figura 1).

El Río Copiapó es de régimen mixto, con un caudal promedio de 2,4 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (estación La Puerta), y su río principal nace de la unión de los Ríos Jorquera, Pulido y Manflas. En algunos sectores de la cuenca, los cauces superficiales desaparecen total o parcialmente, mientras que la mayoría de los afluentes secundarios solo presentan agua cuando se producen precipitaciones.

La existencia de aguas subterráneas en la cuenca está ligada a infiltraciones desde los cauces superficiales, sobre todo en la parte media del valle. La oferta del acuífero de Copiapó ha presentado variaciones en torno al valor de referencia establecido el año 1974. Según estimaciones de la Dirección General de Aguas, el año 1987 la oferta alcanzó los 4 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> mientras que actualmente esta no sobrepasa los 2 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (DICTUC, 2010)

Según la DGA (CONAMA-DGA, 2009), en el Valle de Copiapó se encuentran aprobados DAA equivalentes a 2.532 L s<sup>-1</sup> de aguas superficiales y 17.754 L s<sup>-1</sup> de aguas subterráneas. Estos derechos son entendidos como la demanda legal, la que se diferencia de disponibilidad física, que equivale a la disponibilidad real del recurso.

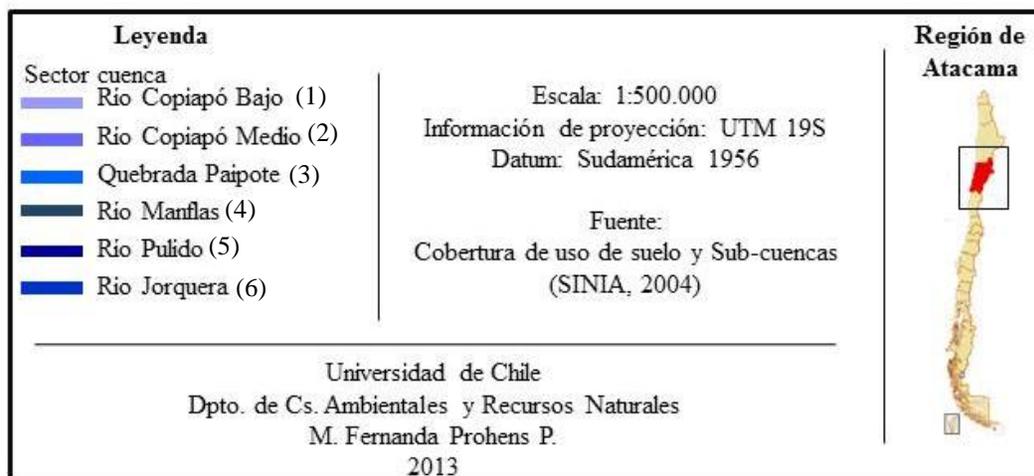
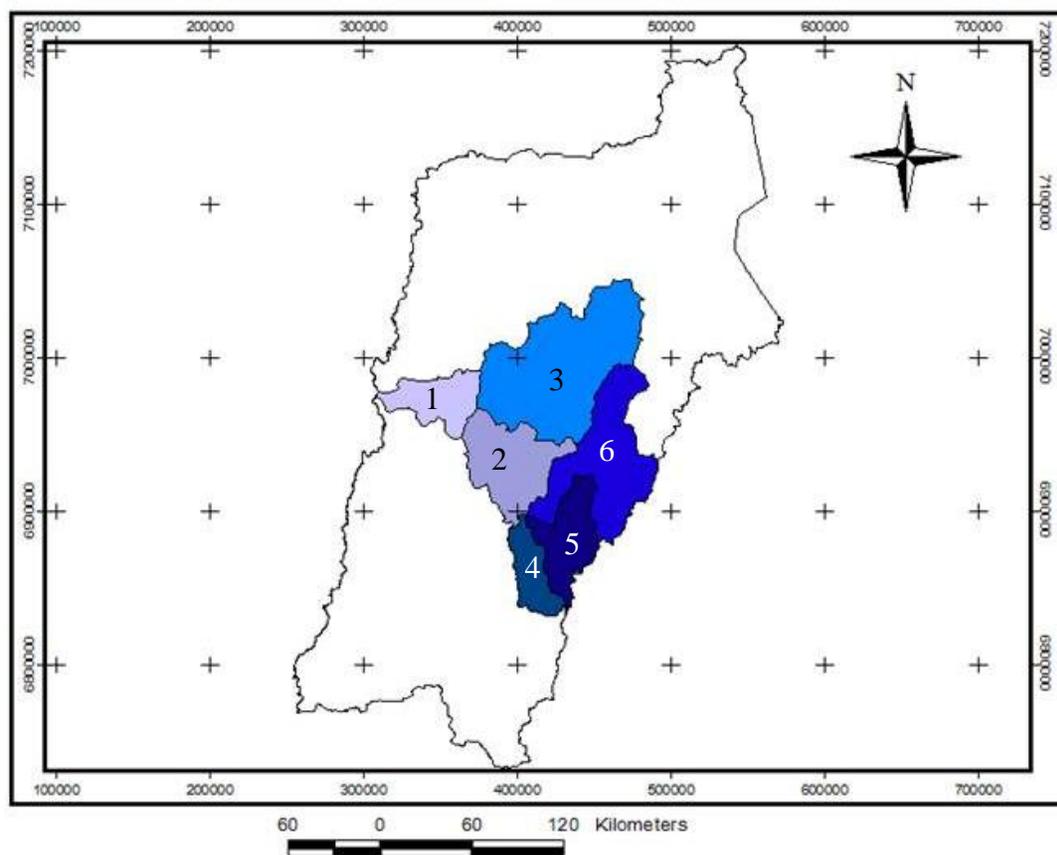
Cuando la disponibilidad física es menor a la demanda correspondiente a los derechos legales, se habla de una sobreexplotación del recurso. En un estudio de Golder Associates (2006) se estima que el volumen extraído del acuífero sobrepasa 4,7 veces el volumen de aprovechamiento sustentable. Una de las primeras evidencias de esta situación es la resolución de la DGA N° 193 del 27 de marzo de 1993, donde se declara zona de prohibición para nuevas exploraciones de agua subterránea en la cuenca del Río Copiapó, debido a la existencia de derechos otorgados por cinco veces la recarga del acuífero. Esta resolución fue modificada al año siguiente a través de la Resolución DGA N° 232 del 07 de junio de 1994, en que la restricción excluyó la zona de recarga de las quebradas laterales afluentes al río Copiapó en su tramo superior, lo que permitió un pick de otorgamiento el año 1996 por 1.741 L s<sup>-1</sup> (DGA, 2012).

Las actividades económicas de mayor relevancia en el Valle de Copiapó son la minería de cobre y oro, y la agricultura, con parronales de uva de exportación y huertos de olivo. Ambas actividades requieren de agua para su desarrollo, representando junto con el abastecimiento de agua potable de la población, la mayor demanda hacia el recurso.

Para realizar el análisis espacial de la cuenca, se ha considerado la subdivisión en sub cuencas, identificando seis sub cuencas principales (Figura 1):

- Río Copiapó Bajo
- Río Copiapó Medio
- Quebrada de Paipote
- Río Manflas
- Río Pulido
- Río Jorquera

Se considera el análisis a este nivel ya que a las sub-cuencas de los principales cauces se asocia la vulnerabilidad del acuífero de los distintos sectores (1 al 6) descritos por Golder Associates en su estudio del año 2006 y corresponden a la tipificación utilizada por la mayoría de los proyectos desarrollados en la zona.



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio

## **Materiales**

- Software de Sistema de Información Geográfica

## **Metodología**

### **Catastro de proyectos**

Se realizó una recopilación bibliográfica para identificar aquellos proyectos ejecutados o en ejecución en el período 2005-2012 cuyo objetivo esté vinculado a la cantidad, condición y uso del agua en la zona de estudio.

La revisión se basó en aquellos proyectos financiados con fondos públicos de instituciones que se ajustan a la Ley N° 27.806 de “Transparencia y Acceso a la Información Pública”, como el Ministerio de Obras Públicas (MOP), Ministerio de Agricultura (MINAGRI), Ministerio de Minería, Ministerio de Educación (MINEDUC), Ministerio de Economía y el Gobierno Regional de Atacama, incluyendo aquellos organismos dependientes de estas como: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Fundación para la Innovación Agraria (FIA), etc.

El total de proyectos registrados y su información fue organizada en fichas identificando:

- Nombre del proyecto
- Institución ejecutora o responsable
- Fuente de financiamiento
- Objetivo del proyecto
- Fecha de inicio
- Fecha de término
- Área de intervención en la cuenca
- Propósito
- Actividad económica involucrada
- Tipo de iniciativa

El propósito del proyecto se refiere al efecto sobre el recurso hídrico que tendrá la ejecución de este. Es así como el propósito puede ser sobre:

- Oferta del recurso: disponibilidad de agua
- Demanda del recurso: hábitos y formas de consumo de los usuarios
- Gestión del recurso: administración del agua en la cuenca
- Diagnóstico del recurso: situación actual o futura del recurso

Para la clasificación por actividad económica son consideradas aquellas que cuentan con mayor proporción de DAA otorgados:

- Agricultura: principal usuario
- Minería: segundo usuario
- Servicios Sanitarios: tercer usuario
- Industria: cuarto usuario
- Transversal: considera aquellos proyectos que impactan en todos los sectores económicos.

La clasificación por tipo de iniciativa considera que los proyectos pueden ser de:

- Investigación y desarrollo tecnológico: generan nuevos conocimientos o productos
- Transferencia tecnológica: ponen a disposición de otros el conocimiento o un producto
- Diagnóstico: identifican la condición actual o futura del recurso
- Infraestructura: evalúan, diseñan o ejecutan obras

### Síntesis de los datos

Una vez estructurados los datos de cada proyecto, se definieron como criterios de relevancia para el análisis: el propósito, el tipo de iniciativa y el sector económico relacionado, los cuales, junto con el área de influencia en la cuenca permiten visualizar dónde y que intervenciones se han realizado.

Los proyectos son clasificados en matrices según estos criterios:

- Propósito. Indicando si el proyecto busca mejorar la oferta, intervenir a nivel de la demanda, etc (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Formato de cuadro de clasificación de cada proyecto por propósito.

Proyecto	Propósito			
	Oferta	Demanda	Diagnóstico	Gestión
Proyecto1				
....				
Proyecto N				
<b>TOTAL</b>				

- Actividad económica. Identificando si el proyecto involucra a todos las actividades económicas o a una actividad específica como minería, agricultura, servicios sanitarios, etc (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Formato de clasificación de cada proyecto por actividad económica asociado.

Proyecto	Actividad económica				
	Transversal	Minería	Agricultura	Servicios Sanitarios	Industria
Proyecto1					
....					
Proyecto N					
<b>TOTAL</b>					

- Tipo de iniciativa. Identificando si el proyecto es de investigación y desarrollo, transferencia tecnológica, diagnóstico, etc (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Formato de clasificación de cada proyecto por tipo de iniciativa.

Proyecto	Tipo				
	Investigación y desarrollo	Transferencia tecnológica	Diagnóstico	Infraestructura	Investigación y desarrollo. Transferencia tecnológica
Proyecto1					
....					
Proyecto N					
<b>TOTAL</b>					

Una vez definida la cantidad de proyectos para cada criterio, estos son organizados según su área de intervención en la cuenca. Un proyecto puede intervenir en más de un sector de la cuenca.

- Según propósito y zona de intervención: Como se indica en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Formato de clasificación por propósito y sector de la cuenca.

Propósito	Área de intervención (cantidad de proyectos)					
	Río Copiapó bajo	Río Copiapó medio	Quebrada de Paipote	Río Manflas	Río Pulido	Río Jorquera
Oferta del recurso						
Demanda del recurso						
Diagnóstico del recurso						
Gestión del recurso						
<b>TOTAL</b>						

- Según actividad económica y zona de intervención: Como se indica en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Formato de clasificación por actividad económica y sector de la cuenca.

Actividad económica	Área de intervención (cantidad de proyectos)					
	Río Copiapó bajo	Río Copiapó medio	Quebrada de Paipote	Río Manflas	Río Pulido	Río Jorquera
Agricultura						
Minería						
Servicios Sanitarios						
Industria						
Transversal						
<b>TOTAL</b>						

- Según tipo de proyecto y zona de intervención: Como se indica en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Formato de clasificación por tipo de iniciativa y sector de la cuenca.

Tipo	Área de intervención (cantidad de proyectos)					
	Río Copiapó bajo	Río Copiapó medio	Quebrada de Paipote	Río Manflas	Río Pulido	Río Jorquera
Investigación y desarrollo						
Transferencia tecnológica						
Diagnóstico						
Infraestructura						
I+D y TT						
<b>TOTAL</b>						

### Análisis

Se analizó la distribución espacial de los proyectos como intervenciones en la cuenca según los distintos criterios definidos, considerando dos índices:

- Análisis de intervenciones por sector de la cuenca (sub-cuenca)

Este análisis se basa en estadística descriptiva, generando un índice que representa la frecuencia relativa como el coeficiente entre la cantidad de intervenciones por sector (sub-cuenca) bajo un mismo criterio y el total de intervenciones en este sector.

$$fX_i = \frac{\text{n}^\circ \text{ intervenciones sector } X_i \text{ criterio } Y_j}{\text{n}^\circ \text{ total intervenciones sector } X_i} * 100$$

Donde:

X<sub>i</sub>: Sector de la cuenca

i: Sub-cuenca

Y<sub>j</sub>: Criterio

j: Clasificación del criterio

Ejemplo:

$$f_{\text{Copiapó Bajo}} = \frac{\text{n}^\circ \text{ intervenciones sector Copiapó Bajo , criterio Oferta del Recurso}}{\text{n}^\circ \text{ total intervenciones sector Copiapó Bajo}} * 100$$

- Análisis de intervenciones por criterios

Este análisis se basa en estadística descriptiva, generando un índice que representa la frecuencia relativa como el coeficiente entre la cantidad de intervenciones para sector (sub-cuenca) bajo un mismo criterio y el total de intervenciones para este criterio.

$$fY_j = \frac{\text{n}^\circ \text{ intervenciones sector } X_i \text{ criterio } Y_j}{\text{n}^\circ \text{ total intervenciones criterio } Y_j} * 100$$

Donde:

X<sub>i</sub>: Sector de la cuenca

Y<sub>j</sub>: Criterio

Ejemplo:

$$f_{\text{Oferta del Recurso}} = \frac{\text{n}^\circ \text{ intervenciones sector Copiapó Bajo, criterio Oferta del Recurso}}{\text{n}^\circ \text{ total intervenciones criterio Oferta del Recurso}} * 100$$

Para ambos casos se establecen rangos de intervención según tres intervalos definidos en función del valor máximo de la frecuencia relativa de intervenciones para cada caso:

- Alta intervención (A)

$$A_i = [\text{Max } fX_i * 2/3, \text{Max } fX_i]$$

$$A_j = [\text{Max } fY_j * 2/3, \text{Max } fY_j]$$

- Media intervención (M)

$$M_i = [\text{Max } fX_i * 1/3, \text{Max } fX_i * 2/3[$$

$$M_j = [\text{Max } fY_j * 1/3, \text{Max } fY_j * 2/3[$$

- Baja intervención (B)

$$B_i = [0, \text{Max } fX_i * 1/3[$$

$$B_j = [0, \text{Max } fY_j * 1/3[$$

Donde:

fX<sub>i</sub>: Frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca

fY<sub>j</sub>: Frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca Criterio

Max: Valor máximo

### **Representación espacial**

Considerando los rangos establecidos, se dio origen a coberturas que representen la distribución de los proyectos en la cuenca, mostrando espacialmente la frecuencia de intervenciones para ambos índices. La escala de trabajo se definió en función de las coberturas utilizadas para el análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Catastro de proyectos

Se identificaron un total de 34 proyectos cuya ejecución corresponde al periodo 2005-2012. Todos los datos sobre las características relevantes para el estudio se presentan en el Apéndice 1.

#### Distribución general de proyectos en la cuenca del Río Copiapó

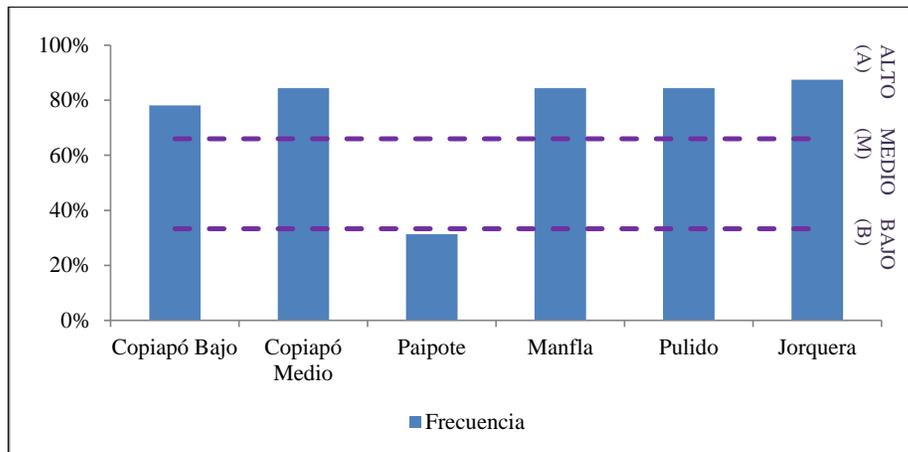
Del catastro de proyectos se desprende como primer indicador de interés la frecuencia de intervenciones por sector de la cuenca del Río Copiapó. Es necesario señalar que del total de 34 proyectos, 28 intervienen en más de una sub cuenca, por lo cual el número de intervenciones en estas es mayor al número de proyectos. La representación espacial posee una escala 1:500.000 considerando la fuente de las coberturas utilizadas, lo que permite un análisis regional.

Al evaluar el número total de intervenciones en un sector de la cuenta en relación al número total de proyectos desarrollados en la cuenca del Río Copiapó se tiene que, salvo en el caso de la sub-cuenca de Paipote, que presenta un frecuencia baja de intervenciones, las seis sub-cuencas restantes cuentan con alto nivel de intervención (Cuadro 7, Figura 2)

**Cuadro 7.** Resumen de intervenciones totales por sector de la cuenca

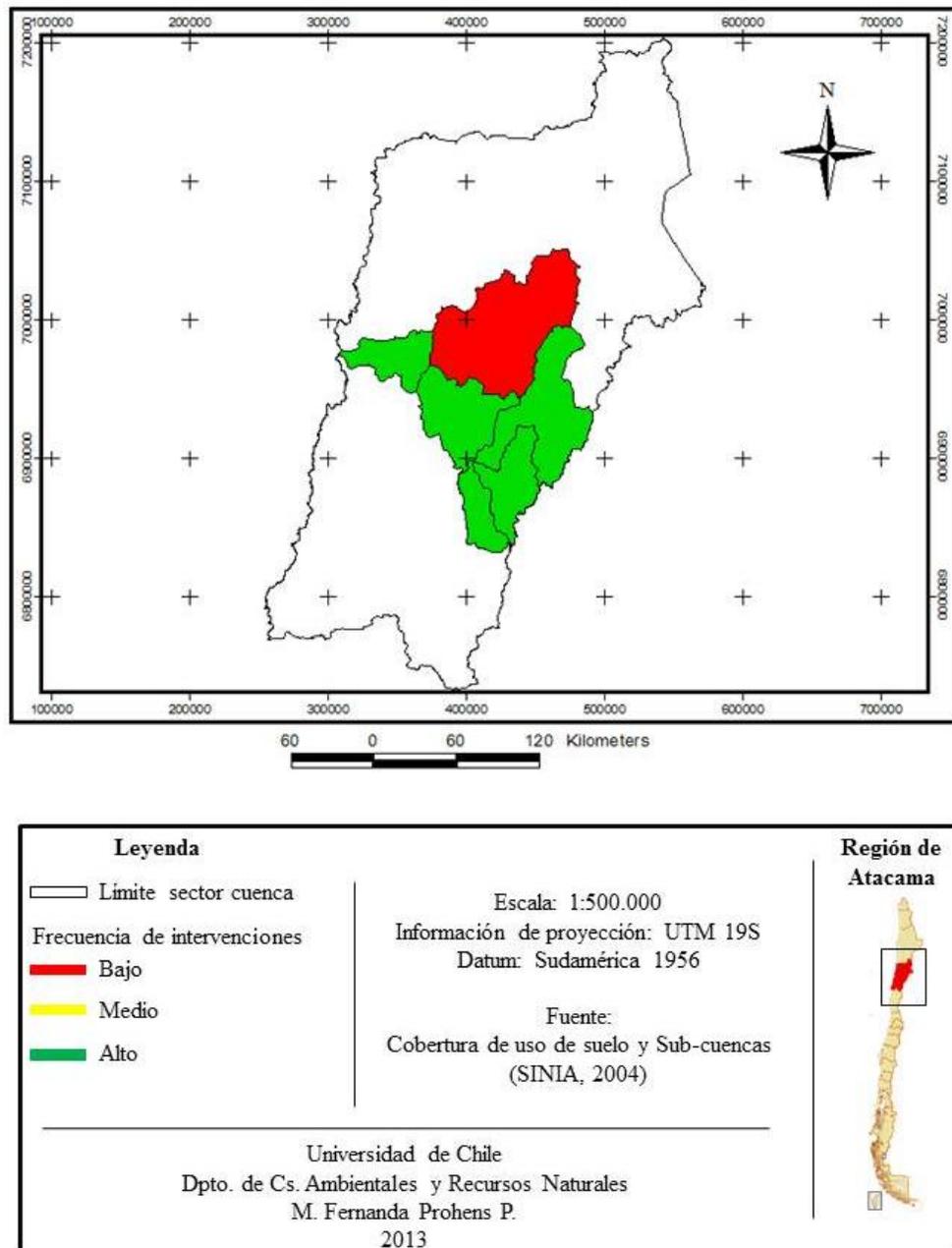
	Área de intervención					
	Río Copiapó bajo	Río Copiapó medio	Quebrada de Paipote	Río Manflas	Río Pulido	Río Jorquera
Cantidad de intervenciones	25	27	10	27	27	28
Frecuencia	73,53%	79,41%	29,41%	79,41%	79,41%	82,35%
Rangos de intervención *	A	A	B	A	A	A

\* Valor máximo 100%. El análisis es en relación al total de proyectos.



**Figura 2.** Frecuencia de intervenciones por sector de la cuenca del Río Copiapó

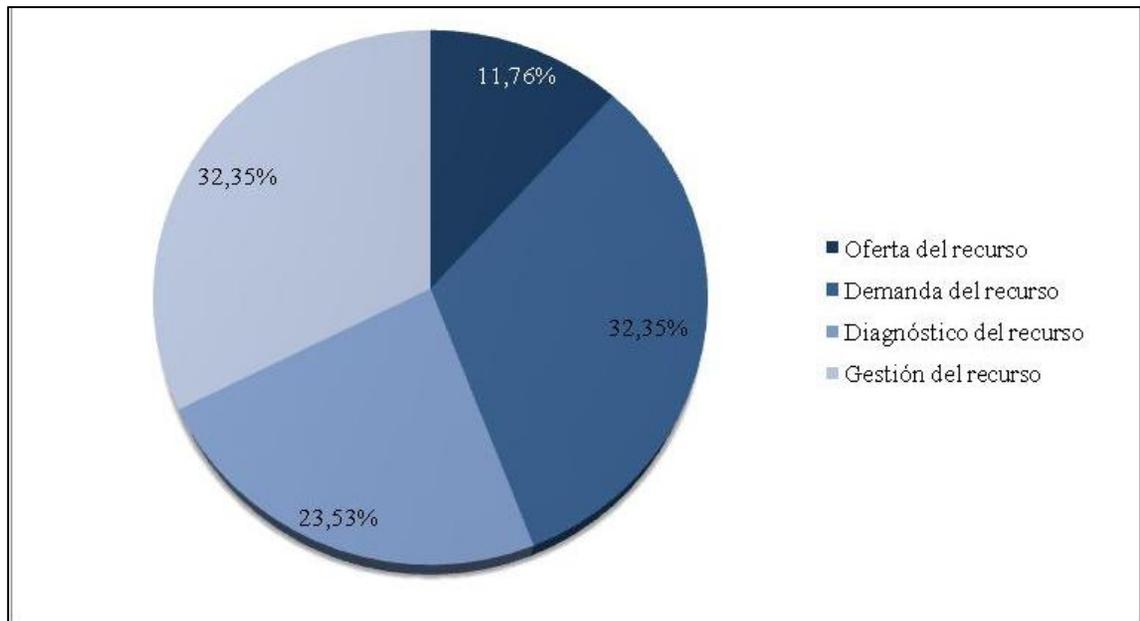
Esto se atribuye a que la sub-cuenca de Paipote no presenta flujo de agua permanente en el cauce superficial ni alta densidad poblacional, mientras que el resto de las sub-cuencas corresponden a los afluentes del Río Copiapó y su curso principal, las que cuentan con la mayor población de la cuenca, es donde se desarrolla la agricultura y concentra casi la totalidad de los pozos de extracción de aguas subterráneas. En la figura 3 se puede observar la representación espacial de este análisis.



**Figura 3.** Distribución espacial de la frecuencia de intervenciones por sector de la cuenca del Río Copiapó.

### Distribución de proyectos según su propósito.

El Propósito se asocia al impacto que tendrán los distintos proyectos sobre el recurso. De los 34 proyectos identificados en el período de estudio en la cuenca del Río Copiapó, la mayor frecuencia corresponde a un 32,35% de proyectos que impactan sobre la Demanda del Recurso, apuntando a un mejor uso de éste, y un 32,35% de proyectos que impactan sobre la Gestión del Recurso, mientras que la menor frecuencia correspondiente a un 11,76% de proyectos que impactan sobre la Oferta del Recurso, buscando incrementar la cantidad de agua disponible (Figura 4).



**Figura 4.** Distribución de proyectos según su propósito.

Esta distribución puede explicarse porque ante la condición de escasez de agua y la relevancia de este recurso para el óptimo desarrollo de los procesos productivos de las principales actividades económicas de la cuenca (minería y agricultura) surge la necesidad de invertir en proyectos que permitan mejorar la eficiencia del uso de agua (demanda), incrementando el número de unidades productivas por volumen de agua (toneladas de mineral, kilos de fruta u hortalizas, etc. por metro cúbico de agua disponible) además de aquellos que mejoran la administración del recurso. Esto es interesante en cuanto apunta a propósitos que dependen de los usuarios y que denota que el agua no se ha usado con la máxima eficiencia que se podría utilizar. Al mismo tiempo, la Figura 4 representa que casi un cuarto de los esfuerzos realizados se han destinado a mejorar el conocimiento respecto de la situación de los recursos hídricos en la cuenca (diagnóstico), lo que podría dar a entender que este propósito ya ha sido abordado de manera importante por parte de las instituciones del Estado.

El Cuadro 8 resume la distribución de las intervenciones por Propósito y sector de la cuenca.

**Cuadro 8.** Cantidad de intervenciones por Propósito y sector de la cuenca.

Propósito	Área de intervención						TOTAL
	Río Copiapó bajo	Río Copiapó medio	Quebrada de Paipote	Río Manfla	Río Pulido	Río Jorquera	
Oferta del recurso	1	3	0	2	2	2	10
Demanda del recurso	11	9	1	9	9	9	48
Diagnóstico del recurso	4	5	3	6	6	7	31
Gestión del recurso	9	10	6	10	10	10	55
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>10</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>144</b>

Al analizar la distribución de las intervenciones por Criterio de Propósito se puede ver que en general un proyecto interviene en más de un sector de la cuenca.

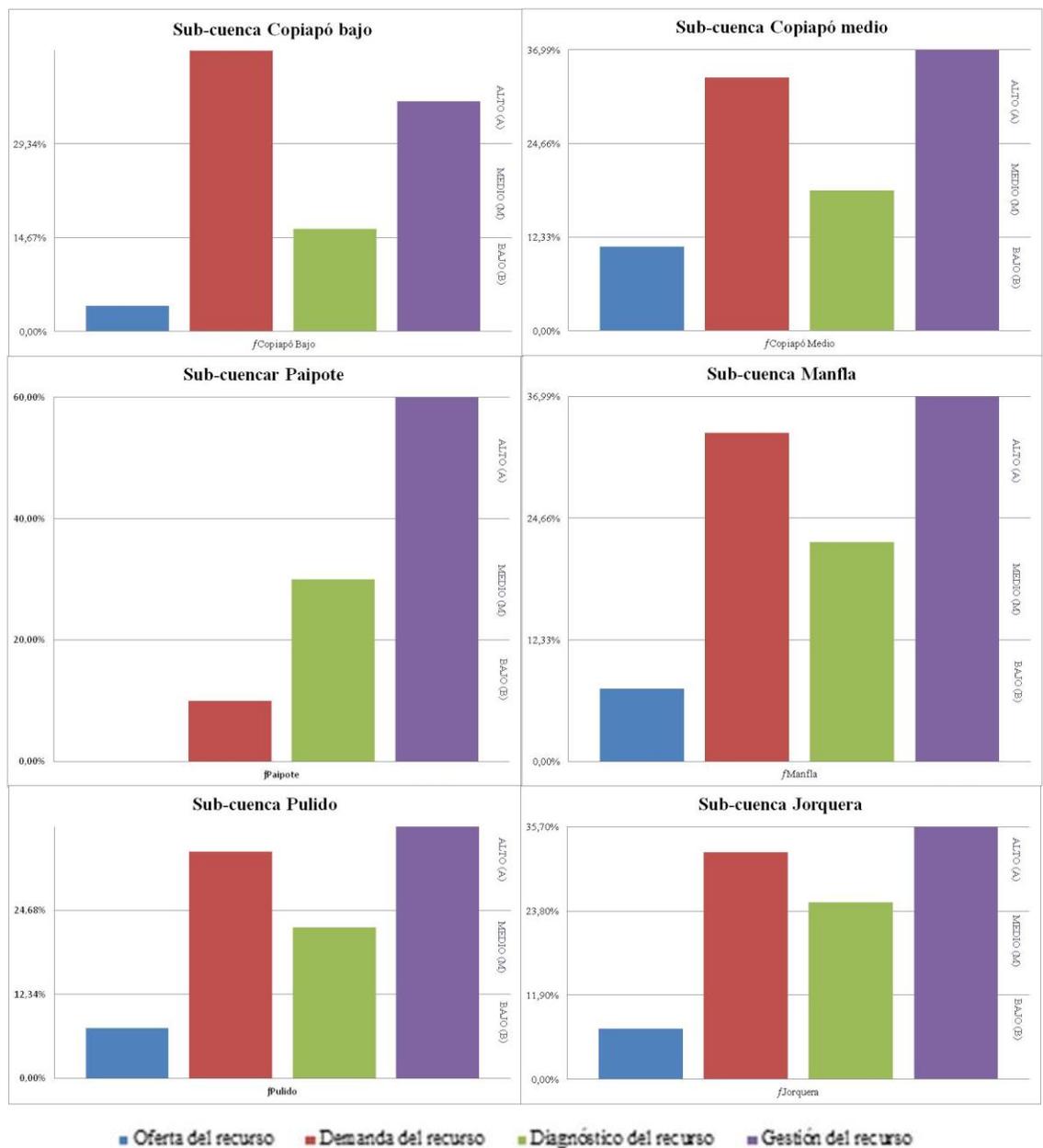
Para la frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca ( $\rho X_i$ ) para el Criterio de Propósito se tienen: los valores (Cuadro 9), los rangos (Cuadro 10), las gráficas (figura 5) y la distribución espacial (Figura 6).

**Cuadro 9.** Frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Propósito.

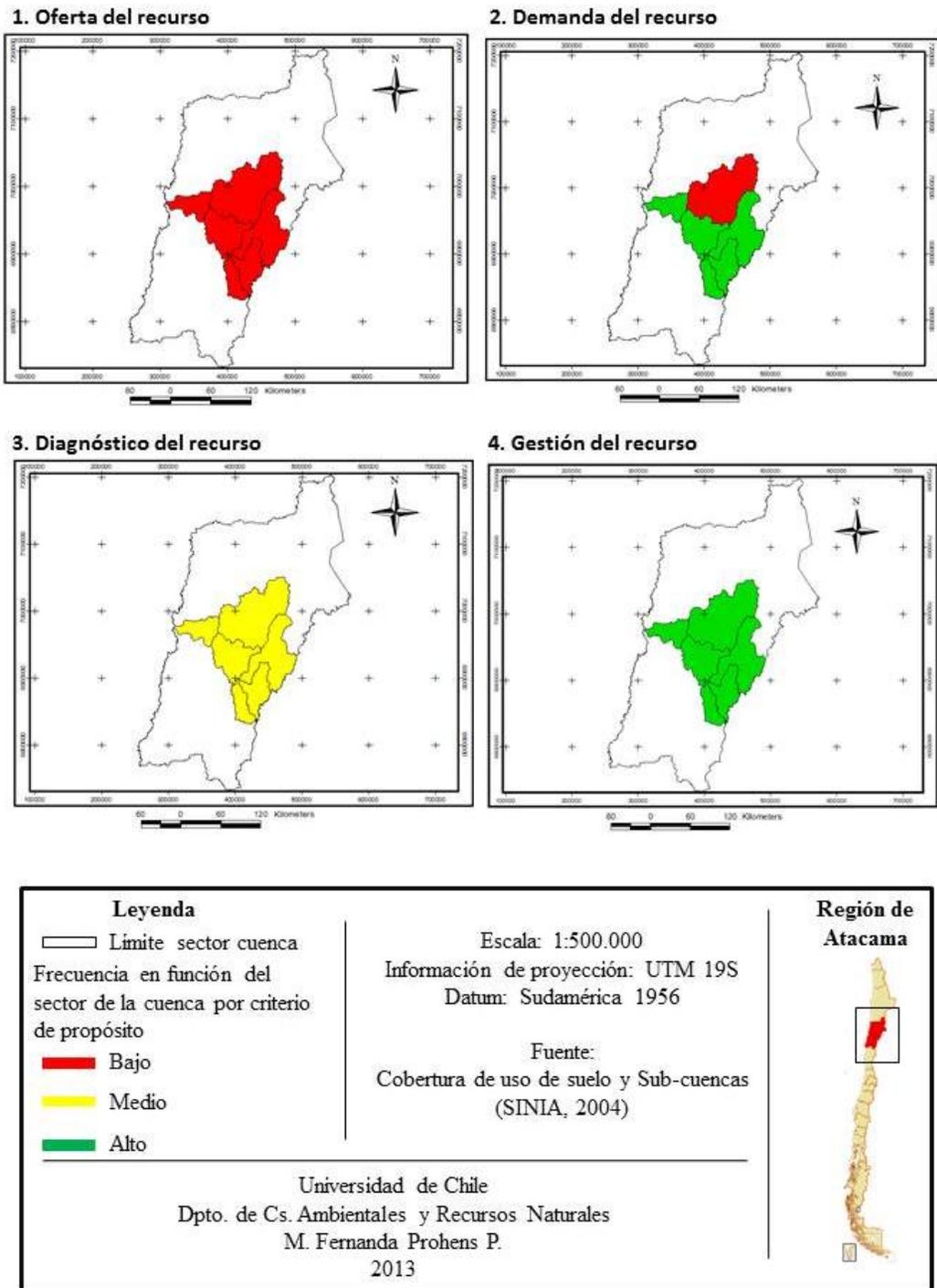
Propósito	Frecuencia relativa por sector de la cuenca ( $f_{Xi}$ )					
	$f_{\text{Copiapó Bajo}}$	$f_{\text{Copiapó Medio}}$	$f_{\text{Paipote}}$	$f_{\text{Manfla}}$	$f_{\text{Pulido}}$	$f_{\text{Jorquera}}$
Oferta del recurso	4,00%	11,11%	0,00%	7,41%	7,41%	7,14%
Demanda del recurso	44,00%	33,33%	10,00%	33,33%	33,33%	32,14%
Diagnóstico del recurso	16,00%	18,52%	30,00%	22,22%	22,22%	25,00%
Gestión del recurso	36,00%	37,04%	60,00%	37,04%	37,04%	35,71%

**Cuadro 10.** Rangos de intervenciones de la frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Propósito.

	Frecuencia relativa por sector de la cuenca ( $f_{Xi}$ )					
	$f_{\text{Copiapó Bajo}}$	$f_{\text{Copiapó Medio}}$	$f_{\text{Paipote}}$	$f_{\text{Manfla}}$	$f_{\text{Pulido}}$	$f_{\text{Jorquera}}$
Máximo	44,00%	37,00%	60,00%	37,00%	37,00%	35,70%
Alto (A)	[29,33% ; 44,00%]	[24,67% ; 37,00%]	[40,00% ; 60,00%]	[24,67% ; 37,00%]	[24,67% ; 37,00%]	[23,80% ; 35,70%]
Medio (M)	[14,67% ; 29,33%]	[12,33% ; 24,67%]	[20,00% ; 40,00%]	[12,33% ; 24,67%]	[12,33% ; 24,67%]	[11,90% ; 23,80%]
Bajo (B)	[0% ; 14,67%]	[0% ; 12,33%]	[0% ; 20,00%]	[0% ; 12,33%]	[0% ; 12,33%]	[0% ; 11,90%]



**Figura 5.** Frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Propósito ( $pX_i$ ).



**Figura 6.** Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Propósito ( $\rho X_i$ ).

El resultado del análisis de frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca ( $\rho X_i$ ) detallado en las Figuras 5 y 6, muestra en cinco de los seis sectores tendencia a que los valores máximos se presentan para el criterio de propósito de Gestión del Recurso (A), seguido de la Demanda (A), de Diagnóstico (M) y finalmente de la Oferta del Recurso (B). Las excepciones son en los sectores de:

- Copiapó bajo, donde las intervenciones cuyo propósito es la Demanda superan aquellas de Gestión del Recurso. Esto puede explicarse a que en esta zona se encuentra operativa la Comunidad de Aguas Subterráneas Copiapó-Piedra Colgada-Desembocadura (CASUB) la cual administra el agua de los usuarios del sector. De esta forma, el énfasis en las inversiones están dadas hacia proyectos que mejoren la eficiencia en el uso del agua, porque el tema de gestión estaría en parte cubierto por la gestión de la CASUB.
- Paipote, donde las intervenciones cuyo Propósito es actuar sobre la Demanda del Recurso son catalogadas como bajas (B), lo cual se explica porque en esta zona existe un número menor de usuarios. En cambio existen valores altos de intervención para el propósito de Gestión del Recurso, lo que se explica porque un 54,5% de estos proyectos consideran todos las sub cuencas, involucrando por ende a Paipote.

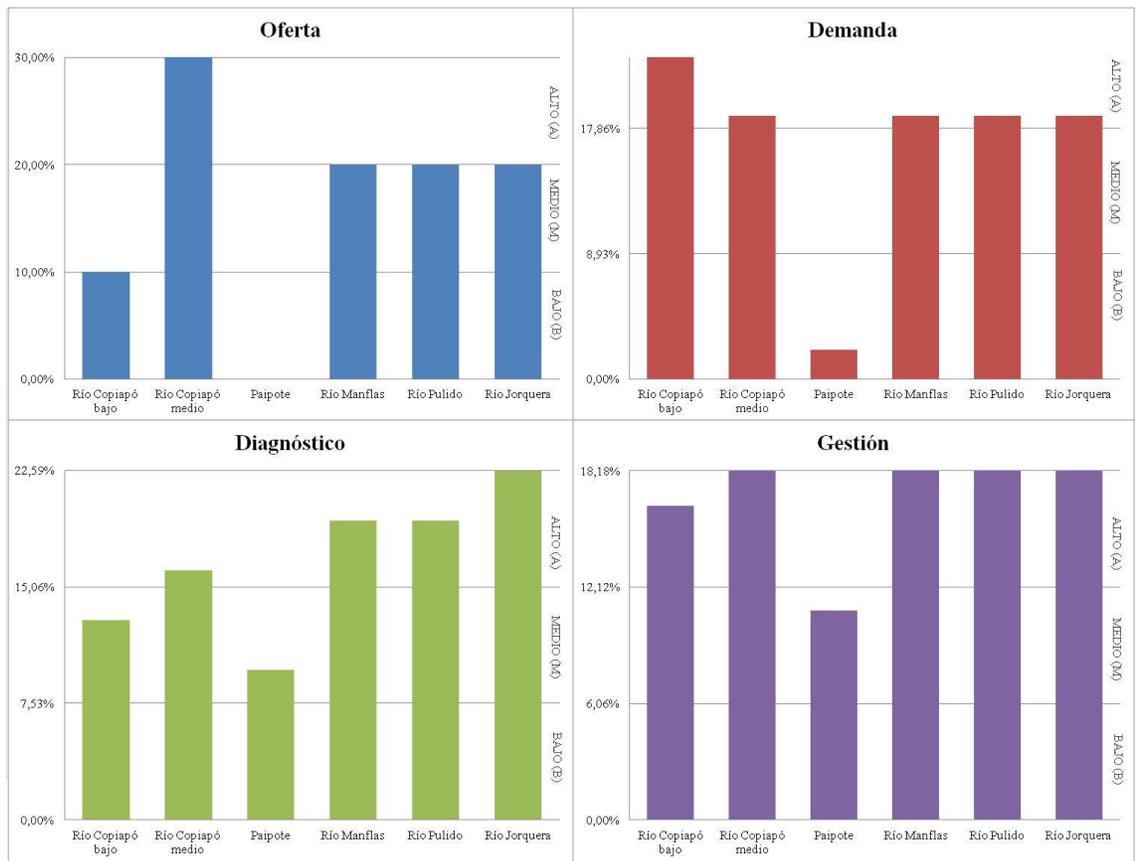
Para la frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Propósito ( $\rho Y_j$ ) se tienen: los valores (Cuadro 11), los rangos (Cuadro 12), las gráficas (Figura 7) y la distribución espacial (Figura 8).

**Cuadro 11.** Frecuencia relativa por Propósito.

Frecuencia relativa por propósito ( $fY_j$ )	Área de intervención					
	Río Copiapó bajo	Río Copiapó	Paipote	Río Manflas	Río Pulido	Río Jorquera
$f_{Oferta\ del\ recurso}$	10,00%	30,00%	0,00%	20,00%	20,00%	20,00%
$f_{Demanda\ del\ recurso}$	22,92%	18,75%	2,08%	18,75%	18,75%	18,75%
$f_{Diagnóstico\ de\ la\ cuenca}$	12,90%	16,13%	9,68%	19,35%	19,35%	22,58%
$f_{Gestión\ de\ los\ usuarios}$	16,36%	18,18%	10,91%	18,18%	18,18%	18,18%

**Cuadro 12.** Rangos de intervenciones de la frecuencia relativa por Propósito.

	Frecuencia relativa por propósito ( $fY_j$ )			
	$f_{Oferta\ del\ recurso}$	$f_{Demanda\ del\ recurso}$	$f_{Diagnóstico\ de\ la\ cuenca}$	$f_{Gestión\ de\ los\ usuarios}$
Máximo	30,00%	22,90%	22,60%	18,20%
Alto (A)	[20,00% ; 30,00% ]	[15,28% ; 22,90% ]	[15,07% ; 22,60% ]	[12,13% ; 18,20% ]
Medio (M)	[10,00% ; 20,00% )	[8,93% ; 15,28% )	[7,53% ; 15,07% )	[6,06% ; 12,13% )
Bajo (B)	[0% ; 10,00% )	[0% ; 8,93% )	[0% ; 7,53% )	[0% ; 6,06% )

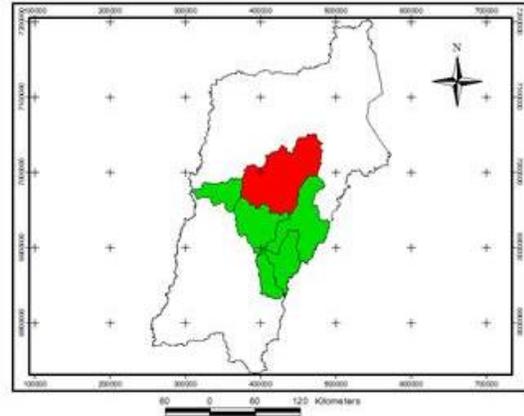


**Figura 7.** Frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Propósito ( $\rho Y_j$ ).

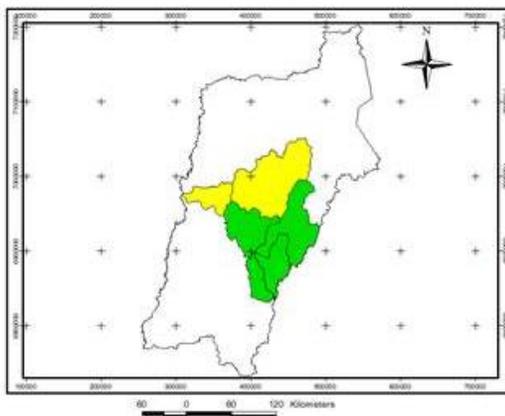
### 1. Oferta del recurso



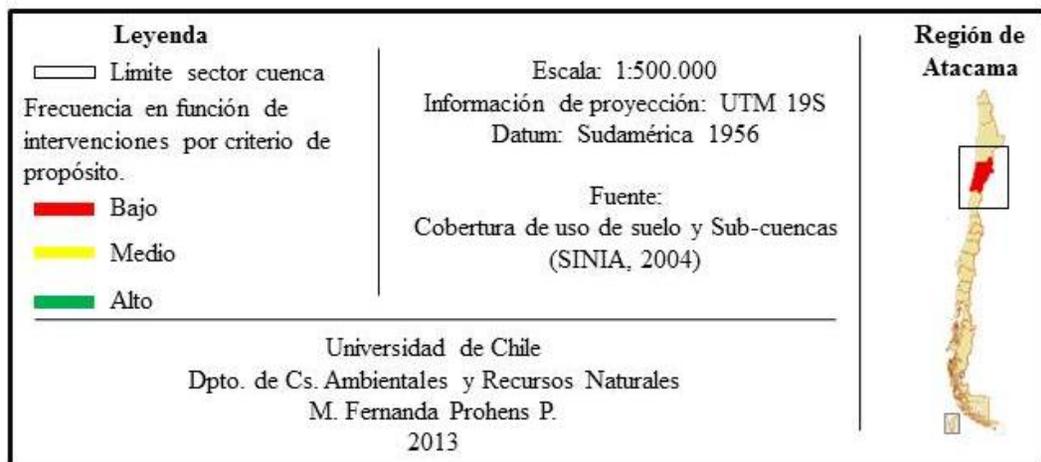
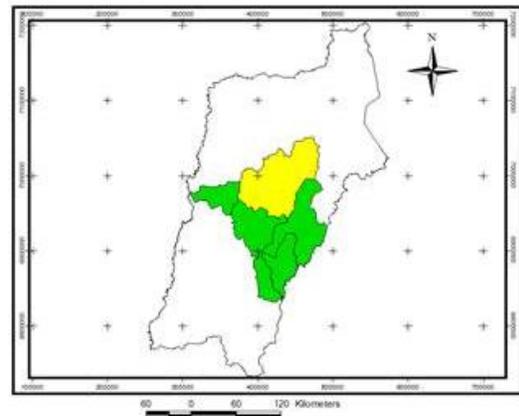
### 2. Demanda del recurso



### 3. Diagnóstico del recurso



### 4. Gestión del recurso



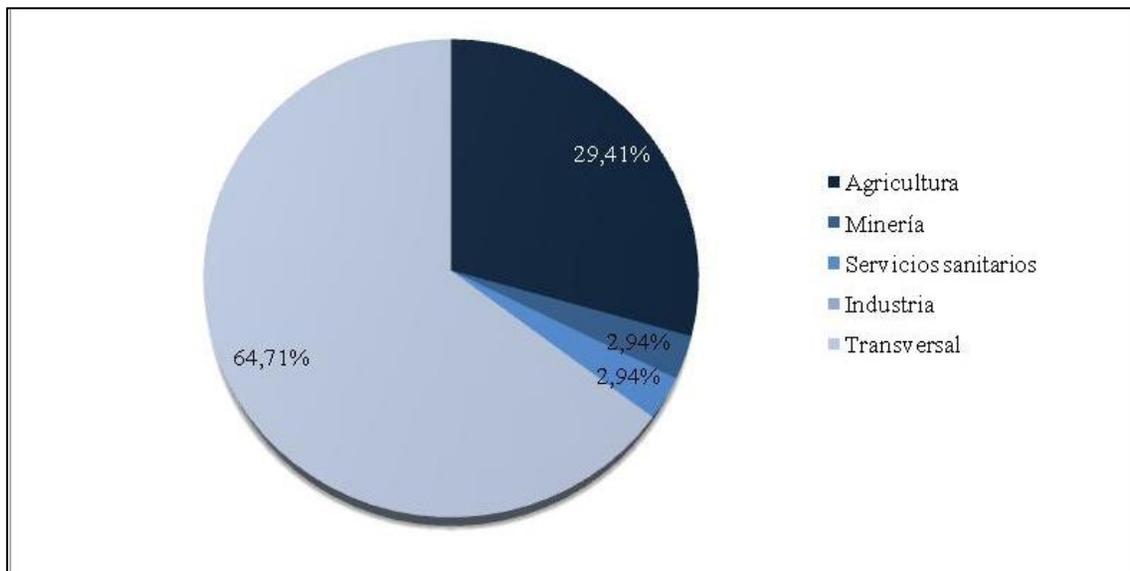
**Figura 8.** Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Propósito ( $\rho Y_j$ ).

Al analizar la frecuencia relativa de intervenciones por criterio de propósito ( $\rho Y_j$ ), detallado en las figuras 7 y 8, muestra la tendencia a valores medios (M) y altos (A), salvo en el caso de la demanda y oferta del recurso para el sector de Paipote, donde esta es baja (B). Esto indica que en general las intervenciones de una misma clasificación del Criterio de Propósito se distribuyen homogéneamente en la cuenca, pudiendo atribuirse los valores bajos en Paipote a un total de intervenciones menor que en el resto de los sectores.

### Distribución de proyectos según Actividad Económica.

Esta clasificación se asocia al impacto que tendrán los proyectos sobre las diversas actividades económicas que se desarrollan en la cuenca.

De los 34 proyectos identificados en el período de estudio en la cuenca del Río Copiapó la gran mayoría (64,71%) son iniciativas que impactan de manera transversal en las distintas actividades económicas, seguidas de un 29,41% para la Agricultura. Por otro lado no existen iniciativas específicas asociadas a la Industria (Figura 9).



**Figura 9.** Distribución de proyectos según la Actividad Económica asociada.

El desarrollo de proyectos que impacten de manera transversal sobre las distintas actividades económicas pudiese corresponder a la existencia de una visión integral al minuto de enfrentar el problema del agua en la cuenca. Por otro lado, el alto porcentaje de proyectos que apuntan a la Agricultura, presentando un valor considerablemente mayor sobre el resto de los sectores, se explicaría porque es este sector el que presenta mayor cantidad de Derechos de Aprovechamiento de Agua asignados y convoca a un mayor número de usuarios.

El Cuadro 13 resume la distribución de las intervenciones por Actividad Económica y sector de la cuenca.

**Cuadro 13.** Cantidad de intervenciones por Actividad Económica y sector de la cuenca.

Actividad económica	Área de intervención						TOTAL
	Río Copiapó bajo	Río Copiapó medio	Quebrada de Paipote	Río Manflas	Río Pulido	Río Jorquera	
Agricultura	10	8	0	8	8	8	42
Minería	1	1	1	1	1	1	6
Servicios sanitarios	1	1	0	0	0	0	2
Industria	0	0	0	0	0	0	0
Transversal	13	17	9	18	18	19	94
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>10</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>144</b>

Considerando que son un total de 22 los proyectos que impactan de manera Transversal, este cuadro nos indica que estas iniciativas se distribuyen en más de un sector de la cuenca, lo cual se replica para las otras actividades económicas.

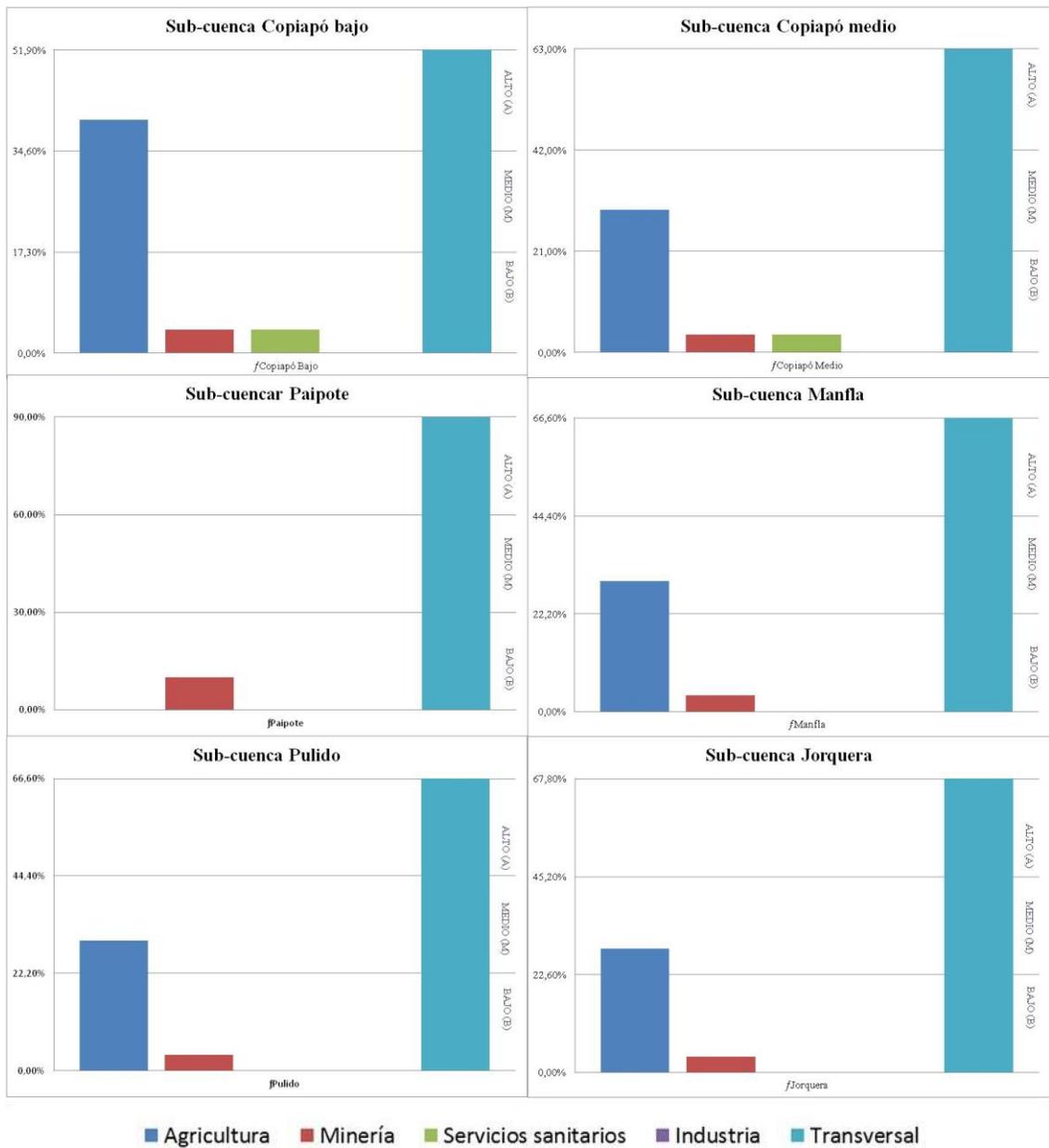
Para la frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca ( $\rho X_i$ ) para el criterio de Actividad Económica se muestran: los valores (Cuadro 14), los rangos (Cuadro 15), las gráficas (Figura 10) y la distribución espacial (Figura 11).

**Cuadro 14.** Frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Actividad Económica

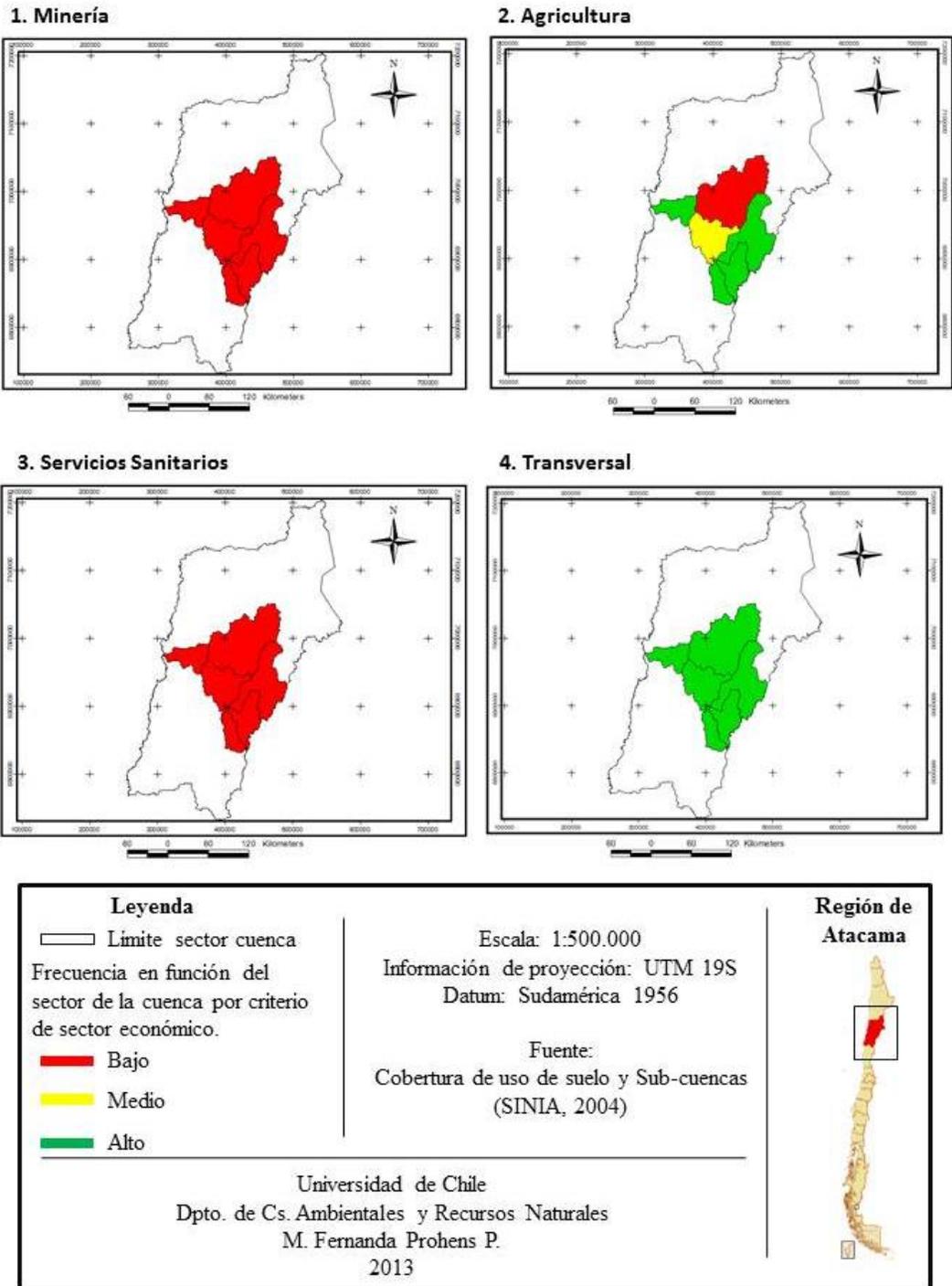
Actividad económica	Frecuencia relativa por sector de la cuenca ( $f_{Xi}$ )					
	$f_{\text{Copiapó Bajo}}$	$f_{\text{Copiapó Medio}}$	$f_{\text{Paipote}}$	$f_{\text{Manfla}}$	$f_{\text{Pulido}}$	$f_{\text{Jorquera}}$
Agricultura	40,00%	29,63%	0,00%	29,63%	29,63%	28,57%
Minería	4,00%	3,70%	10,00%	3,70%	3,70%	3,57%
Servicios sanitarios	4,00%	3,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Industria	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Transversal	52,00%	62,96%	90,00%	66,67%	66,67%	67,86%

**Cuadro 15.** Rangos de intervenciones de la frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Actividad Económica.

	Frecuencia relativa por sector de la cuenca ( $f_{Xi}$ )					
	$f_{\text{Copiapó Bajo}}$	$f_{\text{Copiapó Medio}}$	$f_{\text{Paipote}}$	$f_{\text{Manfla}}$	$f_{\text{Pulido}}$	$f_{\text{Jorquera}}$
Máximo	52,00%	63,00%	90,00%	66,70%	66,70%	67,90%
Alto (A)	[34,70% ; 52,00%]	[42,00% ; 63,00%]	[60,00% ; 90,00%]	[44,40% ; 66,70%]	[44,40% ; 66,70%]	[45,20% ; 67,90%]
Medio (M)	[17,30% ; 34,70%]	[21,00% ; 42,00%]	[30,00% ; 60,00%]	[22,20% ; 44,40%]	[22,20% ; 44,40%]	[22,60% ; 45,20%]
Bajo (B)	[0% ; 17,30%]	[0% ; 21,00%]	[0% ; 30,00%]	[0% ; 22,20%]	[0% ; 22,20%]	[0% ; 22,60%]



**Figura 10.** Frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Actividad Económica ( $\rho X_i$ ).



**Figura 11.** Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Actividad Económica ( $\rho X_i$ ).

El resultado del análisis de frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el criterio de Actividad Económica ( $\rho X_i$ ), detallado en las figuras 10 y 11, muestra que aquellas intervenciones que repercuten de manera Transversal presentan un rango alto (A) en el 100% de las zonas, al cual le sigue la Agricultura con rangos medio (M) y alto (A), lo que se explica porque esta última actividad se desarrolla en todos los sectores de la cuenca, salvo en Paipote. Por otra parte, las intervenciones específicas para la Minería son bajas (B), sin embargo están presentes en todos los sectores de la cuenca, no así las intervenciones asociadas a los Servicios Sanitarios, que está presente solo en los sectores de Copiapó Bajo y Medio, ya que es aquí donde se concentra la población urbana de la Provincia de Copiapó. Es así como claramente coinciden los valores obtenidos con aquellos lugares donde efectivamente se desarrollan las distintas actividades económicas.

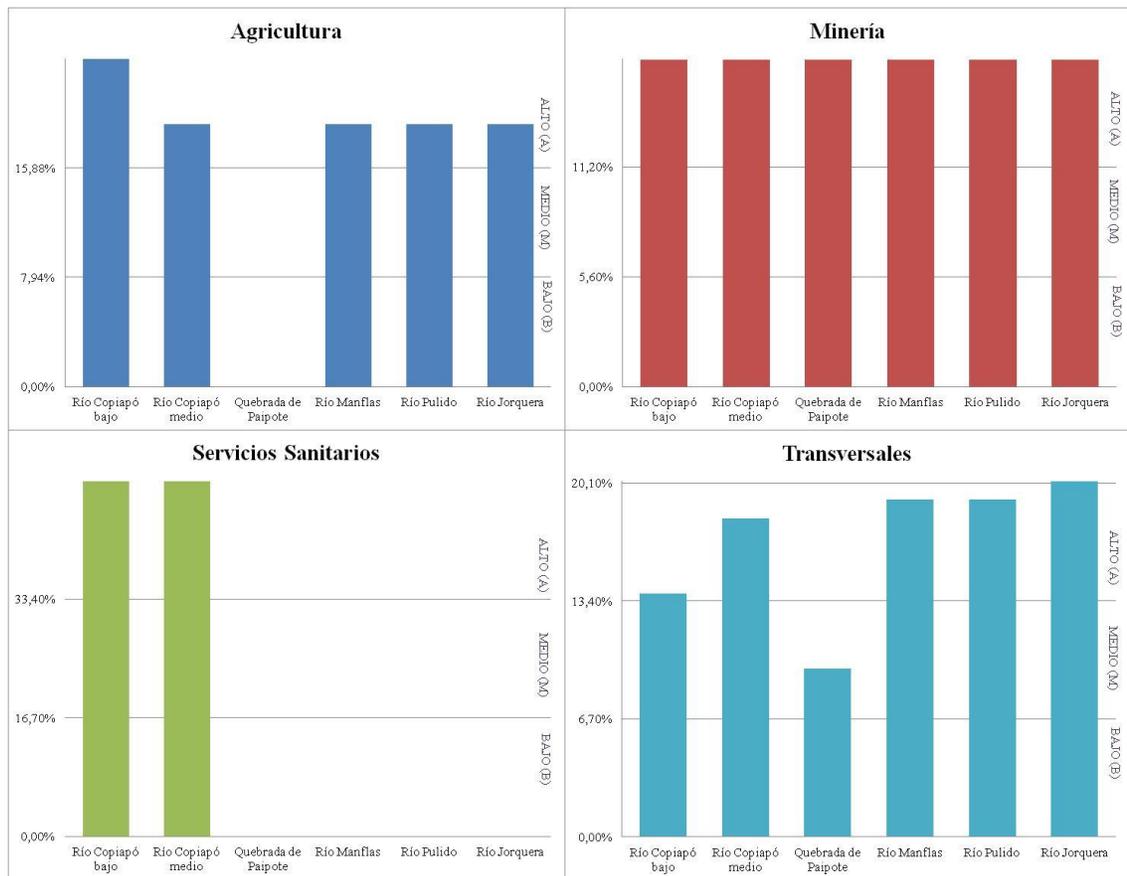
Para la frecuencia relativa intervenciones por Criterio de Actividad Económica ( $\rho Y_j$ ) se tienen: los valores (Cuadro 18), los rangos (Cuadro 19), las gráficas (Figura 12) y la distribución espacial (Figura 13).

**Cuadro 18.** Frecuencia relativa por Actividad Económica.

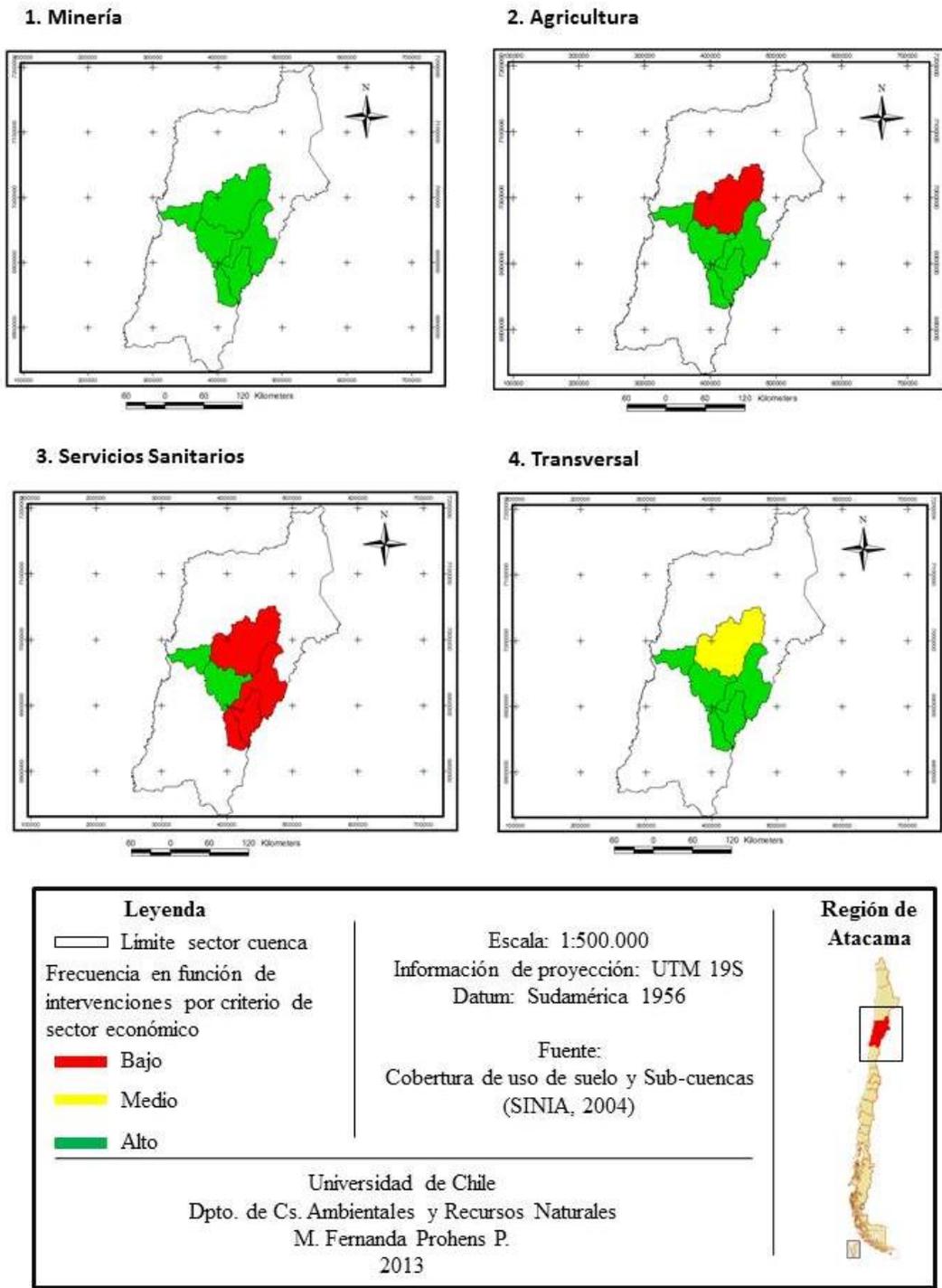
Frecuencia relativa por Actividad económica ( $fY_j$ )	Área de intervención					
	Río Copiapó bajo	Río Copiapó medio	Quebrada de Paipote	Río Manflas	Río Pulido	Río Jorquera
$f_{Agricultura}$	23,81%	19,05%	0,00%	19,05%	19,05%	19,05%
$f_{Minería}$	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%
$f_{Sanitaria}$	50,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
$f_{Industria}$	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
$f_{Transversal}$	13,83%	18,09%	9,57%	19,15%	19,15%	20,21%

**Cuadro 19.** Rangos de la frecuencia relativa de intervenciones por Actividad Económica.

	Frecuencia relativa por Actividad económica ( $fY_j$ )				
	$f_{Agricultura}$	$f_{Minería}$	$f_{Sanitaria}$	$f_{Industria}$	$f_{Transversal}$
Máximo	23,80%	16,70%	50,00%	0,00%	20,20%
Alto (A)	[15,87% ; 23,80% ]	[11,10% ;16,70% ]	[33,30% ; 50,00% ]		[13,50% ; 20,20% ]
Medio (M)	[7,94% ; 15,87% )	[5,60% ; 11,10% )	[16,70% ; 33,30% )		[6,70% ; 13,50% )
Bajo (B)	[0% ; 7,94% )	[0% ; 5,60 % )	[0% ; 16,70% )		[0% ; 6,70% )



**Figura 12.** Gráficas de la frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Actividad Económica ( $\rho Y_j$ ).



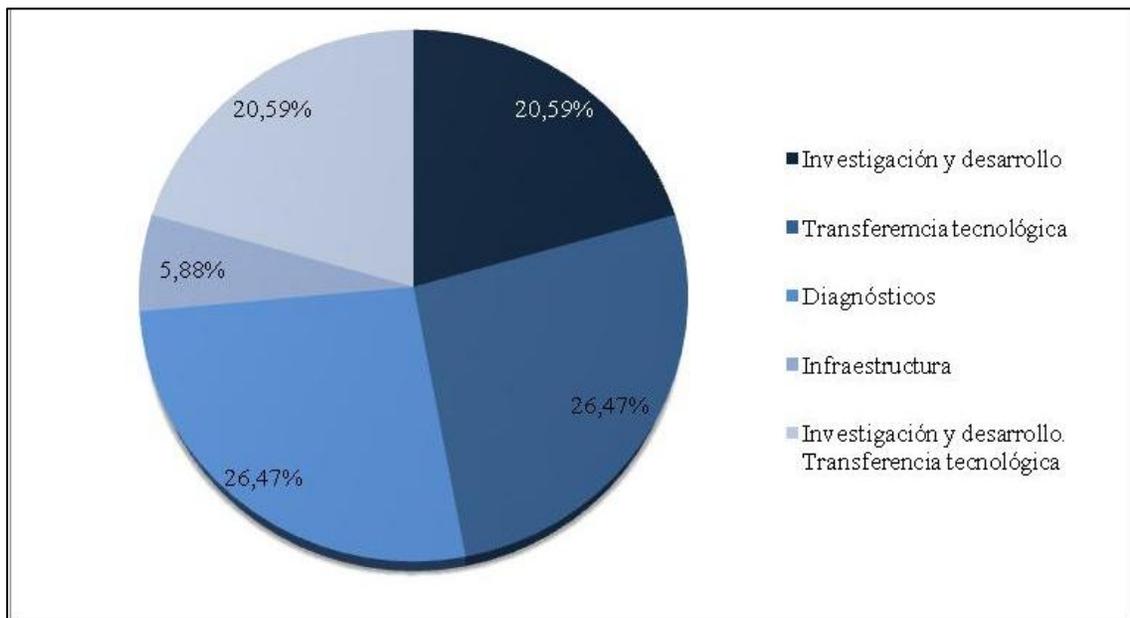
**Figura 13.** Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Actividad Económica ( $\rho Y_j$ ).

Al analizar la frecuencia relativa de intervenciones por criterio de Actividad Económica ( $\rho Y_j$ ), detallado en las figuras 12 y 13, muestra la tendencia a valores altos (A), las cuales se distribuyen homogéneamente en la cuenca, salvo en el caso de la sub-cuenca de Paipote, la cual no cuenta con desarrollo de Agricultura y de Servicios Sanitarios, por lo que sus valores son bajos (B), menos en las intervenciones para la Minería.

### Distribución de proyectos según Tipo de Iniciativa.

La clasificación por Tipo de Iniciativa corresponde a aquella basada en la forma de ejecutar el proyecto en función del recurso.

De los 34 proyectos identificados en el período de estudio en la cuenca del Río Copiapó, la gran mayoría corresponde a proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D) y de Transferencia Tecnológica, alcanzando casi un 70% entre ambos. La menor intervención corresponde a proyectos de Infraestructura que se enfocan a la evaluación, diseño o ejecución de obras asociadas al uso y disponibilidad del recurso (Figura 14).



**Figura 14.** Distribución de proyectos según el Tipo de Iniciativa.

El Cuadro 20 resume la distribución de las intervenciones por Tipo de Iniciativa y sector de la cuenca.

**Cuadro 20.** Cantidad de proyectos por Tipo de Iniciativa y sector de la cuenca.

Tipo	Área de intervención						TOTAL
	Río Copiapó bajo	Río Copiapó medio	Quebrada de Paipote	Río Manflas	Río Pulido	Río Jorquera	
Investigación y desarrollo (I+D)	3	6	3	6	6	6	30
Transferencia tecnológica (TT)	8	7	3	7	7	7	39
Diagnósticos	5	6	2	6	6	7	32
Infraestructura	2	2	1	2	2	2	11
I+D y TT	7	6	1	6	6	6	32
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>10</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>144</b>

Al analizar la distribución por sector de la cuenca para el Criterio de Tipo de Iniciativa, se mantiene la tendencia de los criterios anteriores, donde un proyecto interviene en más de un sector de la cuenca.

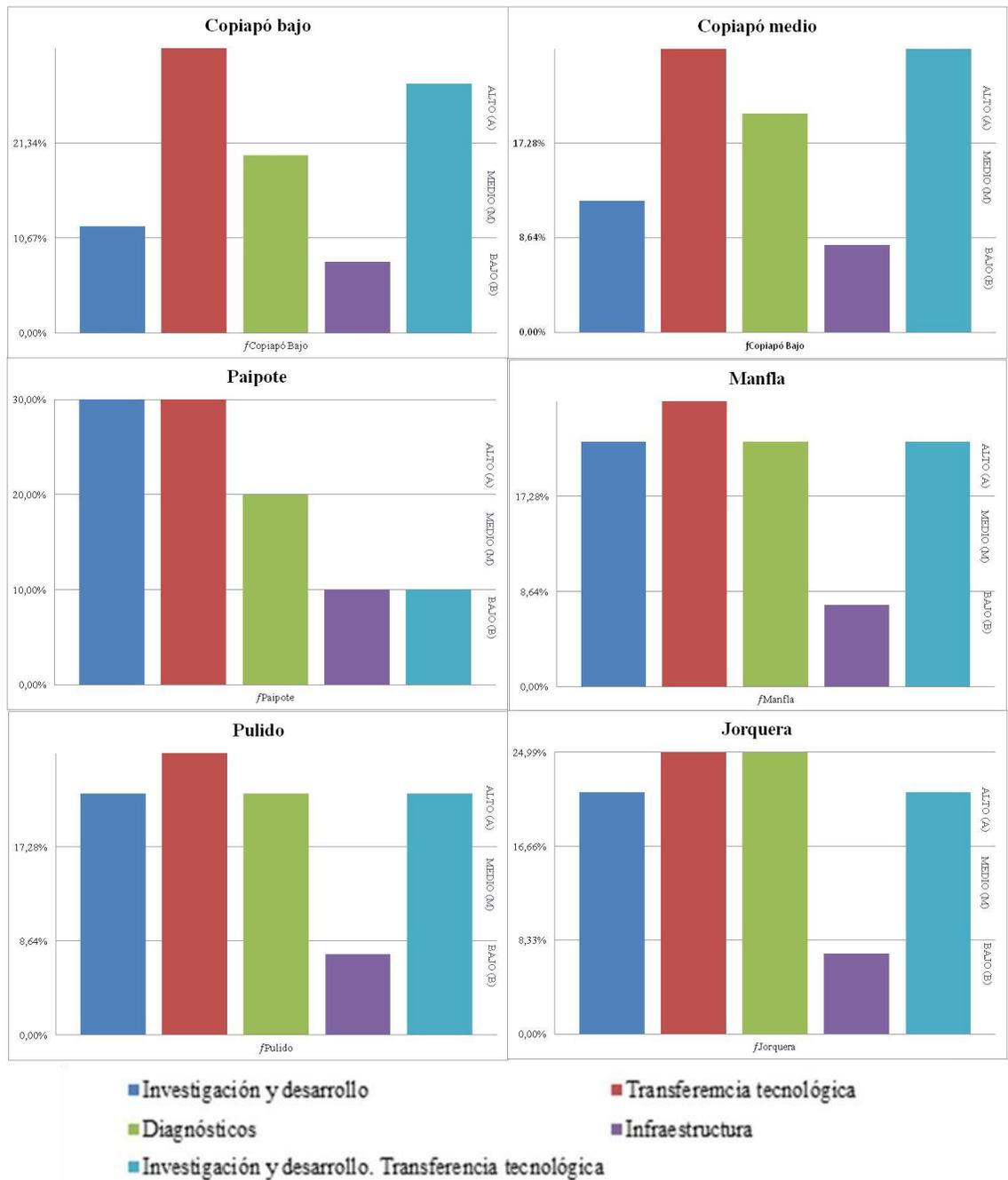
Para la frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca ( $\rho X_i$ ) para el Criterio de Tipo de Iniciativa se tienen: los valores (Cuadro 21), los rangos (Cuadro 22), las gráficas (Figura 15) y la distribución espacial (Figura 16).

**Cuadro 21.** Frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Tipo de Iniciativa.

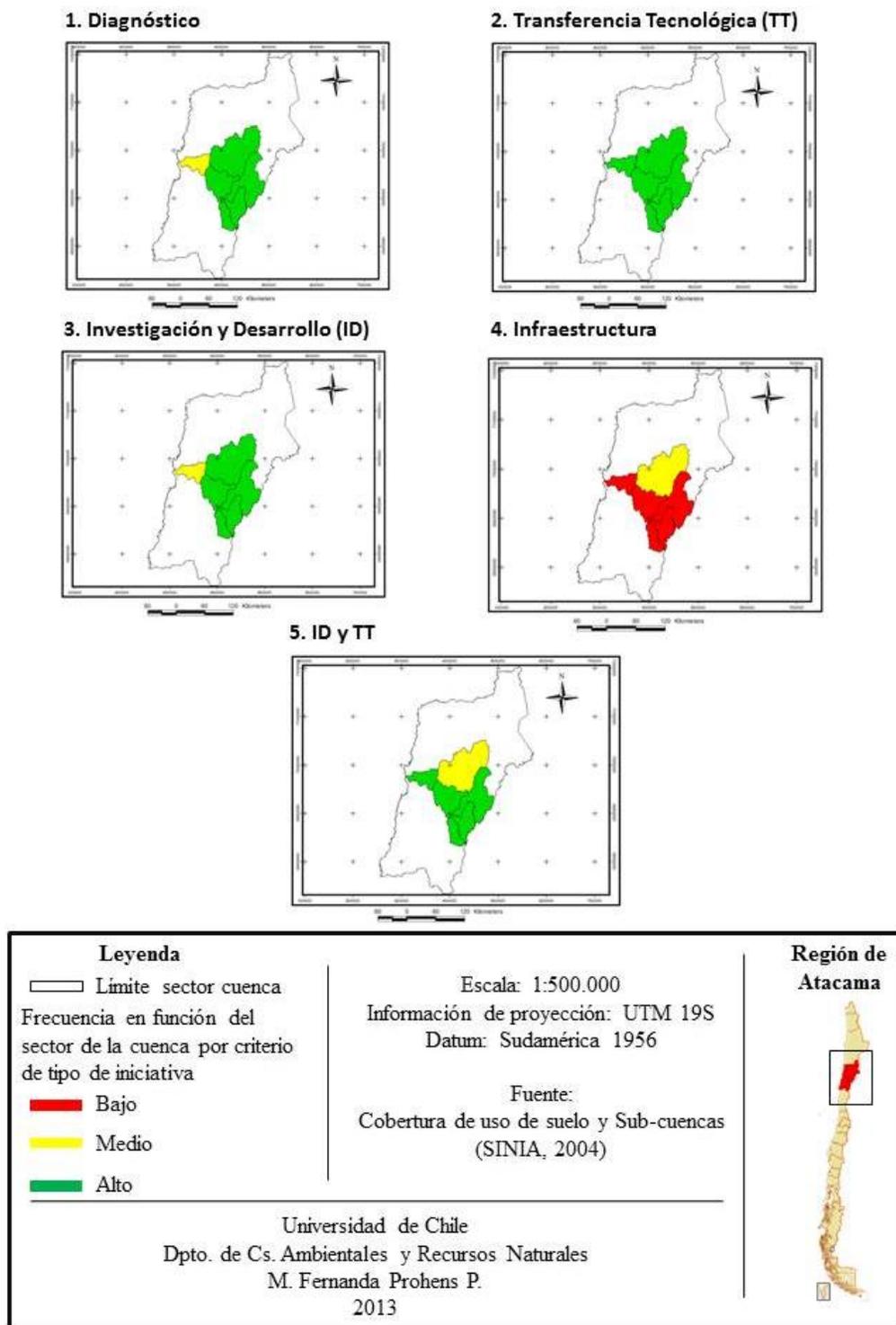
Tipo	Frecuencia relativa por sector de la cuenca ( $f_{Xi}$ )					
	$f_{\text{Copiapó Bajo}}$	$f_{\text{Copiapó Medio}}$	$f_{\text{Paipote}}$	$f_{\text{Manfla}}$	$f_{\text{Pulido}}$	$f_{\text{Jorquera}}$
Investigación y desarrollo (I+D)	12,00%	22,22%	30,00%	22,22%	22,22%	21,43%
Transferencia tecnológica (TT)	32,00%	25,93%	30,00%	25,93%	25,93%	25,00%
Diagnósticos	20,00%	22,22%	20,00%	22,22%	22,22%	25,00%
Infraestructura	8,00%	7,41%	10,00%	7,41%	7,41%	7,14%
I+D y TT	28,00%	22,22%	10,00%	22,22%	22,22%	21,43%

**Cuadro 22.** Rangos de intervenciones de la frecuencia relativa por sector de la cuenca para el Criterio de Tipo de Iniciativa.

	Frecuencia relativa por sector de la cuenca ( $f_{Xi}$ )					
	$f_{\text{Copiapó Bajo}}$	$f_{\text{Copiapó Medio}}$	$f_{\text{Paipote}}$	$f_{\text{Manfla}}$	$f_{\text{Pulido}}$	$f_{\text{Jorquera}}$
Máximo	32,00%	25,90%	30,00%	25,90%	25,90%	25,00%
Alto (A)	[21,33% ; 32,00%]	[17,28% ; 25,90%]	[20,00% ; 30,00%]	[17,28% ; 25,90%]	[17,28% ; 25,90%]	[16,67% ; 25,00%]
Medio (M)	[10,67% ; 21,33%]	[8,64% ; 17,28%]	[10,00% ; 20,00%]	[8,64% ; 17,28%]	[8,64% ; 17,28%]	[8,33% ; 16,67%]
Bajo (B)	[0% ; 10,67%]	[0% ; 8,64%]	[0% ; 10,00%]	[0% ; 8,64%]	[0% ; 8,64%]	[0% ; 8,33%]



**Figura 15.** Frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho X_i$ ).



**Figura 16.** Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el Criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho X_i$ ).

El resultado del análisis de frecuencia relativa de intervenciones por sector de la cuenca para el criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho X_i$ ), detallado en las figuras 15 y 16, muestra en general que todos los sectores presentan un valor alto (A) en aquellas iniciativas de Transferencia Tecnológica (TT) y en aquellas de Investigación y Desarrollo más Transferencia Tecnológica (I+D+TT) además de valores altos (A) y medios (M) en iniciativas de Diagnóstico y de I+D, mientras que existe una tendencia a valores bajos (B) para iniciativas de Infraestructura.

Esto puede deberse a que existe una mayor disponibilidad de fondos públicos para proyectos en estas líneas. Si se analizan los 34 proyectos identificados, las iniciativas que corresponden a I+D y TT son 23, lo que equivale a un 67,65%. De estos, la mitad corresponden a proyectos adjudicados a través de concursos abiertos los que se complementan a aquellas licitaciones orientadas a resolver un tema específico que son promovidas por instituciones sectoriales (ejemplo: DGA, CNR). Esto demuestra que se suman las iniciativas propias de instituciones del Estado más aquellas que detectan el sector privado y unidades de investigación a las cuales postulan a través de concursos.

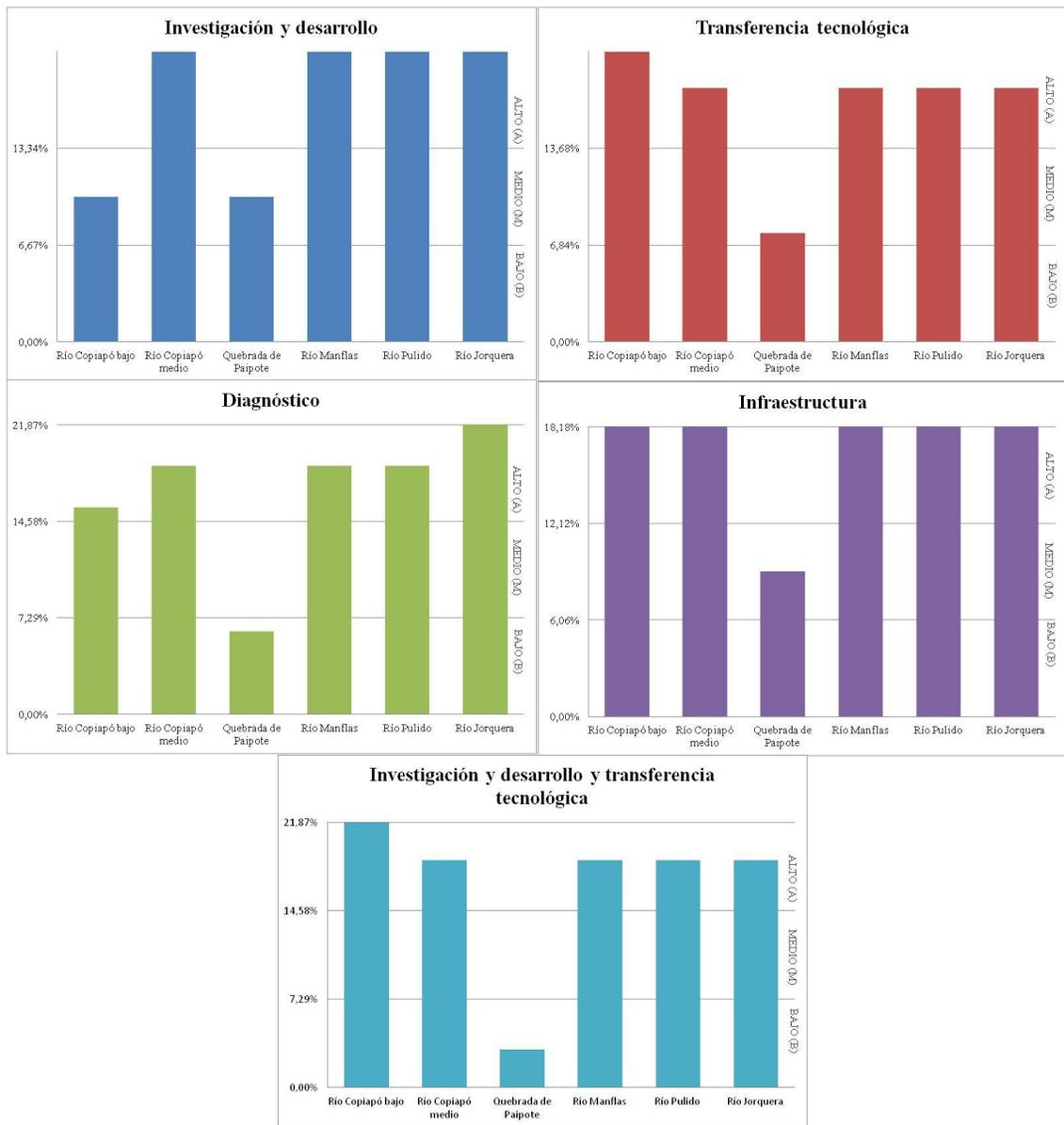
Para la frecuencia relativa de intervenciones por criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho Y_j$ ) se tienen: los valores (Cuadro 23), los rangos (Cuadro 24), las gráficas (Figura 17) y la distribución espacial (Figura 18).

**Cuadro 23.** Frecuencia relativa de la intervención por Tipo de Iniciativa.

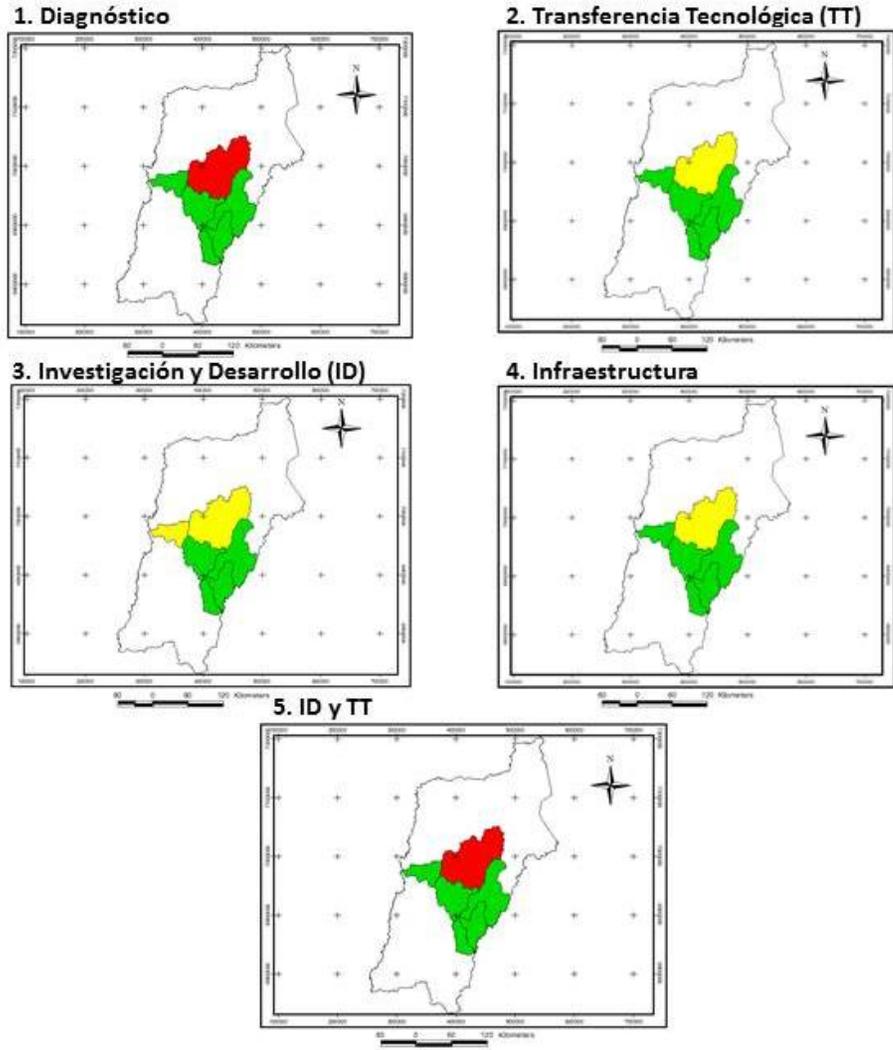
Frecuencia relativa por tipo ( $fY_j$ )	Área de intervención					
	Río Copiapó bajo	Río Copiapó medio	Quebrada de Paipote	Río Manflas	Río Pulido	Río Jorquera
$f_{\text{Investigación y desarrollo}}$	10,00%	20,00%	10,00%	20,00%	20,00%	20,00%
$f_{\text{Transferencia tecnológica}}$	20,51%	17,95%	7,69%	17,95%	17,95%	17,95%
$f_{\text{Diagnóstico}}$	15,63%	18,75%	6,25%	18,75%	18,75%	21,88%
$f_{\text{Infraestructura}}$	18,18%	18,18%	9,09%	18,18%	18,18%	18,18%
$f_{\text{I+D y TT}}$	21,88%	18,75%	3,13%	18,75%	18,75%	18,75%

**Cuadro 24.** Rangos de intervenciones de la frecuencia relativa por Tipo de Iniciativa.

	Frecuencia relativa por sector económico ( $fY_j$ )				
	$f_{\text{Investigación y desarrollo}}$	$f_{\text{Transferencia tecnológica}}$	$f_{\text{Diagnóstico}}$	$f_{\text{Infraestructura}}$	$f_{\text{I+D y TT}}$
Máximo	20,00%	20,50%	21,90%	18,20%	21,90%
Alto (A)	[13,33% ; 20,00%]	[13,68% ; 20,50%]	[14,58% ; 21,90%]	[12,12% ; 18,20%]	[14,58% ; 21,90%]
Medio (M)	[6,67% ; 13,33%]	[6,84% ; 13,68%]	[7,29% ; 14,58%]	[6,06% ; 12,12%]	[7,29% ; 14,58%]
Bajo (B)	[0% ; 6,67%]	[0% ; 6,84%]	[0% ; 7,29%]	[0% ; 6,06%]	[0% ; 7,29%]



**Figura 17.** Frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho Y_j$ ).



<p><b>Leyenda</b></p> <p>— Límite sector cuenca</p> <p>Frecuencia en función de intervenciones por criterio de tipo de iniciativa.</p> <p><span style="color: red;">■</span> Bajo</p> <p><span style="color: yellow;">■</span> Medio</p> <p><span style="color: green;">■</span> Alto</p>	<p>Escala: 1:500.000</p> <p>Información de proyección: UTM 19S</p> <p>Datum: Sudamérica 1956</p> <p>Fuente:</p> <p>Cobertura de uso de suelo y Sub-cuencas (SINIA, 2004)</p>	<p><b>Región de Atacama</b></p> 
<p>Universidad de Chile</p> <p>Dpto. de Cs. Ambientales y Recursos Naturales</p> <p>M. Fernanda Prohens P.</p> <p>2013</p>		

**Figura 18.** Distribución espacial de la frecuencia relativa de intervenciones por Criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho Y_j$ ).

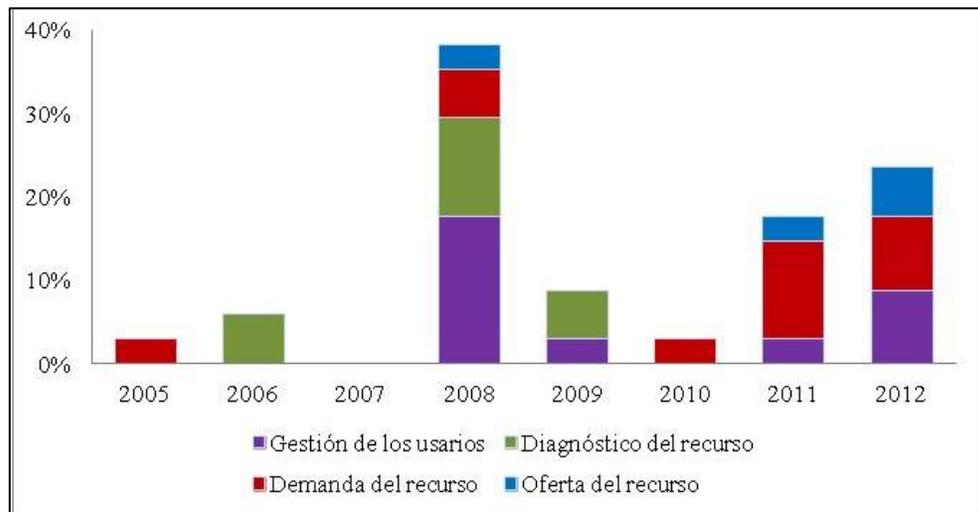
Al analizar la frecuencia de intervenciones por Criterio de Tipo de Iniciativa ( $\rho Y_i$ ), detallada en las figuras 17 y 18, se muestra que en la totalidad de los casos el rango de intervención es alto (A) en todos los sectores de la cuenca salvo para Paipote, donde los valores son medios (M) o bajos (B). Esto se explica porque en este sector existe una diferencia considerable en el número de intervenciones respecto de los otros sectores de la cuenca.

### Análisis de la evolución temporal de los proyectos desarrollados en la cuenca del Río Copiapó

Como una forma de complementar el análisis anterior, se presentan los resultados de la evolución temporal de los proyectos para los distintos criterios.

#### Criterio de Propósito

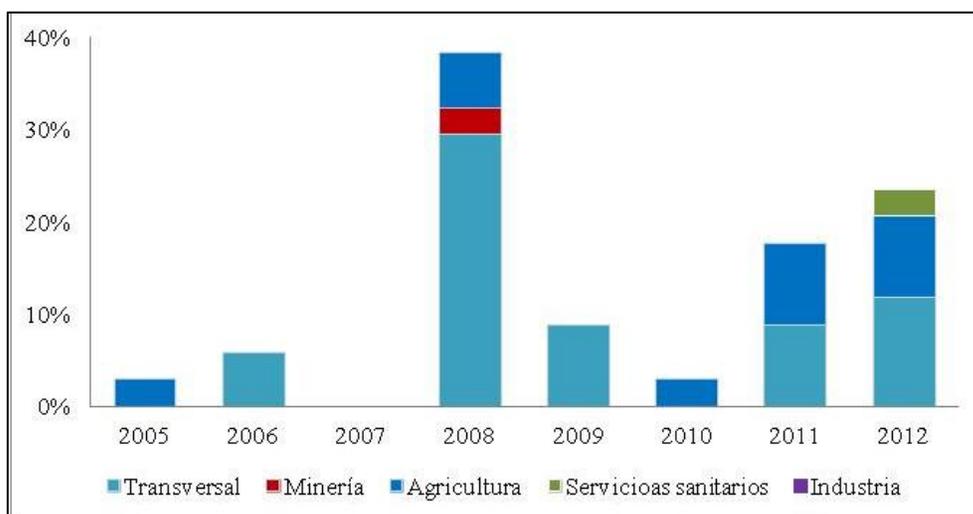
No existe un patrón claro de distribución de proyectos clasificados según su Propósito en los primeros años del periodo de estudio, pero sí se puede ver una tendencia en los últimos tres años hacia un incremento en aquellas iniciativas que se asocian a la Demanda y la Oferta del recurso, como se observa en la Figura 19.



**Figura 19.** Tasa anual de proyectos iniciados según el criterio de propósito.

#### Criterio de Actividad Económica

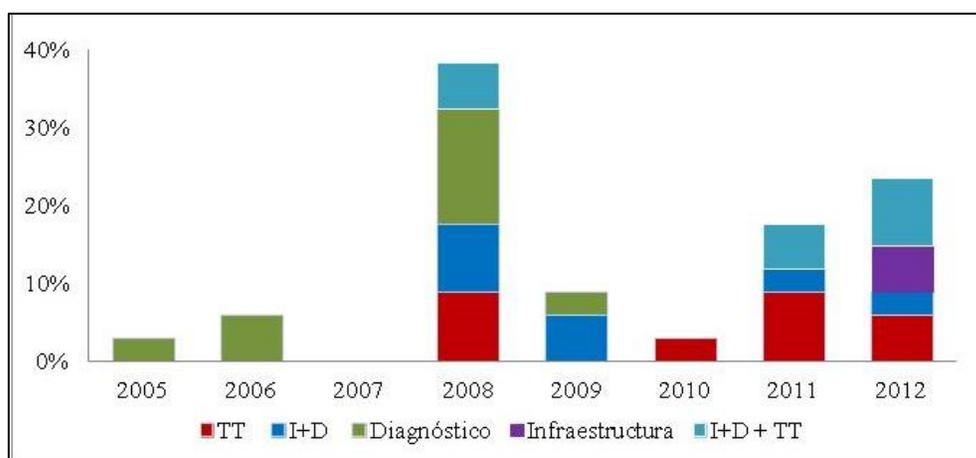
La Figura 20 muestra cómo durante los últimos tres años del periodo de estudio existe un incremento de proyectos vinculados a la agricultura, lo que puede representar que existe mayor preocupación y sensibilidad de este sector por sobre la actividad minera y de servicios sanitarios, tanto a nivel privado como de las autoridades sectoriales, o que en definitiva estas últimas actividades están desarrollando sus proyectos sin inversión pública.



**Figura 20.** Tasa anual de proyectos iniciados según el Criterio de Actividad Económica.

### Criterio de Tipo de Iniciativa

Este análisis muestra que en el periodo inicial definido para este estudio se desarrollaron principalmente proyectos de Diagnóstico mientras que en los últimos años la tendencia ha sido hacia proyectos de Investigación y Desarrollo y de Transferencia Tecnológica (Figura 21).



**Figura 21.** Tasa anual de proyectos iniciados según el Criterio de Tipo de Iniciativa.

## Propuesta de nichos de inversión pública para enfrentar la escasez hídrica de la cuenca del Río Copiapó

A continuación se presenta un resumen de las intervenciones que se han realizado en la cuenca del Río Copiapó (cuadros 25 y 26), a partir de lo cual se proponen nichos de inversión pública orientados a satisfacer aspectos que las inversiones en el pasado no han abordado o reforzar aquellas que se estimen necesarias.

En el Cuadro 25 se resumen la frecuencia relativa de las intervenciones por sector de la cuenca donde se representa la cantidad de intervenciones bajo un mismo criterio en relación al total de intervenciones en ese sector ( $\rho X_i$ ).

A modo de ejemplo, se observa en el sector de Copiapó Bajo para el Criterio de Propósito (sector azul del cuadro 25) que de todas las intervenciones de ese sector hay una mayor proporción de aquellas que impactan en la Demanda del recurso y la Gestión de los usuarios, mientras que la Oferta y Diagnóstico del recurso tienen un porcentaje más bajo. Esta situación se observa para el resto de los sectores de la cuenca, salvo para Paipote.

**Cuadro 25.** Resumen de intervenciones por sector de la cuenca ( $\rho X_i$ )

Criterio (j)		Sector de la cuenca (Xi)					
		Copiapó Bajo	Copiapó Medio	Paipote	Manfla	Pulido	Jorquera
Propósito	Oferta del recurso	B	B	B	B	B	B
	Demanda del recurso	A	A	B	A	A	A
	Diagnóstico del recurso	M	M	M	M	M	M
	Gestión del recurso	A	A	A	A	A	A
Sector económico	Agricultura	A	M	B	A	A	A
	Minería	B	B	B	B	B	B
	Servicios sanitarios	B	B	B	B	B	B
	Industria	B	B	B	B	B	B
	Transversal	A	A	A	A	A	A
Tipo de iniciativa	Investigación y desarrollo	M	A	A	A	A	A
	Transferencia tecnológica	A	A	A	A	A	A
	Diagnósticos	M	A	A	A	A	A
	Infraestructura	B	B	M	B	B	B
	ID y TT	A	A	M	A	A	A

El Cuadro 26 presenta el resumen de la frecuencia de las intervenciones por criterios (ρYj) en cada sector de la cuenca, donde se representa la cantidad de intervenciones de cada sector de la cuenca bajo un mismo criterio en relación al total de intervenciones para este criterio

A modo de ejemplo, se observa que las intervenciones que impactan sobre la demanda del recurso (sector azul del cuadro 26) se distribuyen de manera homogénea en todos los sectores de la cuenca con valores altos (A), salvo en el sector de Paipote. Esto se explicaría porque en esta última zona existe una baja cantidad de usuarios de agua y al régimen arreico de la cuenca.

**Cuadro 26.** Resumen de intervenciones por criterios (ρYj)

Criterio		Sector de la cuenca					
		Copiapó Bajo	Copiapó Medio	Paipote	Manfla	Pulido	Jorquera
Propósito	Oferta del recurso	M	A	B	A	A	A
	Demanda del recurso	A	A	B	A	A	A
	Diagnóstico del recurso	M	A	M	A	A	A
	Gestión del recurso	A	A	M	A	A	A
Sector económico	Agricultura	A	A	B	A	A	A
	Minería	A	A	A	A	A	A
	Servicios sanitarios	A	A	B	B	B	B
	Industria	B	B	B	B	B	B
	Transversal	A	A	M	A	A	A
Tipo de iniciativa	Investigación y desarrollo	M	A	M	A	A	A
	Transferencia tecnológica	A	A	M	A	A	A
	Diagnósticos	A	A	B	A	A	A
	Infraestructura	A	A	M	A	A	A
	ID y TT	A	A	B	A	A	A

Considerando el análisis resumido en los Cuadros 25 y 26 y el análisis temporal, se establece una propuesta de nichos de inversión en el Cuadro 27, la cual identifica áreas que poseen una mínima o nula intervención o aquellas que deben ser reforzadas, tanto como sectores de la cuenca y como criterios de proyectos.

Con el objeto de asignar un nivel de priorización a cada propuesta se clasificaron como:

- Uno (1): proyectos que deberían ser ejecutados en el corto plazo
- Dos (2): proyecto que se deberían ejecutar en el mediano plazo
- Tres (3): proyectos que se deberían ejecutar en el largo plazo

En el Cuadro 27 se detalla la propuesta:

**Cuadro 27.** Propuesta de nichos de inversión pública para la cuenca del Río Copiapó.

Clasificación	Iniciativas	Detalle	Sector de la cuenca						Prioridad	Justificación
			Copiapó Bajo	Copiapó Medio	Paipote	Manfla	Pulido	Jorquera		
Propósito	Oferta del Recurso	En el periodo de estudio son mínimas las iniciativas que buscan incrementar la disponibilidad del recurso para cada sector de la cuenca, siendo este tipo de proyecto fundamental para asegurar el aporte de agua a la cuenca.	X	X	X	X	X	X	1	Se deben desarrollar proyectos que sirvan para incorporar más agua a la cuenca como una prioridad de manera de palear el déficit hídrico actual, y disminuir el diferencial entre los DAA y la disponibilidad real de agua.
	Diagnóstico del Recurso	Estas iniciativas presentan una frecuencia menor para cada sector de la cuenca. Un óptimo conocimiento sobre el estado del recurso es la base para toma de buenas decisiones.	X	X	X	X	X	X	3	Si bien existe casi un 25% de los proyectos son de diagnóstico, es necesario verificar su grado de actualización y/o consolidar el material existente con el objetivo de alcanzar una buena cobertura de la cuenca que represente la situación actual.
Sector económico	Minería	Considerando que corresponde a uno de los sectores económicos de mayor desarrollo en la cuenca y que es el segundo en dominio de DAA, cada esfuerzo que realice el sector para hacer un mejor uso y evaluar nuevas fuentes de abastecimiento contribuye en gran proporción.	X	X	X	X	X	X	2	Actualmente existe un bajo desarrollo de proyectos específicos para la minería, lo cual se explica bajo el supuesto de que gran parte de la inversión en estos proviene del mismo sector (privado) y no de fondos públicos, pero es importante generar esfuerzo sobre todo para las PYMES del sector.
	Servicios Sanitarios	Actualmente es prácticamente nula la intervención en proyectos para este sector económico a pesar de ser una prioridad absoluta el abastecimiento de agua para la población.	X	X					1	Considerando que los DAA de este sector son una proporción importante y existe un incremento en la demanda, se debiesen orientar las intervenciones a la eficiencia del uso que dan los consumidores.
	Industria	No existen proyectos de impacto específicamente para este sector. Se debe evaluar su relevancia y requerimientos	X	X	X	X	X	X	3	Corresponde a un sector que posee una pequeña proporción de los DAA por lo que es necesario evaluar el real impacto de las acciones a realizar.

Continúa en página 46

	Agricultura	Es la actividad con más DAA, por lo que el uso que da el sector es clave. Es así como proyectos que permitan mejorar la eficiencia del recurso deben ser considerados para incorporar a la totalidad de los agricultores de la cuenca	X	X	X	X	X	X	2	Si bien existen gran cantidad de iniciativas desarrolladas para el sector agrícola, es clave que el impacto de estas llegue al 100% de los agricultores, mejorando sus niveles de eficiencia.
Tipo de iniciativa	Infraestructura	Se deben evaluar, diseñar o ejecutar obras que permitan modernizar el acceso y disponibilidad de agua para los distintos usuarios.	X	X	X	X	X	X	1	Existen en el período solo 2 proyectos de este tipo, representando un 6% del total de iniciativas. La ejecución de proyectos de este tipo permite evaluar y concretar obras que mejoren el acceso y la disponibilidad del recurso
Sector de la cuenca	Quebrada de Paipote	Este sector corresponde al que cuenta con menor cantidad de intervenciones y la mayoría de las que ahí se desarrollan corresponde a gestión de los usuarios y son de impacto transversal, sin embargo es importante realizar acciones para diagnosticar el recurso de manera de conocer bien su disponibilidad y condición.			X				2	Un 31% de las intervenciones ocurre en el sector de Paipote, siendo muy inferior a la frecuencia del resto de los sectores de la cuenca, que sobrepasan el 75% cada uno. No se debe dejar de lado esta zona, ya que posee una gran superficie de la cuenca, su territorio alcanza los sectores cordilleranos, corresponde a un potencial polo de desarrollo minero y expansión urbana, etc.

Si bien esta propuesta de nichos de inversión permite orientar los recursos del sector público para enfrentar la escasez hídrica en la cuenca del Río Copiapó, el incorporar más puntos al análisis permitiría una mejor aproximación y nivel de detalle, considerando criterios como el número de beneficiarios directos del proyecto, los resultados asociados al grado de éxito de las propuestas y la superficie intervenida.

Es importante considerar que para estructurar y coordinar las distintas acciones debería existir una unidad de gestión proyectos y/o un observatorio de asuntos hídricos, de manera de mantener la información actualizada, detectar necesidades, definir intervenciones, además de evaluar los impactos y resultados de las acciones ejecutadas.

## CONCLUSIONES

Para el periodo 2005-2012 se identificaron un total de 34 proyectos, los que se distribuyen de manera similar en los distintos sectores de la cuenca del Río Copiapó, salvo en el caso de la sub-cuenca de Paipote, que cuenta con un menor número de intervenciones.

Los tres criterios considerados en el análisis permiten caracterizar los proyectos desarrollados y su distribución espacial, determinando así su propósito, la actividad económica a la que están asociados y el tipo de intervención.

El análisis para el criterio de propósito determina que existe una menor cantidad de proyectos que actúan sobre la oferta del recurso, situación que se presenta para cada sector de la cuenca.

La orientación principal, dada al analizar las actividades económicas, es una influencia transversal de los proyectos, seguida de aquellos destinados a la agricultura, en ambos casos con una distribución homogénea en los distintos sectores de la cuenca. La presencia de proyectos asociados a la minería y los servicios sanitarios es considerablemente menor y nula en el caso de la industria.

La clasificación por tipo de proyecto muestra que un mayor porcentaje pertenecen a líneas de investigación y desarrollo (I+D) y de transferencia tecnológica (TT), mientras que aquellos proyectos de infraestructura, que apuntan evaluar, diseñar y ejecutar obras sólo alcanzan un 6%.

La propuesta de nichos de inversión basada en las necesidades detectadas en función de los tres criterios definidos, permite establecer qué áreas de la cuenca y con qué temáticas de proyectos se deberían de intervenir, además de establecer una priorización según si se debería ejecutar en el corto, mediano o largo plazo. Sin embargo, una forma de complementar y profundizar el análisis es incorporar nuevos criterios como el impacto real de los proyectos, número de beneficiarios y superficie afectada, además de establecer un organismo de gestión de proyectos que coordine, oriente y evalúe las acciones.

## BIBLIOGRAFÍA

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. 2013. Recursos naturales en UNASUR. Situación y tendencias para una agenda de desarrollo regional. Santiago, Chile. 110p. Disponible en: <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/3/49893/RecursosNaturalesUNASUR.pdf> Leído el 4 de noviembre de 2013.

Comisión Nacional de Medio Ambiente, CONAMA, y Dirección General de Aguas, DGA. 2009. Plan de Gestión para la Cuenca del Río Copiapó. Estrategia nacional de gestión integrada de cuencas hidrográficas. Disponible en: <http://documentos.dga.cl/ADM5374.pdf> Leído el 4 de noviembre de 2013.

Dirección General de Aguas, DGA. 1993. Resolución 193 de 27 de mayo de 1993. Declara zona de prohibición para nuevas explotaciones de aguas subterráneas en la cuenca del río Copiapó, Comuna de Copiapó, III Región. Disponible en: [http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/aprohibicion/Documents/res\\_193.pdf](http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/aprohibicion/Documents/res_193.pdf) Leído el 4 de noviembre de 2013.

Dirección General de Aguas, DGA. 1994. Resolución 232 de 22 de junio de 1994. Reduce zona de prohibición para nuevas explotaciones de aguas subterráneas en la cuenca del río Copiapó, Comuna de Copiapó, III Región, declara por resolución D.G.A. N° 193, de 27 de mayo de 1993. Disponible en: [http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/aprohibicion/Documents/res\\_232.pdf](http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/aprohibicion/Documents/res_232.pdf) Leído el 4 de noviembre de 2013.

Dirección General de Aguas, DGA. 2012. Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados en la cuenca del Río Copiapó. Informe técnico. 27p. Disponible en: [http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/informestecnicos/Series%20de%20Informes%20Tcnicos/SDT\\_N327-2012\\_Copiapó.pdf](http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/informestecnicos/Series%20de%20Informes%20Tcnicos/SDT_N327-2012_Copiapó.pdf) Leído el 4 de noviembre de 2013.

Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile, DICTUC. 2010. Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del Río Copiapó. Informe final. 138p. Disponible en: <http://documentos.dga.cl/ADM5220v1.pdf> Leído el 4 de noviembre de 2013.

Dourojeanni, A. 2009. Los desafíos de la gestión integrada de cuencas y recursos hídricos en América Latina y el Caribe. Revista Desarrollo Local Sostenible 3 (8): 1-13. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/delos/08/acd.htm> Leído el 4 de noviembre de 2013.

Fuster, R., González, L., Morales, L., Cerda, C., Hernández, J., Sotomayor, D., Lillo, G., González, M. y Escobar, C. 2009. Estudio Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en

Chile. Informe final. Capítulo 3: Los recursos hídricos en Chile. 58-266. Disponible en: <http://catalogo.bcn.cl/ipac20/ipac.jsp?session=1292360Y308TL.898275&profile=bcn&uri=link=3100007~!585963~!3100001~!3100002&aspect=subtab146&menu=search&ri=1&source=~!horizon&term=Gesti%C3%B3n+integrada+de+los+recursos+h%C3%ADricos+en+Chile.&index=ALTITLP> Leído el 4 de noviembre de 2013.

Golder Associates. 2006. Resumen ejecutivo “Diagnóstico de los recursos hídricos de la cuenca del Río Copiapó y proposición de un modelo de explotación sustentable”. Resumen ejecutivo. 132p. Disponible en: <http://ciperchile.cl/wp-content/uploads/resumen-ejecutivo-golder.pdf> Leído el 4 de noviembre de 2013.

Larraín, S. 2006. El agua en Chile: entre los derechos humanos y las reglas del mercado. *Revista Polis* 14: 1-17. Disponible en: <http://polis.revues.org/5091> Leído el 4 de noviembre de 2013.

Ministerio de Obras Públicas, MOP. 2012. Decreto 154. Declara zona de escasez a las zonas baja y media de la cuenca del río Copiapó y quebrada de Paipote, correspondientes a subcuencas de la cuenca del río Copiapó, Región de Atacama. Disponible en: <http://www.leychile.cl/navegar?idnorma=1038882> Leído el 4 de noviembre de 2013.

Organización de las Naciones Unidas, ONU. 2013. A sustainable world is a water-secure world. In: The Budapest Water Summit Statement. October 8-11, 2013. Budapest, Hungary. Disponible en: [http://www.budapestwatersummit.hu/data/images/Budapest\\_Water\\_Summit\\_Statement\\_Final\\_\\_11\\_October\\_2013.pdf](http://www.budapestwatersummit.hu/data/images/Budapest_Water_Summit_Statement_Final__11_October_2013.pdf) Leído el 4 de noviembre de 2013.

Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura, UNESCO. 2010. Atlas de zonas áridas de América Latina y el Caribe. Proyecto “Elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de América Latina y el Caribe”. Documentos técnicos del PHI-LAC, N°25. Montevideo, Uruguay. 48p. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002163/216333s.pdf> Leído el 4 de noviembre de 2013.

Trefry, M., McFarlane, D., Moffat, K., Littleboy, A. and Norgate, T. 2012. Copiapó River Basin Water Management: Terms of Reference for Future Governance and Research Activities. Report to AusAID and Chilean stakeholders from the Minerals Down Under Flagship. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO. Australia. 26p. Disponible en: <http://documentos.dga.cl/ADM5441.pdf> Leído el 4 de noviembre de 2013.

## APÉNDICE

**Apéndice 1. Catastro de proyectos y su descripción**

N°	Nombre	Institución ejecutora	Fuente de financiamiento	Objetivo	Fecha de inicio	Fecha de término	Área de intervención						Tipo de Proyecto	Propósito	Sector económico involucrado
							Copiapó Bajo	Copiapó Medio	Paipote	Manfla	Pulido	Jorquera			
1	Optimización de sistemas de riego en las cuencas Copiapó y Huasco	CIREN	Innova	Optimizar los sistemas de riego con aguas superficiales de las cuencas Copiapó y Huasco, identificando los problemas de eficiencia en la conducción y operación de aguas de riego que presentan las redes de canales, cuantificando las pérdidas de agua que estas ineficiencias generan y definiendo las formas en que se pueden evitar a través de soluciones de ingeniería o cambios en los sistemas de manejo.	2005	2007	X	X	-	X	X	X	Diagnóstico	Demanda del recurso	Agrícola
2	Diagnóstico de los recursos hídricos de la cuenca del río Copiapó y proposición de un modelo explotación sustentable	Golder Associates	DGA	Los objetivos principales de este estudio han sido tres. El primero de ellos consistió en la selección de la información más actual disponible. El segundo objetivo fue la elaboración de un modelo conceptual de explotación sustentable. El tercer objetivo fue el diseño de una estructura de Plan de Acción, que recoge las medidas seleccionadas y propone su desarrollo e implementación por parte de las entidades promotoras de este estudio, con el apoyo de otras instituciones regionales.	2006	2006	X	X	-	X	X	X	Diagnóstico	Diagnóstico del recurso	Transversal

3	Estimaciones de demanda de agua y proyecciones futuras. Zona I norte. Regiones I A IV	AYALA, CABRERA Y ASOCIADOS LTDA. INGENIEROS CONSULTORES	DGA	Permitir a las autoridades y a los diversos actores involucrados en la administración y el aprovechamiento de los recursos hídricos disponer de información actualizada de la situación actual y futura de las demandas de estos recursos en el país, para diferentes Usos, a nivel regional, de cuencas y subcuencas.	2006	2007	X	X	X	X	X	X	Diagnóstico	Diagnóstico del recurso	Transversal
4	Evaluación hidrogeológica de la cuenca del río Copiapó, con énfasis en la cuantificación, dinámica y calidad química de los recursos hídricos superficiales y subterráneos	SERNAGEO MIN	DGA	Generar información que permita administrar racional y sosteniblemente el recurso hídrico subterráneo de la cuenca.	2008	2012	X	X	X	X	X	X	Investigación y desarrollo	Diagnóstico del recurso	Transversal
5	Análisis integrado de gestión de cuenca río Copiapó	DICTUC	DGA	Generar una herramienta flexible de análisis y planificación, que permita evaluar situaciones de manejo del recurso hídrico	2008	2010	X	X	X	X	X	X	Investigación y desarrollo	Gestión del recurso	Transversal
6	Centro tecnológico ambiental de Atacama.	Fundación Chile	Innova	Crear un Centro Tecnológico Regional de alto nivel, orientado a la transferencia tecnológica y la investigación aplicada en materias ambientales, que contribuya a garantizar la coexistencia y el desarrollo ambientalmente sustentable de las principales actividades económicas en la Región de Atacama.	2008	2011	X	X	X	X	X	X	Investigación y desarrollo. Transferencia tecnológica	Gestión del recurso	Transversal

7	Centro Tecnológico de Fruticultura	UNIVERSIDAD DE CHILE	Innova	Desarrollar un Centro Tecnológico de Fruticultura autosustentable en la III Región de Atacama, que permita generar capacidades locales y satisfaga a través de su gestión, las demandas de asistencia técnica, capacitación y transferencia tecnológica, innovación, investigación aplicada y servicios agrícolas.	2008	2011	X	X	-	X	X	X	Investigación y desarrollo. Transferencia tecnológica	Demanda del recurso	Agrícola
8	Nodo de riego: difusión y transferencia tecnológica para el uso eficiente del agua de riego en la región de Atacama	UNIVERSIDAD DE CHILE	Innova	Fortalecer las capacidades del Centro Regional de Estudios Agronómicos de la Universidad de Chile (UCHILECREA) con el objeto de apoyar el mejoramiento productivo de las micro, pequeñas y medianas empresas agrícolas, a través de la difusión y transferencia de tecnología para el uso eficiente del agua de riego en la Región de Atacama.	2008	2010	X	X	-	X	X	X	Transferencia tecnológica	Demanda del recurso	Agrícola
9	Evaluación del efecto de modificación de puntos de captación de agua subterránea en el acuífero de Copiapó	DGA y Consultor Alvaro San Martín N.	DGA	Evaluar los efectos en los niveles y balances de agua subterránea al modificar los puntos de captación de los derechos de aprovechamiento de las aguas subterráneas pertenecientes a Compañía Minera Candelaria, mediante el uso de modelos hidrogeológicos DGA del Valle de Copiapó, desarrollados con motivo de la "Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Río de Copiapó" efectuada en el año 2003 por la DGA	2008	2008	-	X	-	-	-	-	Investigación y desarrollo	Oferta del recurso	Transversal

10	Inventario de glaciares descubiertos de la cuenca del río Copiapó y variaciones recientes en sus frentes	Universidad de Chile	DGA	Inventariar los glaciares descubiertos de la cuenca del río Copiapó, según las normas del Temporal Technical Secretary of the World Glacier Inventory (TTS/WGI) y con las recomendaciones del programa Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS).	2008	2008	X	-	-	X	X	X	Diagnóstico	Diagnóstico del recurso	Transversal
11	Definición sobre los Derechos Provisionales del Área de Restricción del Acuífero de Copiapó	DGA	DGA	Definir la situación de los derechos provisionales otorgados en el área de restricción del acuífero de Copiapó.	2008	2008	X	-	-	-	-	-	Diagnóstico	Gestión del recurso	Transversal
12	Recursos Hídricos Cuenca del Río Copiapó	INIA - Dr. Charles M. Burt	GORE	Examinar el problema del sobre consumo de agua en el Valle de Copiapó, proveer recomendaciones respecto a la experiencia en otras partes del mundo con problemas similares y formular ideas respecto a posibles soluciones	2008	2008	-	X	X	X	X	X	Diagnóstico	Diagnóstico del recurso	Transversal
13	Estimaciones de volúmenes de hielo mediante sistemas de radar para usos glaciológicos en el norte chico y zona central de Chile y mediciones glaciológicas en el glaciar Tyndall, campo de hielo sur	Universidad de Magallanes	DGA	El objetivo general de la presente acción de apoyo es realizar estudios de radio eco sondaje (RES) en el Norte Chico y Zona Central de Chile para estimar los volúmenes de hielo contenidos en glaciares representativos, además de la caracterización de las principales variables glaciológicas del glaciar Tyndall, uno de los mayores efluentes del campo de hielo sur.	2008	2008	-	-	-	-	-	X	Diagnóstico	Diagnóstico del recurso	Transversal

14	Prospección y Difusión de Innovaciones Institucionales y Formación de Capacidades para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos	Fundación Chile	Innova	Contribuir a la gestión integrada de recursos hídricos (gih) de la cuenca de Copiapó, mediante la prospección y difusión de innovaciones institucionales y formación de capacidades que tiendan a mejorar los procesos de gestión y a la resolución de conflictos a nivel de territorial.	2008	2010	X	X	X	X	X	X	Transferencia tecnológica	Gestión del recurso	Transversal
15	Prospección y Difusión de Herramientas e Instrumentos Innovadores para la Toma de Decisiones en apoyo a la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en la Cuenca de Copiapó.	Fundación Chile	Innova	Contribuir a la gestión integrada de recursos hídricos (gih) de la cuenca de Copiapó, mediante la prospección y difusión de herramientas y modelos de gestión innovadores que tiendan a la optimización económica, ambiental y social del uso del agua a nivel territorial.	2008	2010	X	X	X	X	X	X	Transferencia tecnológica	Gestión del recurso	Minería
16	Levantamiento catastro de usuarios de aguas del valle del río Copiapó y sus afluentes III región de Atacama	Servicios de Ingeniería y Construcciones SITAC S.A.	DGA	Realizar un catastro de los usuarios de aguas superficiales, subterráneas y un diagnóstico de la situación actual de titularidad de los derechos de aprovechamiento de aguas en el Valle de Copiapó, en la zona comprendida entre las cabezas del Río Copiapó y la Puerta	2008	2008	-	X	-	X	X	X	Diagnóstico	Gestión del recurso	Transversal

17	Estrategia de recursos hídricos de la cuenca del río Copiapó: Reporte complementario sobre la situación del acuífero de Copiapó entre La Puerta y Angostura	DGA	DGA	Reporte orientado a desarrollar proyecciones sobre el acuífero entre La Puerta y Angostura, y a evaluar diferentes escenarios de gestión	2009	2009	-	X	-	-	-	-	Diagnóstico	Diagnóstico del recurso	Transversal
18	Plan de gestión para la cuenca del Río Copiapó	CONAMA-DGA	DGA	Elaborar un plan gestión para los recursos hídricos de la cuenca del río Copiapó que permita orientar el trabajo para ser abordado en la gestión del agua a mediano y largo plazo	2009	2009	-	X	-	X	X	X	Investigación y desarrollo	Gestión del recurso	Transversal
19	Metodología para la estimación de recarga de cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente pacífica en el norte de Chile, XV, I, II y III regiones	GCF INGENIEROS LIMITADA	DGA	Elaboración de un procedimiento de cálculo aplicable a escala regional a cualquier cuenca ubicada entre las regiones XV y III, sobre la cota 1500 m.s.n.m.	2009	2010	-	-	-	X	X	X	Investigación y desarrollo	Diagnóstico del recurso	Transversal

20	Programa Transferencia de Capacidades para Mejorar la Gestión del Riego en el Valle de Copiapó	CODESSER	CNR	Transferir capacidades a los agricultores del valle del río Copiapó, para mejorar la gestión del agua de riego y de los recursos hídricos; contribuyendo de esta forma a mejorar el desarrollo productivo de la pequeña y mediana agricultura de la provincia de Copiapó. Busca 1) fortalecer la capacidad técnica y administrativa de las organizaciones de usuarios del agua de la cuenca, especialmente de la Junta de Vigilancia del río Copiapó y sus comunidades de agua. 2) Apoyar la modernización de las organizaciones de usuarios de la cuenca del Río Copiapó a través de un programa de capacitación tecnológica destinada a mejorar la gestión de los recursos hídricos.	2010	Suspendido	X	X	-	X	X	X	Transferencia tecnológica	Demanda del recurso	Agrícola
21	Desarrollo e Innovación de una red agrometeorológica para la zonificación climática y monitoreo a nivel suelo agua y planta; Hacia el diseño de sistemas de seguimiento optimizados con el fin de mejorar el uso del agua intrapredial en el Valle de Copiapó	UNIVERSIDAD DE CHILE	FIA	Incrementar la eficiencia del uso del agua a nivel intrapredial a través de la innovación, incorporación y difusión de nuevas tecnologías y sistemas de control asociados al riego que permitan mejorar la gestión y manejo del recurso hídrico	2011	2014	X	X	-	X	X	X	Investigación y desarrollo. Transferencia tecnológica	Demanda del recurso	Agrícola

22	UCHILECREA: Innovación y fortalecimiento de capacidades en la fruticultura de la Región de Atacama	UNIVERSIDAD DE CHILE	FIC	Mantener y fortalecer las capacidades regionales para el desarrollo, difusión y transferencia tecnológica en la optimización de la fruticultura de la Región de Atacama.	2011	2012	X	X	-	X	X	X	Investigación y desarrollo. Transferencia tecnológica	Demanda del recurso	Agrícola
23	Prefactibilidad Mejoramiento del Sistema de Aguas Subterráneas, en Cuenca del Río Copiapó	Jorquera y Asociados S.A	CNR	Evaluar las alternativas de recarga de aguas subterráneas, para su utilización en riego, en la cuenca del río Copiapó.	2011	2012	-	X	-	X	X	X	Investigación y desarrollo	Oferta del recurso	Transversal
24	Programa Transferencia de capacidades para mejorar la gestión de riego en el Valle de Copiapó: Componente catastro legal de DAA superficiales	UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN	CNR	Transferir capacidades a los agricultores del valle del río Copiapó, para mejorar la gestión del agua de riego y de los recursos hídricos; contribuyendo de esta forma a mejorar el desarrollo productivo de la pequeña y mediana agricultura de la provincia de Copiapó: Elaborar un catastro legal de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales de los usuarios de las comunidades de aguas bajo la jurisdicción de la junta de vigilancia del río Copiapó	2011	2011	X	X	-	X	X	X	Transferencia tecnológica	Gestión del recurso	Transversal
25	Programa de Difusión Tecnológica para el fortalecimiento de la competitividad olivícola de la Región de Atacama	INIA	Innova	Mejorar la competitividad de la micro y pequeña empresa olivícola de Atacama, transfiriendo tecnologías de modernización e industrialización del cultivo, a través de una red de grupos de transferencia tecnológica (GTT)	2011	2013	X	-	-	-	-	-	Transferencia tecnológica	Demanda del recurso	Agrícola

26	Proyecto COROADO: Tecnologías para el reciclaje y reutilización del agua en el contexto de América Latina: evaluación, herramientas de decisión y estrategias a implementar frente a un futuro incierto	PUC y otros	Unión Europea	Promover tecnologías para el reciclaje y el reúso del agua en América Latina, desarrollando nuevas metodologías y adaptando conceptos existentes y marcos operacionales para su implementación utilizando enfoques integrales del manejo de recursos hídricos.	2011	2015	X	X	X	X	X	X	Transferencia tecnológica	Demanda del recurso	Transversal
27	UCHILECREA: Sustentabilidad para la Fruticultura de la Región de Atacama	UNIVERSIDAD DE CHILE	FIC	Mantener y fortalecer las capacidades regionales a través del desarrollo, difusión y transferencia tecnológica a productores y liceos agrícolas para la sustentabilidad de la fruticultura de la Región de Atacama.	2012	2013	X	X	-	X	X	X	Investigación y desarrollo. Transferencia tecnológica	Demanda del recurso	Agrícola
28	Programa de eficiencia hídrica para los agricultores del Sector San Fernando- Desembocadura de la Provincia de Copiapó.	UNIVERSIDAD DE CHILE	FIC	Mejorar la competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas agrícola del Sector San Fernando – Desembocadura de la Provincia de Copiapó, a través de la difusión y transferencia tecnológica para el uso eficiente del agua de riego.	2012	2013	X	-	-	-	-	-	Investigación y desarrollo. Transferencia tecnológica	Demanda del recurso	Agrícola
29	Plataforma única de gestión hídrica intrapredial para el Valle de Copiapó	UNIVERSIDAD DE CHILE	Innova	Implementar una plataforma única de gestión intrapredial hídrica, que apoye la toma de decisiones del manejo intrapredial, para mejorar la competitividad de la fruticultura del Valle de Copiapó	2012	2014	X	X	-	X	X	X	Investigación y desarrollo. Transferencia tecnológica	Demanda del recurso	Agrícola

30	Fortalecimiento y Capacitación a Comunidades de Aguas Subterráneas valle de Copiapó	UNIVERSIDAD CATÓLICA	CNR	Fortalecer la gestión administrativa y legal de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en la cuenca del río Copiapó, a través de la capacitación y constitución de Comunidades de Aguas Subterráneas.	2012	2013	X	X	-	X	X	X	Transferencia tecnológica	Gestión del recurso	Transversal
31	Programa Saneamiento y regularización de derechos de aprovechamiento de aguas	INFRAECO Ltda.	CNR	Contribuir al fortalecimiento de las organizaciones de usuarios del agua de la Región de Atacama, provincias de Copiapó y Huasco a través del uso eficiente de los recursos hídricos del mercado del agua	2012	2014	X	X	X	X	X	X	Transferencia tecnológica	Gestión del recurso	Transversal
32	Estimulación de Precipitaciones en la región de Atacama*	RG-Aircraft Ltda	GORE + privado		2012	2013	-	-	-	X	X	X	Infraestructura	Oferta del recurso	Transversal
33	Estudio de Plantas Desaladoras para consumo Humano para la Provincia de Copiapó y Comuna de Chañaral	Aqua Advise	CCIRA	Viabilizar la instalación de una planta desaladora que permita cubrir la demanda actual y futura de la Ciudad de Copiapó, Caldera y Chañaral	2012	2012	X	X	-	-	-	-	Infraestructura	Oferta del recurso	Sanitario
34	Copiapó River Basin Water Management: Terms of Reference for Future Governance and Research Activities	CSIRO	DGA	Establecer los terminos de referencia para enfrentar el déficit hídrico en el valle de Copiapó	2012	2012	X	X	X	X	X	X	Investigación y desarrollo	Gestión del recurso	Transversal