



Gobierno
de Chile

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
UNIDAD DE ORGANIZACIONES DE USUARIOS Y EFICIENCIA HÍDRICA

Análisis de Mercados de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Chile

INFORME FINAL

SIT N° 438

REALIZADO POR:



Asesorías y Consultorías ECONAP Limitada

Santiago, Diciembre 2018

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Sr. Juan Andrés Fontaine Talavera

Director General de Aguas
Sr. Oscar Cristi Marfil

Jefe Unidad de Organizaciones de Usuarios y Eficiencia Hídrica
Ingeniero en Recursos Naturales, MSc. Nicolás Ureta Parraguez

Inspector Fiscal
Ingeniero en Recursos Naturales, MSc. Nicolás Ureta Parraguez

Inspector Fiscal (S)
Geógrafo, MSc. Carlos Guzmán Leiva

Contraparte Técnica
Ingeniero Civil Mecánico César Caneleo Huidobro
Cartógrafo, Guillermo Tapia Molina
Ingeniero en Informática Cristian Díaz Hernández

Asesoría y Consultorías ECONAP Limitada

Jefe de Proyecto
Fernando Britos

Profesionales
Fernando Britos, Economista, Magister en Economía Aplicada
Cristian Rodríguez, Ingeniero, Magister en Economía Agraria

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción y objetivos del estudio	7
1.1	Antecedentes	7
1.2	Objetivos del estudio	8
2	Revisión bibliográfica	8
3	Marco conceptual.....	14
3.1	Los sistemas de asignación del agua.....	15
3.2	Los mercados de agua	16
3.2.1	Características del mercado de DAA	17
3.2.2	Condicionantes del intercambio en el mercado	18
3.3	El mercado de DAA en Chile.....	21
3.3.1	El marco legal en Chile	21
3.3.2	El funcionamiento del mercado en Chile	22
3.3.3	Lecciones aprendidas y recomendaciones	23
4	Metodología de trabajo.....	23
4.1	Objetivo 1, aplicar la metodología que usa SISS.....	24
4.2	Objetivo 2, aplicar set de variables mínimas sobre la base de datos DGA	25
4.2.1	Método de Hadi	26
4.2.2	Método de Grubbs	27
4.3	Objetivo 3, propuesta procedimiento de visualización de la información de mercado de aguas	29
5	Estimaciones de valores y resultados	29
5.1	Fuentes de información	29
5.2	Homologación de la base de datos.....	31
5.3	Homologación de caudal y monto transado.....	33
5.4	Depuración de la base de datos.....	33
5.4.1	Imposibilidad de identificar naturaleza del DAA	34
5.4.2	Imposibilidad de identificar el tipo de ejercicio del DAA.....	34
5.4.3	Imposibilidad de identificar el mercado a la cual pertenece la transacción DAA	34
5.4.4	Inexistencia de información de caudal	35
5.4.5	Imprecisión en el monto de la transacción	35
5.4.6	Transacciones diferentes a compraventa	35
5.4.7	Transacciones en conjunto con otros bienes.....	36
5.4.8	Transacciones entre parientes.....	36
5.4.9	Resultado de depuración de base de datos.....	36
5.5	Resultados para unidad de mercado con 15 o más observaciones	40
5.5.1	Tercera Sección Río Aconcagua	41
5.5.2	Río Putaendo.....	42
5.5.3	Primera Sección Río Maipo	43
5.5.4	Tercera Sección Río Maipo	44
5.5.5	Acuífero Casablanca	45
5.5.6	Acuífero Catapilco	46
5.5.7	Acuífero Estero Puchuncaví	47

5.5.8	Acuífero La Ligua	48
5.5.9	Acuífero Limache	50
5.5.10	Acuífero Nogales.....	51
5.5.11	Acuífero Petorca	52
5.5.12	Acuífero Quillota	53
5.5.13	Acuífero Quintero	54
5.5.14	Acuífero Alhué.....	55
5.5.15	Acuífero Chacabuco Polpaico	56
5.5.16	Acuífero Chicureo	57
5.5.17	Acuífero Colina Sur	58
5.5.18	Acuífero Lampa	59
5.5.19	Acuífero Puangue Medio	60
5.5.20	Santiago Central.....	61
5.5.21	Acuífero Santiago Norte.....	62
5.5.22	Acuífero Tiltil.....	63
5.5.23	Acuífero Yali.....	64
5.6	Resultados para unidad de mercado con 10 a 14 observaciones	65
5.6.1	Segunda Sección Río Maipo.....	66
5.6.2	Aconcagua Desembocadura	67
5.6.3	Acuífero San Felipe	67
5.6.4	Colina Inferior	68
5.7	Resumen de los resultados	69
5.8	VARIABLES A SER INCLUIDAS EN EL CBR	72
5.9	Visualización de resultados	73
6	Conclusiones y recomendaciones.....	80
7	Referencias bibliográficas	84
8	Anexos.....	86
8.1	Anexo 1. Unidad de mercado subterráneo representativo por comuna.....	86
8.2	Anexo 2. Factores de conversión	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de observaciones de DAA a nivel nacional según región.....	30
Tabla 2. Número de observaciones de DAA Región de Valparaíso	31
Tabla 3. Número de observaciones de DAA Región Metropolitana de Santiago	31
Tabla 4. Método de identificación de mercado DAA subterráneos.....	32
Tabla 5. Método de identificación de mercado DAA superficiales.....	32
Tabla 6. Número de observaciones que cuentan con información de Naturaleza del DAA	34
Tabla 7. Número de observaciones que cuentan con información de Ejercicio del DAA	34
Tabla 8. Número de observaciones que cuentan con información de Mercado	35
Tabla 9. Número de observaciones que cuentan con información de caudal expresado en l/s.....	35
Tabla 10. Número de observaciones que cuentan con información de monto transado expresado en UF.....	35
Tabla 11. Número de observaciones cuyo tipo de transacción es Compraventa	36
Tabla 12. Número de transacciones con otros bienes.....	36
Tabla 13. Número de transacciones entre parientes.....	36
Tabla 14. Aplicación incremental de criterios de depuración.....	37
Tabla 15. Tipo de ejercicio de base depurada	38
Tabla 16. DAA consuntivos, continuos y permanentes de base de datos depurada.....	38
Tabla 17. Observaciones por unidad de mercado Región de Valparaíso, DAA consuntivos, continuos y permanentes	39
Tabla 18. Observaciones por unidad de mercado Región Metropolitana, DAA consuntivos, continuos y permanentes	40
Tabla 19. Resultados Tercera Sección Río Aconcagua.....	41
Tabla 20. Resultados Río Putaendo.....	42
Tabla 21. Resultados Primera Sección Río Maipo	43
Tabla 22. Resultados Tercera Sección Río Maipo	44
Tabla 23. Resultados Acuífero Casablanca	45
Tabla 24. Resultados Acuífero Catapilco	46
Tabla 25. Resultados Acuífero Estero Puchuncaví	47
Tabla 26. Resultados Acuífero La Ligua	48
Tabla 27. Estadígrafos a nivel de sector hidrogeológico de aprovechamiento común	50
Tabla 28. Resultados Acuífero Limache	51
Tabla 29. Resultados Acuífero Nogales.....	52
Tabla 30. Resultados Acuífero Petorca	53
Tabla 31. Resultados Acuífero Quillota	54
Tabla 32. Resultados Acuífero Quintero.....	55
Tabla 33. Resultados Acuífero Alhué	56
Tabla 34. Resultados Acuífero Chacabuco Polpaico	57
Tabla 35. Resultados Acuífero Chicureo.....	58
Tabla 36. Resultados Acuífero Colina Sur	59
Tabla 37. Resultados Acuífero Lampa	60
Tabla 38. Resultados Acuífero Puangue Medio.....	61
Tabla 39. Resultados Acuífero Santiago Central	62
Tabla 40. Resultados Acuífero Santiago Norte.....	63
Tabla 41. Resultados Acuífero Tiltil.....	64
Tabla 42. Resultados Acuífero Yali.....	65
Tabla 43. Resultados Segunda Sección Río Maipo.....	66
Tabla 44. Resultados Acuífero Aconcagua Desembocadura	67
Tabla 45. Resultados Acuífero San Felipe	68
Tabla 46. Resultados Colina Inferior	69
Tabla 47. Resumen de resultados (mediana) UF/l/s con 15 o más observaciones	70
Tabla 48. Resumen de resultados (mediana) UF/l/s con 10 a 14 observaciones.....	70
Tabla 49. Mercados no analizados Región de Valparaíso.....	71
Tabla 50. Mercados no analizados Región Metropolitana	71
Tabla 51. Variables mínimas a identificar en el registro de transacciones de DAA	72

Tabla 52. Descripción de campos de la cobertura generada de aguas subterráneas	74
Tabla 53. Descripción de campos de la cobertura generada de aguas superficiales	75
Tabla 54. Unidad de mercado subterráneo representativo por comuna, Región de Valparaíso (método indirecto de identificación de mercado)	86
Tabla 55. Unidad de mercado subterráneo representativo por comuna, Región Metropolitana de Santiago (método indirecto de identificación de mercado)	87
Tabla 56. Factores de equivalencia de regadores y acciones de canal a acciones Río Maipo	88
Tabla 57. Factores de equivalencia de regadores y acciones de canal a acciones Río Maipo	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento para identificación de atípicos y estimación	28
Figura 2. Distribución y estadígrafos Tercera Sección Río Aconcagua	42
Figura 3. Distribución y estadígrafos Río Putaendo	43
Figura 4. Distribución y estadígrafos Primera Sección Río Maipo	44
Figura 5. Distribución inicial y sin atípicos Tercera Sección Río Maipo	45
Figura 6. Distribución y estadígrafos Acuífero Casablanca	46
Figura 7. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Catapilco	47
Figura 8. Distribución y estadígrafos Acuífero Estero Puchuncaví	48
Figura 9. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero La Ligua	49
Figura 10. Distribución y estadígrafos Acuífero Limache	51
Figura 11. Distribución y estadígrafos Acuífero Nogales	52
Figura 12. Distribución y estadígrafos Acuífero Petorca	53
Figura 13. Distribución inicial (izquierda) y sin atípicos Acuífero Quillota (derecha)	54
Figura 14. Distribución y estadígrafos Acuífero Quintero	55
Figura 15. Distribución y estadígrafos Acuífero Alhué	56
Figura 16. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Chacabuco Polpaico	57
Figura 17. Distribución y estadígrafos Acuífero Chicureo	58
Figura 18. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Colina Sur	59
Figura 19. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Lampa	60
Figura 20. Distribución y estadígrafos Acuífero Puangue Medio	61
Figura 21. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Santiago Central	62
Figura 22. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Santiago Norte	63
Figura 23. Distribución y estadígrafos Acuífero Tilitil	64
Figura 24. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Yali	65
Figura 25. Distribución y estadígrafos Segunda Sección Río Maipo	66
Figura 26. Distribución y estadígrafos Acuífero Aconcagua Desembocadura	67
Figura 27. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero San Felipe	68
Figura 28. Distribución y estadígrafos Colina Inferior	69
Figura 29. Ejemplo del despliegue y visualización de la información añadida al shapefile de acuíferos	76
Figura 30. Ejemplo del despliegue y visualización de la información añadida al shapefile de aguas superficiales agrupadas por secciones	77
Figura 31. Resultado de la capa de acuíferos	78
Figura 32. Resultado de la capa de subsubcuencas agrupada por secciones	79

1 Introducción y objetivos del estudio

1.1 Antecedentes

La experiencia internacional en países en desarrollo¹ acuerda sobre los positivos efectos de la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico de los países, en la medida en que la misma se realiza siguiendo altos estándares de calidad y una vez que ha sido probada su rentabilidad socioeconómica.

De este modo, los países deben velar por el permanente mejoramiento de la gestión pública, promoviendo el desarrollo de instrumentos que contribuyan a mejorar los procesos de preparación y evaluación de los proyectos, no sólo públicos, sino asimismo privados. En este sentido, políticas orientadas a mejorar el funcionamiento y transparencia de los mercados, sin lugar a dudas tendrán un efecto positivo sobre la decisión de asignación de los recursos.

En el contexto anterior y siguiendo los principios de la economía del bienestar, puede establecerse que bajo determinadas condiciones y supuestos (referidos a los teoremas fundamentales de la economía del bienestar), el mercado constituye un mecanismo eficiente para la asignación de los recursos. De este modo, se entiende que cualquier equilibrio de mercado es deseable por la sociedad, en el sentido que maximiza el bienestar de las personas. Este equilibrio se denomina "Pareto eficiente" y se basa en la idea que el intercambio a través del mercado permite alcanzar una situación de equilibrio social en la que ninguno de los agentes económicos que participan de una transacción puede mejorar su situación sin reducir el bienestar de cualquier otro. Es por lo tanto, una situación eficiente desde el punto de vista del bienestar social.

Los fundamentos anteriores se han aplicado en diferentes mercados en Chile y particularmente al caso del mercado de derechos de aprovechamiento de aguas. Chile al igual que pocos países en el mundo (el estado de California en Estados Unidos, Australia, Canadá, entre otros) han promovido el desarrollo de mercados de transacciones de derechos de uso de agua y de acuerdo a la experiencia internacional, es clave el desarrollo de políticas institucionales para facilitar el desarrollo de los mercados. De acuerdo a la experiencia internacional, las transacciones entre compradores y vendedores son más fáciles de lograr y predecibles cuando el entorno institucional facilita y promueve la mayor transparencia en la información.

Por ejemplo, mecanismos que contribuyan a aumentar la información disponible para compradores y vendedores, darán lugar a mejoras paretianas en términos de la asignación de los recursos, al eliminar algunas asimetrías de información y paralelamente generando información disponible para la mejor preparación y evaluación de los proyectos de infraestructura pública.

En el marco de las ideas y conceptos anteriores se encuadra la presente propuesta de servicios de consultoría, con la finalidad aportar herramientas orientadas a disponer de un sistema de información ordenado y actualizado sobre los derechos de aprovechamiento de aguas en Chile.

¹ Belli et al. (2001); Jenkins, Harberger y Kuo (2010); Ortegón y Pacheco (2005); Vizzio (2000); Ortegón, Aldunate y Pacheco (2002); Ortegón y Pacheco (2004); Ortegón, Pacheco y Roura (2005) y Ortegón y Dorado (2006).

1.2 Objetivos del estudio

El objetivo general de esta propuesta es contribuir con la generación de información relevante de los mercados de agua en Chile a través de una propuesta y aplicación de metodologías para la recolección y procesamiento de transacciones de derechos de aprovechamiento de aguas del país.

Los objetivos específicos son:

- a. Aplicar la metodología que actualmente utiliza la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) para la estimación del valor de i) derechos de agua consuntivos, continuos y permanentes, ii) derechos no consuntivos permanentes y eventuales, y iii) derechos consuntivos eventuales, para estimar el valor de mercado de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) en mercados relevantes de las Región de Valparaíso y Región Metropolitana de Santiago
- b. Aplicar el set de variables mínimas sobre la base de datos que cuenta la Dirección General de Aguas (DGA) de transacciones de DAA para la Región de Valparaíso y Región Metropolitana de Santiago.
- c. Proponer un procedimiento de visualización de la información de mercado de aguas, para su disposición a la ciudadanía a través de las plataformas disponibles en la DGA.

2 Revisión bibliográfica

La primera actividad llevada a cabo en el transcurso del estudio correspondió a la revisión bibliográfica de los antecedentes establecidos inicialmente. Adicionalmente, esta revisión se complementó con otros documentos relevantes, nacionales e internacionales. El levantamiento de estos elementos adicionales se realizó en conjunto con el análisis de los datos, buscando referencias específicas para los temas tratados en el estudio y relacionados al funcionamiento de mercados de agua en Chile.

Las referencias mínimas exigidas en el estudio fueron revisadas y para cada uno de los documentos se realizó un breve esquema o punteo con los temas tratados en ellos relacionados a los objetivos del presente trabajo. Este punteo para cada una de las referencias exigidas se incluye a continuación.

Banco Mundial (2011). Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos.

El informe identifica y tratar algunos aspectos prioritarios y desafíos importantes para el aumento de la competencia por el agua, considerando las interdependencias y conflictos entre los usuarios y las presiones ambientales. Sobre la base de informes de antecedentes, discusiones con la DGA y otras agencias relacionadas con la gestión del agua, y la recopilación de documentación el informe se enfoca en problemas y desafíos clave con respecto a los aspectos legales e instrumentos de gestión y los aspectos institucionales. De esta forma, el diagnóstico se concentra principalmente en los desafíos pendientes del arreglo institucional del sector del agua que debería informar el debate entre los actores del agua y tenerse en mente cuando se desarrolle más el sistema de gestión de recursos hídricos del país.

En el contexto anterior, el informe propone algunas recomendaciones sobre diferentes ámbitos de la problemática de los mercados del agua. Recomendaciones vinculadas a los aspectos legales e instrumentos de gestión: i) proteger los derechos de aguas de los grupos vulnerables; ii) mejorar la protección de los requerimientos hídricos para los

ecosistemas y servicios asociados; iii) mejorar los mercados de aguas; iv) mantener la seguridad hidráulica de los derechos de aguas; v) seguir avanzando en el uso efectivo de los derechos de aguas. Otros dos retos se refieren a los instrumentos de gestión en las áreas de aguas subterráneas y calidad de agua: i) hacer la gestión del agua subterránea más sostenible; ii) profundizar las medidas ya tomadas para asegurar la calidad del agua; iii) mejorar el registro público de los derechos de aguas. Los desafíos vinculados con los aspectos institucionales incluyen temas de capacitación en los dos órganos principales en la administración y distribución del agua a nivel central y descentralizado: i) fortalecer la DGA; ii) fortalecer las organizaciones de usuarios. Por último, otros desafíos se refieren a ciertos aspectos transversales para el desempeño de las instituciones de gestión del agua: i) mejorar los sistemas de información y comunicación; ii) coordinar intra e inter sectorialmente; iii) integrar la gestión de cuencas y fomentar la participación de los grupos interesados; iv) mejorar la resolución de los conflictos.

Botteon, C. (2007). Metodología de avaliação de projetos de recursos hídricos

El documento desarrolla una metodología de evaluación socioeconómica de proyectos de infraestructura asociada al uso de recursos hídricos, cuyo objetivo es establecer lineamientos generales que permitan formular y evaluar económicamente proyectos relacionados con el uso de tales recursos. La metodología tiene por finalidad evaluar proyectos que involucran el recurso; desde la captación hasta su distribución o uso.

La metodología establece un conjunto de lineamientos y pasos para el análisis: i) definir o identificar el problema que se quiere solucionar o la necesidad que se desea satisfacer; ii) definir o identificar las posibles soluciones para este problema, teniendo en cuenta el marco legal, la tecnología disponible, los posibles tamaños y ubicaciones, etc.; iii) definir la situación sin proyecto (base optimizada); iv) definir la situación con proyecto; v) identificar los beneficios y costos atribuibles al proyecto; vi) cuantificar los beneficios y costos del proyecto previamente identificados; vii) evaluar los beneficios y los costos previamente cuantificados; viii) calcular indicadores de rentabilidad y aplicar los criterios que permitan tomar la decisión acerca del mejor curso de acción a seguir.

CEPAL (1998). Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua. Serie Medio Ambiente y Desarrollo N°6, Octubre de 1998.

El estudio examina la incorporación de señales de mercado (a través de los precios), en la gestión de los recursos hídricos con el fin de mejorar la eficiencia en la asignación del agua y sobre la base de una amplia revisión de la literatura y experiencias de programas de derechos de aguas comerciáveis en América Latina y resto del mundo.

Asimismo, el estudio revisa las condiciones necesarias para el funcionamiento adecuado del mercado del agua; las fortalezas y debilidades potenciales que tendrían los mercados como medios de asignación del agua; las características de la operación de un mercado del agua; los tipos de transacciones; la asignación inicial de derechos de agua; aspectos de diseño, incluidos los derechos de agua permanentes y temporales, la seguridad hidrológica y normas de asignación; las limitaciones de los mercados y los factores que pueden afectar su rendimiento, como las externalidades (el caudal de retorno, los efectos sobre el propio caudal y en la zona de origen), el poder de mercado, los costos de transacción y transporte, y las medidas para mitigarlos; y las oportunidades de expandir el papel y el alcance de los mercados del agua.

CEPAL (2004). Donoso, Guillermo et al. Mercados de agua: experiencias y propuestas en América del sur. Serie recursos naturales e infraestructura.

En el contexto de los procesos de elaboración de nuevas leyes de aguas o modificaciones de las existentes, con fines de avanzar en el proceso de reformas institucionales

enfocadas en los mecanismos de asignación de aguas, este documento revisa diferentes estudios en los cuales se evaluaron los resultados de la operación del mercado de aguas en Chile y la posibilidad de introducir un mercado de aguas en el contexto institucional de Perú y se esbozan conclusiones en torno al funcionamiento de los mercados de derechos de aprovechamiento de aguas y en particular, en relación a los sistemas de administración que requieren estos mercados.

Cristi, O., Vicuña, A., L. de Azevedo, y Baltar, A. (2000). Mercado de agua para irrigación: una aplicación al Sistema Paloma de la cuenca del Limarí, Chile. World Bank-Netherlands Water Partnership Program (BNWPP) Trust Fund, Washington, DC.

El estudio realiza un análisis del mercado del agua en la Cuenca Limarí en la IV Región de Chile. La cuenca cuenta con dos mercados estrechamente relacionados: mercado spot para transacciones de volumen y un mercado de transacciones (compra y venta) de derechos de agua permanentes. El estudio afirma la hipótesis que cuando hay una legislación adecuada (eficiente), suficiente espacio para la toma de decisiones privadas, infraestructura disponible con adecuada gestión de los recursos hídricos y asociaciones de usuarios bien organizadas, el mercado puede ser un mecanismo activo para la asignación de agua.

Algunas lecciones aprendidas del estudio dicen relación con: i) la existencia de asociaciones de usuarios como un factor determinante del buen funcionamiento del mercado; ii) existencia de una fuente de abastecimiento con alta seguridad de suministro como una condición necesaria para la existencia de un mercado spot; iii) un mercado flexible permite la reasignación del agua hacia aquellos sectores en que el recurso agua adquiere su mayor valor; iv) existencia de un mercado para el agua genera externalidades negativas y otras positivas (permite que agricultores accedan a una mayor estabilidad en sus ingresos y a fuentes de financiamiento para fines productivos distintas de las tradicionales). A partir del análisis anterior, el estudio sostiene que las políticas públicas deben promover la adopción de los mercados del agua como mecanismo eficaz para la asignación de los recursos.

Cristi, O. y Poblete, C. (2011). No uso de derechos de agua: ¿una decisión ineficiente o eficiente? y patentes por no uso en Chile. UDD, Documento de Trabajo N°16. Septiembre de 2011, Facultad de Gobierno.

El estudio desarrolla un análisis sobre el no uso de derechos de aguas, que tiende a asociarse con una asignación ineficiente del recurso, estableciendo – por el contrario – que bajo determinadas circunstancias, en algunos casos el no uso de derechos de aguas puede ser compatible con una asignación económicamente eficiente. El paper establece que este es el caso, entre otros, de los agricultores que poseen derechos que utilizan sólo parcialmente en las temporadas de disponibilidad normal de agua, pero de forma total en años secos. Es también el caso de empresas que realizan inversiones irreversibles y que pueden postergarlas a la espera de nueva información.

A partir del análisis, el documento recomienda que en los casos en que el no uso de derechos crea una asignación ineficiente, se deben formular políticas que incentiven su uso, traspaso a otros privados o devolución al Estado. En este contexto, se indica que en el caso de Chile, las políticas de “primer mejor” se asocian a reducción de los costos de transacción, mejoras en la información de precios y transacciones de derechos, y desarrollo de mercados de opciones para el agua, entre otras. Por el contrario, se establece que la aplicación de la Patente por no Uso (PNU) establecida en el Código de Aguas no es nunca una alternativa de “primer mejor” y que asimismo, la implementación

de una PNU requiere de cuidadosos cálculos para evitar que genere una ineficiencia mayor que la que se quiere corregir.

Cristi, O. y Diaz, F. (n/d). Heterogeneous risk preferences and water market activity (disponible en <http://icom.uandes.cl/wp-content/uploads/2016/05/11.pdf>).

El documento analiza los factores que explican las transacciones de derechos de agua en el contexto de una economía con un mercado de derechos de agua y un mercado spot para volúmenes de agua. La hipótesis del trabajo es que la heterogeneidad del riesgo entre los agricultores puede explicar las transacciones en el mercado tradicional (de derechos). Para probar la hipótesis se modelaron las decisiones de inversión de los agricultores sobre los derechos de agua bajo riesgos e incertidumbre en la disponibilidad y precio futuros del agua. Sobre la base de los datos recolectados en mercados activo de agua en Chile, no se puede rechazar la hipótesis de preferencias homogéneas entre los agricultores. La evidencia también sugiere que los agricultores mejor educados y más experimentados son menos adversos al riesgo.

Donoso, G., J.P. Montero y S. Vicuña (2001). Análisis de los mercados de derechos de aprovechamiento de agua en las cuencas del Maipo y el sistema Paloma en Chile: efectos de la variabilidad en la oferta hídrica y de los costos de transacción. *Revista de Derecho Administrativo Económico* 3:363-366.

El estudio desarrolla un marco conceptual y las condiciones que deben cumplirse para la asignación óptima del agua, como la igualdad del beneficio marginal resultante del uso del recurso en cada sector. Además, establecen un conjunto de características recomendables que un sistema ideal de asignación del agua debe incluir; entre otras, flexibilidad en la asignación de los derechos, seguridad de su tenencia para los usuarios establecidos, que sea predecible el resultado del proceso de reasignación, que sea equitativo, y que tenga la capacidad de reflejar los valores colectivos, públicos y sociales'.

Asimismo, menciona los tipos de mecanismos para asignar las aguas: i) Mecanismos llevados a cabo por parte de la autoridad, sea por procesos administrativos o de negociación; ii) Mecanismos basados en un mercado de derechos transables donde el agua posee un precio o valor y puede ser tramada libremente en el mercado; iii) alguna combinación de estos dos mecanismos. Es decir, un mercado de derechos de aprovechamiento h-amables donde no existe completa libertad para transar las aguas sino que existe un marco institucional impuesto por el Estado que las regula.

Por último, explora el funcionamiento de los mercados de aguas de la cuenca del río Maipo y cuenca del río Limarí, que se consideran mercados representativos de diferentes sectores agronómicos de Chile.

Donoso, G (2006). *Water Markets: Case Study of Chile's 1981 Code*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Global Water Partnership South America, Santiago.

El objetivo principal de este estudio es desarrollar un estudio de caso del mercado de derechos de uso del agua establecidos en el Código de Agua de Chile de 1981. El estudio muestra que el sistema de asignación basado en el mercado de derechos de agua ha generado significativos beneficios económicos, aunque también señalada que éste requiere fortalecimiento del marco institucional a los fines de lograr una gestión integrada y un uso sustentable del agua.

Asimismo, el estudio establece que el desempeño del mercado de derechos de uso del agua en Chile ha mostrado un desempeño variable, debido principalmente a costos de

transacción inevitables, externalidades debidas a la definición inadecuada de los derechos de uso en el Código del Agua y a la incertidumbre respecto a la disponibilidad de agua. Además, destaca otras debilidades del sistema, tales como falta de información adecuada y oportuna, conflictos entre los usuarios debido a la venta de derechos tradicionales, costos de transacción evitables y el acaparamiento de derechos no consuntivos.

En resumen, el estudio plantea que el mercado de derechos de uso del agua representa un mecanismo de asignación útil para los recursos hídricos, no obstante lo cual es necesario reformular su marco regulatorio para reducir la existencia de factores que limitan su eficiencia.

EMG Consultores (2011). Estimación del Precio de Mercado y Precio Social de los Derechos de Aprovechamiento de Agua.

El estado describe la situación del mercado del agua a nivel nacional, caracterizando la situación de escasez creciente que se observa en Chile en la mayoría de los mercados de derechos de agua. Entre los factores que afectan la demanda reconocen la competencia creciente en los múltiples usos del recurso y los factores exógenos a la agricultura (crecimiento de la población, auge del sector inmobiliario, crecimiento económico y condiciones favorables para las exportaciones. Asimismo, indican la incipiente reducción de la oferta, principalmente debido a los efectos del cambio climático (disminución en la pluviometría y mayores temperaturas medias que aumentan la evaporación) y la sobreexplotación y/o el sobre otorgamiento de derechos.

Asimismo, el estudio realiza un análisis crítico del mercado de aguas en Chile, proponer y aplicar una metodología propia para estimar el precio de mercado de derechos superficiales y subterráneos del recurso hídrico que considere las fallas propias del mercado de DAA y estima el precio social de derechos superficiales y subterráneos del recurso hídrico, que considere efectos directos, indirectos, externalidades e intangibles. Dicha aplicación es realizada en las cuencas de Loa, Copiapó y Huasco, Elqui, Limarí y Choapa, Ligua, Petorca y Aconcagua. Y así también propone un plan de acción con el objetivo de incorporar al precio de mercado del recurso hídrico los efectos directos, indirectos y externalidades que se generan en su utilización.

Algunas de las principales conclusiones del estudio son las siguientes. i) se constatan precios relativamente altos en derechos subterráneos y embalses, lo cual se explica sobre la base de que en estos mercados se transan derechos de agua con flujos más seguros; ii) existen diversas externalidades que no son consideradas por el mercado al momento de transar derechos de agua. Estas abarcan aspectos ambientales, sociales y económicos; sin embargo, su cuantificación y valoración es compleja y requiere de un nivel de información no disponible en todos los casos.

Entre las principales recomendaciones el estudio destaca las siguientes: i) inclusión de una distinción en usos específicos del recurso, que implica desarrollar instrumentos normativos que aseguren la apropiada consideración de variables ambientales, sociales y económicas al momento de que el funcionamiento del mercado genere un cambio en el uso del recurso; entre otros instrumentos propone autorización de comercialización, establecimiento de derechos de usos de agua con fines específicos, gestión integrada del recurso, desarrollar información para un adecuado establecimiento de externalidades, realizar una evaluación de factibilidad económica de crear instrumentos para el pago de servicios ambientales prestados por la agricultura a la sociedad, desarrollar información y seguimiento del funcionamiento de mercados para reducir las fallas de mercado asociadas a asimetrías de información y costos de transacción; ii) otorgar mayor seguridad en el caudal disponible, a través de la construcción de embalses estándares y embalses subterráneos mediante la inyección de agua en períodos de abundancia y el bombeo en

momentos de mayor escasez; instalar un mercado de opciones de compra. Las conclusiones son consistentes con las obtenidas por Banco Mundial.

Johnson, Lynn E. (2008). *Geographic Information Systems in Water Resources Engineering*, 1st Edition.

El documento desarrolla una comprensión general de la naturaleza del SIG y cómo se utiliza para crear y analizar datos geográficos. El autor introduce los métodos primarios de recolección de datos de campo y describe los procedimientos para la interpretación y el análisis. La segunda parte del libro se centra en la vinculación de los datos del SIG con los modelos de análisis y gestión de recursos hídricos. Las aplicaciones se presentan con descripciones del desarrollo de la base de datos GIS, la teoría del fondo de análisis y la integración del modelo con GIS.

Asimismo, establece que los ingenieros y planificadores de armas de GIS in Water Resource Engineering cuentan con un arsenal de herramientas para ayudar en la creación de una infraestructura confiable y ambientalmente sensible.

Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC, 2010). *Análisis del mercado del agua de riego en Chile: una revisión crítica a través del caso de la Región de Valparaíso*.

El objetivo general del estudio es realizar un análisis conceptual del funcionamiento de los mercados del agua y de sus características específicas y con este marco conceptual proceder a analizar el caso de la Región de Valparaíso. Asimismo, sus objetivos específicos se relacionan a analizar un modelo conceptual de análisis del funcionamiento del mercado del agua; analizar el funcionamiento del mercado del agua en la Región de Valparaíso a la luz de dicho modelo conceptual; analizar la evolución del nivel de precios de los derechos de agua en la Región de Valparaíso.

El documento establece, entre otras ideas, que los mercados de derechos de aprovechamiento de aguas han permitido la libre transferencia del recurso hídrico entre los agentes permitiendo el desarrollo económico de sectores tales como minería y sanitario. En este contexto, establece que una condición indispensable para que el mercado de derechos funcione en forma eficiente es la existencia de escases del recurso. Asimismo, establece que otro requisito fundamental es que los derechos estén claramente definidos y con protección sobre la intangibilidad del mismo. Asimismo, es necesaria la existencia de un marco regulatorio adecuado que permita solucionar externalidades, perjuicios contra terceros y/o el interés público. Los dos últimos puntos están orientados a disminuir la incertidumbre en el mercado.

Por otra parte, destaca que algunos elementos han obstaculizado la reasignación de derechos a través del mercado. Entre ellos, la legislación hasta antes de la reforma del Código de Aguas el año 2005 permitía a propietarios de derechos no dar uso al recurso. Además, establece que el mercado de derechos de aprovechamiento en la cuenca del Aconcagua, en términos generales, es poco profundo, no encontrando evidencia que en las fuentes superficiales o subterráneas el valor del recurso se esté incrementando en el tiempo. Este resultado se explica aparentemente por la oposición generalizada al desarrollo del mercado de derechos de aprovechamiento por parte del sector agrícola. Por último, establece que los sectores económicos valoran de diferente manera el recurso.

Ríos M. and Quiroz, J. (1995). "The Market for Water Rights in Chile: Major Issues". The World Bank, Technical Paper Number 235, Washington, D.C.

En el contexto de los principios de la teoría neoclásica del bienestar, se suele considerar al mercado como un mecanismo eficiente para la asignación de los recursos. En este

contexto, el documento establece que el mercado privado en derechos negociables de agua maximizaría el valor económico del recurso, fomentando la inversión privada y reduciendo la inversión en infraestructura pública costosa. Asimismo, el paper revisa las principales y controversias que han rodeado la implementación práctica del sistema de mercado de aguas en Chile.

Como resultado del análisis, el documento sostiene que el sistema en Chile ha funcionado razonablemente bien, aunque recomienda algunas enmiendas y correcciones. Entre ellas, una definición más precisa de los derechos no consuntivos, la disminución de los costos de transacción derivados de la legalización de los títulos de agua, el desarrollo de infraestructura y la resolución de los problemas de free-rider. No obstante, las recomendaciones van en línea de perfeccionamientos del sistema, más que a una reforma estructural.

Universidad de Desarrollo (2013). Análisis estimación del precio privado de los derechos de aprovechamiento de aguas, encargado por la Comisión Nacional de Riego.

El estudio, a pedido de la Comisión Nacional de Riego, desarrolla un análisis de la estimación del precio privado de los derechos de aprovechamiento de aguas, sobre la base de la revisión exhaustiva del material bibliográfico sobre mercados de derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) en Chile y otros países.

Sobre la base de la revisión, el estudio propone una metodología de estimación del precio de mercado de DAA consuntivos y no consuntivos y se identifican mercados específicos para ser caracterizados. Estos mercados corresponden a cuencas de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Metropolitana, Libertador Bernardo O'Higgins, Maule, Biobío, Araucanía y Los Lagos. El estudio también aborda un análisis crítico de las diferencias con la metodología desarrollada en el estudio "Estimación del Precio de Mercado y Precio Social de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas". Por último, el estudio termina con una propuesta metodológica y su aplicación para cuantificar los costos de transacción existentes en el mercado de DAA consuntivos en las cuencas antes mencionadas.

La revisión realizada en este estudio de la literatura atinente a los mercados de derechos de aprovechamiento de aguas en Chile y otros países, muestra que hay un interés creciente a nivel global por impulsar los mercados para el agua dada su promesa conceptual de eficiencia económica. Para Chile, la evidencia muestra que, aun cuando los mercados de aguas funcionan con distintos grados de eficiencia en las diversas cuencas, en general los precios de los derechos han ido aumentando a medida que la escasez del agua ha ido incrementándose.

Finalmente, el estudio concluye que los mayores desafíos para el desarrollo de mercados de aguas adecuados tienen relación con la resolución de temáticas de información, traslado de las aguas, incertidumbre en el acceso al agua y externalidades derivadas de los flujos de retorno.

3 Marco conceptual

En el marco del problema económico en el contexto de las políticas públicas, los países deben asignar recursos finitos para satisfacer infinitas necesidades. Asimismo, como establece PUC (2010) el desarrollo económico de Chile tiene un pilar fundamental en la utilización de los recursos naturales, dentro de los cuales se encuentra el recurso hídrico. En la práctica, la mayoría de las actividades económicas utilizan el agua como un insumo

fundamental en sus procesos productivos; entre otros, agricultura, minería y generación de energía.

De esta forma, en los últimos años la presión sobre el uso (industrial y para consumo humano) del agua dulce ha estimulado el interés por la preparación e implementación de políticas públicas orientadas hacia el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos (y su focalización hacia los usos más eficientes). Ello es de suma importancia en Chile debido al aporte productivo del agua cruda en diferentes sectores económicos: minería, agricultura, vitivinicultura, energía, agua potable y otras². Por ello, es de fundamental importancia en Chile velar por el fiel cumplimiento del principio de comparación de beneficios y costos y la asignación de los recursos hídricos a los usos competitivos.

Asimismo, la importancia que ha adquirido en los últimos años el problema de escasez mundial de agua dulce ha estimulado el análisis del aprovechamiento de los recursos hídricos en los usos más eficientes. La teoría económica indica que las tasas de uso de agua, en cualquier sector productivo, deben tener en cuenta el costo social de la entrega de los recursos; no obstante, la evidencia empírica muestra con alta frecuencia la existencia de sistemas de precios que no cubren todos los costos de provisión del recurso.

3.1 Los sistemas de asignación del agua

La escasez de un recurso, en este caso agua, y la satisfacción de infinitas necesidades (en este caso usos), requiere la existencia de un mecanismo de asignación. Donoso, Montero y Vicuña (2001) establecen tres mecanismos para asignar las aguas:

- a. Mecanismos llevados a cabo por parte de la autoridad, sea por procesos administrativos de negociación.
- b. Mecanismos basados en un mercado de derechos transables donde el agua posee un precio o valor y puede ser transada libremente en el mercado.
- c. Alguna combinación de los mecanismos anteriores. Es decir, un mercado de derechos de aprovechamiento donde no existe completa libertad para transar las aguas, sino que existe un marco institucional impuesto por el Estado que las regula.

Sin embargo, cualquiera sea el caso, de acuerdo a los principios de la economía del bienestar, para lograr una asignación óptima del agua se debe cumplir que el beneficio marginal resultante del uso del recurso en cada sector sea igual para cada uno de ellos. Cuando éstos no son iguales es posible incrementar los beneficios netos para la sociedad transfiriendo agua desde los sectores con beneficios netos marginales bajos a aquellos con mayores beneficios netos.

En lo que sigue se desarrollan algunas nociones básicas sobre las características y comportamiento de los mercados de agua y luego se hacen reflexiones específicas para el caso de Chile.

²Incluso, la importancia de proseguir usos más eficientes del agua ha sido recogida en los programas de gobierno presidenciales; por caso, el programa de gobierno del presidente electo Piñera (2017) incluye medidas tendientes a “aumentar la superficie de riego tecnificado y seguridad de riego... impulsar el Plan Nacional de Regulación y Embalses, incluyendo el término de las obras en desarrollo y el inicio de nuevas obras, considerando además embalses mixtos para agua y energía...” (p.63).

3.2 Los mercados de agua

En los mercados, de cualquier naturaleza, pero especialmente en aquellos competitivos, la participación de los actores es voluntaria. Por tanto, el intercambio libre, en este caso de Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) determina los precios y cantidades transadas. De esta forma, en el mercado ninguna autoridad determina los precios ni los volúmenes transados, aunque en algunos casos puede condicionar los equilibrios a través de diferentes tipos de intervención.

Como establece CEPAL (1998), en un mercado del agua ésta se asigna a un precio determinado mediante el libre intercambio de DAA para uso, en arriendo o a perpetuidad. Por lo tanto, son las interacciones entre los compradores y vendedores de derechos las que constituyen el mercado del agua, sobre la base de transacciones voluntarias en las que se pretende igualar la productividad marginal del agua en cada uno de los usos.

En mercados de DAA los usuarios cuentan con los incentivos para realizar compras y/o ventas, que posibilitan la reasignación si es que los usos alternativos le entregan al recurso hídrico un mayor valor que los usos actuales. Así, un agricultor se beneficiará al vender su DAA cuando el valor del agua dado por la utilidad esperada de su uso agrícola, es menor al precio ofrecido por el comprador.

Este principio es válido también para la reasignación intra-sectorial. Así, agricultores con distinta estructura de producción por diferentes circunstancias (aversión al riesgo, capacidades empresariales u otras) también transarán DAA cuando las diferencia entre los valores marginales del agua de cada productor excedan sus costos de transacción.

En la misma línea, UDD (2013) establece que al existir un mercado de derechos de aprovechamiento los agentes pueden tomar decisiones marginales respecto del número de derechos que desean mantener para maximizar sus beneficios. Ese máximo de beneficios se logra cuando el beneficio marginal de un derecho es igual al costo marginal de mantenerlo.

En el mismo sentido, Cristi y Díaz (nd), demuestran que preferencias de riesgo heterogéneas entre los agricultores es una condición suficiente para la transferencia de derechos de agua cuando los agricultores pueden simultáneamente intercambiar agua en un mercado spot con menores costos de transacción. Debido a que los mercados de activos no son completos, los agricultores valoran los derechos de agua no solo como una fuente de agua para la producción, sino también como un seguro contra shocks.

Dado que en general los volúmenes de agua transados son generalmente escasos, cabe prever que los mercados del agua sean normalmente relativamente pequeños o "estrechos". Por tanto, deben cumplirse un conjunto de condiciones para que los mercados de agua funcionen relativamente bien y entreguen señales adecuadas para la asignación del recurso.

Como establece PUC (2010), en un mercado eficiente que permite el encuentro e intercambio entre los múltiples agentes, las distintas valoraciones convergen a un precio que obedece a la interacción entre la oferta y la demanda del recurso. Por lo tanto, variaciones en el precio de los derechos son consecuencia de fluctuaciones de la oferta y la demanda de agua.

Respecto a la experiencia internacional, no es usual la existencia de mercados de agua a nivel mundial. Como indica UDD (2013), mercados formales para el agua se han

desarrollado en el oeste de Estados Unidos en Colorado (década de 1960) y California (década de 1980), en Chile (desde 1981), Australia (década de 1980), Sudáfrica (desde 2000), Nueva Zelanda y México (década de 1990). En tanto que, los mercados informales existen en países como India, Pakistán y Jordania. El mismo estudio establece algunas hipótesis respecto al limitado desarrollo de mercados formales para el agua a nivel mundial:

- Las dificultades que enfrentan los gobiernos para establecer una asignación inicial de los DAA, asociados a los problemas de distribución de la riqueza y sus consiguientes consecuencias políticas.
- Altos costos asociados a los cambios legales necesarios para dar certeza legal y física a los derechos de aprovechamiento de aguas con separación de la tierra.
- Existencia de restricciones físicas y los efectos a terceros que existen en el manejo de los recursos hídricos ponen límites prácticos a la magnitud de las transacciones de agua, de modo tal que el número de participantes elegibles en el mercado es muy bajo.
- La introducción de políticas públicas que deben velar por las metas y objetivos medioambientales.

Diferentes estudios citados en UDD (2013) concluyen que los principales beneficios del mercado formal se asocian con una reasignación del agua hacia los suelos más productivos, los usuarios de agua más eficientes, los usos de mayor valor económico, y al desarrollo y consolidación del agua en grandes unidades más viables del punto de vista económico. Asimismo, se concluye que el mercado es un sistema que permite internalizar el costo de oportunidad del recurso a todos los usuarios y que provee de incentivos para adoptar nuevas tecnologías que conservan el recurso.

Sin embargo, es importante considerar que existen factores que potencialmente limitan su funcionamiento. Los mercados de aguas se caracterizan por una gran volatilidad en los precios. En general las transacciones son bilaterales y los volúmenes transados corresponden a lo disponible y no necesariamente a lo deseado (en un mercado competitivo existen múltiples compradores y vendedores y no existen limitaciones sobre las cantidades transadas). En consecuencia, se dice que los mercados de agua son poco profundos y suele observarse amplia dispersión de precios y no un equilibrio agregado entre oferta y demanda.

3.2.1 Características del mercado de DAA

El paradigma económico neoclásico establece que la asignación socialmente óptima entre diferentes sectores demandantes del recurso hídrico será aquella en la cual se maximiza el beneficio neto social derivado del uso del recurso. El beneficio neto social se define como la diferencia entre el beneficio total social y el costo social.

Diferentes características suelen destacarse como fundamentos de un mercado de agua. CEPAL (1998) sistematiza algunas de ellas.

- Los mercados del agua son flexibles por su propia naturaleza entidad descentralizada que determina las transacciones sobre la base de acuerdos voluntarios. Así, la transferibilidad de los DAA permite que surjan y obtengan el suministro nuevos usos y usuarios, impide el despilfarro y fomenta la conservación del recurso. Asimismo, ofrece incentivos para la innovación y el uso de nuevas tecnologías para el almacenamiento, transporte y uso del agua.

- Los mercados exigen la seguridad de tenencia, lo que a su vez contribuye a fomentar el uso eficiente, la conservación del recurso y la inversión de capital. Para asegurar que las transferencias de mercado produzcan realmente beneficios sociales netos, la comercialización del agua tiene que hacerse dentro de un marco institucional que obligue a compradores y vendedores a tomar en cuenta los impactos sobre otros sin restringir demasiado la transferibilidad del recurso.
- El mercado confronta directamente a los usuarios con medidas del costo de oportunidad real de sus decisiones en materia de uso y transferencia. Por lo tanto, los mercados promueven la corrección de las deficiencias en materia de asignación del recurso, sean cuales fueren las políticas de fijación de precios seguidas por las autoridades.
- El mercado permite recopilar, procesar y utilizar la información con eficiencia. Las condiciones de oferta y demanda varían continuamente, y esta información se halla fragmentada y dispersa entre todos los usuarios reales y potenciales y además es específica en tiempo y lugar con una gran varianza entre los ecosistemas localizados.
- El comercio continuo de derechos de agua genera precios que coordinando la información y las preferencias dispersas indican el costo de oportunidad del agua o su escasez relativa. El precio es una señal rica en información que resume toda la información disponible para los participantes en el mercado y motiva niveles apropiados de acción individual en respuesta a la variación de las condiciones de oferta y demanda, con lo que desempeña la función decisiva de racionar la asignación de recursos a diferentes usos y usuarios.
- Los mercados son predecibles en el sentido de que los recursos se reasignan mediante transacciones que ocurren en respuesta a variaciones de la oferta y demanda, pero la flexibilidad que se busca con el mercado reduce la predecibilidad futura. En el mercado los precios futuros de las transferencias de agua, y por ende la distribución de equilibrio de los derechos de agua, son por definición desconocidos. En consecuencia, es difícil o imposible prever la magnitud que podría alcanzar la reasignación de un uso a otro.
- Las transacciones de mercado son imparciales en el sentido que la reasignación del agua se produce mediante transacciones voluntarias mutuamente beneficiosas en que todas las partes involucradas perciben ventajas; sin embargo, los mercados sólo pueden garantizar la equidad si ningún participante puede influir en los precios del mismo.
- En general, no existe una razón en particular para esperar que un mercado del agua tenga que conducir necesariamente a una asignación equitativa de los recursos hídricos o modificar de alguna manera la distribución del ingreso. Si la equidad y otros valores colectivos, públicos o sociales destacados relacionados con el uso del agua son parte importante de las políticas de recursos hídricos, habría que optar por cierta regulación gubernamental.

3.2.2 Condicionantes del intercambio en el mercado

Por otra parte, la construcción eficiente de todo mercado requiere la existencia de determinadas condiciones para que se produzca el intercambio (CEPAL, 1998; PUC, 2010; Donoso, Montero y Vicuña, 2001; Donoso, 2006; UDD, 2013).

- i. Derechos de propiedad definidos

La definición de los DAA determinará los incentivos y desincentivos para el uso y la transferencia del agua. De tal modo, para que los agentes del mercado participen deben poder formarse expectativas seguras acerca de los beneficios y costos de los DAA y los costos de transacción. Sólo sobre esa base pueden tomarse decisiones económicas sobre el uso y transferencia del agua.

De este modo, como establece PUC (2010), los derechos y obligaciones recíprocos de los tenedores de DAA y de éstos con el resto de la sociedad deben especificarse e imponerse a fin que éstos puedan formarse expectativas seguras respecto a los beneficios que emanan de sus derechos. Las condiciones que afectan los derechos de agua, sus transferencias, y las obligaciones de sus propietarios deben definirse con claridad, de preferencia como parte del derecho o en el cuerpo legal que especifica los derechos de los propietarios.

En definitiva, será responsabilidad de los gobiernos promover políticas para definir, asignar e imponer los derechos de propiedad en este ámbito, estableciendo el marco institucional para que opere y funcione el mercado.

Otras condiciones asociadas a la definición de los derechos tienen relación con lo siguiente:

- Los DAA deben transferirse fácilmente y a bajo costo mediante la venta o arriendo y no deben vincularse a determinados sectores, usos, prioridades o a otra propiedad.
- Los DAA deben describirse con todos los atributos necesarios que generan valor y pueden afectar a otros usuarios. Existe evidencia que los precios de mercado están influenciados por las características específicas de los derechos y las transacciones.
- Los tenedores de DAA deben ser capaces de captar los beneficios derivados de las decisiones sobre el uso y transferencia del agua. Es decir, los derechos deben estar protegidos de la incautación o usurpación involuntaria por otros, incluido el Estado.
- El DAA debe registrarse e inscribirse para minimizar la posibilidad de disputas acerca de su propiedad. Para que los derechos se cumplan, cada usuario debe tener la posibilidad de vigilar el uso del agua y detectar las infracciones y debe existir la capacidad y autoridad legal para sancionarlas.

ii. Información sobre oferta y demanda

La información pública disponible sobre la oferta y demanda de derechos de agua debe incluir los medios para identificar los compradores, vendedores e intermediarios y los medios para suscribir contratos ejecutorios. También se requiere información hidrológica, características legales, costo de medidas alternativas de obtener agua y otros elementos para definir adecuadamente los derechos. Lo anterior implica la existencia de sistemas idóneos de información y seguimiento.

iii. La posibilidad de intercambio (física y legal)

Las normas de transferencia deben estar claramente definidas para permitir las transacciones de mercado entre compradores y vendedores. Cuando las normas de transferencia no se conocen con certeza antes de que los agentes económicos contemplen una transacción y los participantes potenciales en el mercado no pueden predecir durante sus negociaciones si la transacción propuesta va a ser o no aprobada, no hay incentivos para que la toma de decisiones basada en el mercado tenga continuidad.

Asimismo, el vendedor debe ser capaz de movilizar físicamente el agua, por lo que se requiere infraestructura de sistemas de transporte y seguimiento y un sistema efectivo de pagos por servidumbres o compra de derechos de paso por la propiedad de otros.

iv. Actividad de mercado

En general, deben satisfacerse algunas condiciones para que se produzca una transacción de mercado: i) el vendedor debe recibir una oferta de precio que iguale la rentabilidad sacrificada y los costos de transacción y transporte; ii) el comprador debe probar que la rentabilidad de la compra supere el precio pagado al vendedor y los costos de transacción y transporte; y iii) los costos totales de adquisición de mercado de DAA tienen que ser inferiores a los costos de la fuente de suministro alternativa menos onerosa para el comprador.

v. Flexibilidad en la asignación de los derechos

La flexibilidad en la asignación de los derechos, así como la seguridad de la tenencia de los derechos establecidos y la predictibilidad del resultado del proceso de reasignación determinan mercados eficientes como mecanismos de asignación del recurso. Para que un mercado asegure flexibilidad es necesario que exista un margen comerciable sujeto a una reasignación de bajo costo, dado que en general los volúmenes de agua susceptibles de reasignarse son generalmente escasos.

En la misma línea de las condiciones anteriores, Donoso (2006) en un estudio del mercado de DAA para Chile establece similares condiciones para el establecimiento de un sistema de mercado eficiente: i) existencia de escasez del recurso; ii) protección de la intangibilidad de los derechos de agua; iii) derechos de aprovechamiento claramente definidos en cuanto a caudal, localización, propiedad y tipo de derecho (derechos adecuadamente definidos facilitan el funcionamiento del mercado y tienden a evitar asimetrías); iv) libre transferibilidad del derecho; v) regulaciones adecuadas que aborden las externalidades y el interés público; vi) un contexto cultural de la sociedad acorde con el paradigma económico (que la sociedad considere al mercado como un mecanismo que asigna en forma eficiente los recursos); vii) existencia de un consenso en la sociedad que los derechos son transferibles como cualquier otro bien; viii) inventario de recursos hídricos transparente y conocido por todos; ix) agua como un bien con un sentido de individualidad, separado de la tierra.

Como resultado de las condiciones anteriores, el mercado genera determinados efectos sobre la eficiente asignación de los recursos. Como establece PUC (2010), el mercado entrega los siguientes efectos positivos:

- i. Inducen a los usuarios a considerar el costo de oportunidad de poseer derechos de aguas.
- ii. Estimulan un ajuste más rápido en la asignación del agua entre diversos usos.
- iii. Evitan o disminuyen los conflictos como resultado del cambio de uso del agua.
- iv. Ahorran inversión global en nueva infraestructura y reducen la inversión pública al ser parcialmente reemplazada por inversión privada a cargo de los propios usuarios.
- v. Reducen la presión sobre nuevas fuentes de agua.

3.3 El mercado de DAA en Chile

A pesar de las aparentes ventajas de la existencia de mercados para la transacción de DAA y la asignación del agua, no son evidentes las ganancias de eficiencia debido a que no necesariamente se cumplen las condiciones enumeradas anteriormente; o dicho de otro modo, la eficiencia en la asignación del recurso es aun limitada. En este contexto, Chile no es una excepción, por lo que se han llevado a cabo diferentes análisis para evaluar el desempeño de los mercados en las distintas cuencas del país.

En Chile los recursos hídricos son una fuente imprescindible para el desarrollo vital y de numerosos procesos productivos tales como la agricultura, minería, industria, generación hidroeléctrica y provisión de agua potable. Banco Mundial (2011) vincula el aumento en la presión sobre el uso de los recursos hídricos a las políticas de fomento exportaciones de productos primarios, como cobre, fruta fresca, madera y pulpa, salmón y vino. Asimismo, los recursos cumplen un rol en la mantención de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de actividades recreativas y los efectos del cambio climático limitan la disponibilidad de agua en algunas cuencas, añadiendo un estrés adicional. En este sentido, como establece UDD (2013), la competencia por los usos y el crecimiento de la demanda implican costos de oportunidad crecientes en el tiempo. Por tanto, es natural que el precio del agua cruda sea reflejo de la escasez relativa del recurso.

3.3.1 El marco legal en Chile

El Código de Aguas (Decreto de Ley N°1122 promulgado en 1981) establece la reasignación de los DAA a través de la libre transferencia entre los usuarios a partir de la separación entre los derechos y el dominio de tierra. El decreto establece los mecanismos para la inscripción de los derechos de agua. Asimismo, en su Artículo 5 define el recurso hídrico como un bien nacional de uso público, pero al mismo tiempo como un bien económico, autorizando la concesión de derechos en forma gratuita y a perpetuidad.

El código fue establecido en coherencia con la Constitución de 1980 que promovía la libertad económica y fundamentaba la participación del Estado en la regulación de la asignación de los derechos de agua. Banco Mundial (2011) establece que la seguridad legal a los DAA establecida en el código tuvo éxito en fomentar las inversiones relacionadas con el agua y con la mejora de su eficiencia de uso, fortaleciendo los derechos de propiedad privada del agua y separando los derechos de agua de la propiedad de la tierra.

Una modificación al código de aguas que debe destacarse es la del año 2005, Ley 20.017³, promovió el uso efectivo del agua en detrimento de la mera conservación de los DAA con fines especulativos u otros (pago de patente por no-uso según tipo de derecho y zona geográfica. Asimismo, entre otras modificaciones, se amplía el plazo de objeción en el proceso de solicitud de nuevos derechos, se establecen nuevos requisitos para las solicitudes y se establecen caudales mínimos ecológicos. Asimismo, en 2010 se introdujeron reformas en el área de la gestión medioambiental que tendrán implicaciones en el sector del agua: racionalización de las competencias de la gestión de la calidad de agua y una mejora e integración del marco regulatorio (Banco Mundial, 2011).

³LEY NUM. 20.017 MODIFICA EL CODIGO DE AGUAS
(<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=239221&idVersion=2009-12-29>).

3.3.2 El funcionamiento del mercado en Chile

El sostenido crecimiento económico y desarrollo social de las últimas décadas ha generado demandas cada vez mayores sobre los recursos hídricos por parte de los diferentes tipos de usuarios (Banco Mundial, 2011). Es importante destacar las diferencias entre la disponibilidad técnica y la disponibilidad jurídica del recurso. Por caso, la escasez jurídica se manifiesta por la extensión de las áreas de prohibición en los acuíferos y cuencas declaradas agotadas en el caso de las aguas superficiales.

Entre los principales usos del recurso se encuentran la minería, que ha invertido recursos en la exploración de aguas subterráneas y la desalación; la producción de agua potable aunque su demanda es menor en términos relativos frente a otros usos consuntivos; y la producción de energía hidroeléctrica ha mostrado un crecimiento importante después de la crisis del gas. En este contexto el cambio climático global ha provocado un incremento de temperaturas en todo el país, reducciones de las precipitaciones en la zona central lo que sumado a las anteriores ha afectado la disponibilidad de recursos hídricos y la estacionalidad e intensidad de caudales.

En general, diferentes estudios para los mercados de DAA en Chile (Banco Mundial, 2011; UDD, 2013; Donoso, Montero y Vicuña, 2001; Cristi et al, 2000; entre otros) concluyen que el desempeño del mercado de los derechos de aprovechamiento de aguas en Chile es variable.

Asimismo, Banco Mundial (2011) destaca algunas características principales del mercado de aguas chileno.

- Seguridad jurídica de la titularidad de los DAA. Aunque las aguas son bienes nacionales de uso público, los DAA gozan de plena protección constitucional como derechos de propiedad. Además, los DAA no pueden extinguirse sino por renuncia del titular o por causas de derecho común y existe obligación de inscripción en los Registros de Aguas de los Conservadores de Bienes Raíces.
- Gravamen sobre los DAA. Está permitido por ley, lo que significa que el titular del DAA tiene la posibilidad de garantizar el cumplimiento de las obligaciones derivadas de un crédito, a través de la hipoteca del referido derecho.
- Libre ejercicio y la libre transferibilidad de los DAA. La comercialización de los DAA a través del mercado no requiere aprobación por la DGA. Asimismo, pueden transferirse libremente los derechos en forma separada de la tierra y existe posibilidad de cambiar puntos de captación y fuente de abastecimiento de los DAA.

Donoso, Montero y Vicuña (2001) complementan las características del mercado de aguas chileno:

- El DAA se establece sobre un cauce o fuente natural, debiendo quedar explicitadas la bocatoma desde donde se capta y la cantidad de éste expresado en unidades de caudal, es decir, volumen por unidad de tiempo.
- No es necesario justificar usos futuros, ni respetar los usos antiguos que tenían las aguas en el caso de transferencias de derechos.
- Los DAA se asignan inicialmente en forma gratuita y se mantienen de manera gratuitas, sin existir ningún tipo de caducidad sobre éstos. La única excepción ocurre cuando hay dos o más solicitudes simultáneas a las mismas aguas; en dicho caso la Dirección General de Aguas convoca a un remate para adjudicar los derechos.

- Existen derechos consuntivos y no consuntivos. En este último caso se obliga a la devolución de las aguas una vez que estas han sido utilizadas a diferencia de los usos consuntivos

Para EMG Consultores (2011) la disponibilidad de agua es geográficamente muy heterogénea, conformando un escenario de alta escasez, cuya transacción en el mercado determinan reasignaciones del recurso, que pueden provocar efectos importantes en el medioambiente y en las condiciones de vida de la población rural establecida en las zonas aledañas a las fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas.

Por último, es importante mencionar los costos de transacción observados en el mercado chileno. Entre ellos se destacan la modificación de la infraestructura de distribución de agua, la búsqueda de información y los costos legales o administrativos asociados a la transacción de derechos.

3.3.3 Lecciones aprendidas y recomendaciones

En el caso de Chile, la evidencia respecto a las ganancias de eficiencia del mercado de DAA no es concluyente, aun cuando existe cierto consenso respecto a sus bondades. Para UDD (2013), aun cuando los mercados de aguas funcionan con distintos grados de eficiencia en las diversas cuencas, en general los precios de los derechos han ido aumentando a medida que la escasez del agua ha ido incrementándose.

Cristi et al (2000) establece algunas consideraciones para el mercado del agua para irrigación en el Sistema Paloma de la Cuenca del Limarí que pueden generalizarse a la realidad chilena: i) el actual código de aguas chileno es lo suficientemente flexible como para permitir el desarrollo de mercados de DAA y mercados spot para volúmenes de agua; ii) las asociaciones de usuarios son un factor determinante del buen funcionamiento del mercado; iii) la existencia de fuentes de abastecimiento con alta seguridad de suministro aparecen como una condición necesaria para la existencia de un mercado spot; iv) un mercado flexible permite la reasignación del agua hacia aquellos sectores en que el recurso agua adquiere su mayor valor; v) la existencia de un mercado para el agua genera externalidades negativas y positivas.

Finalmente, EMG Consultores (2011) establece algunas recomendaciones. Entre ellas: i) inclusión de una distinción en usos específicos del recurso, que implica desarrollar instrumentos normativos para la consideración de variables ambientales, sociales y económicas; ii) autorización de comercialización y establecimiento de derechos de usos de agua con fines específicos, gestión integrada del recurso, desarrollar información para un adecuado establecimiento de externalidades, realizar una evaluación de factibilidad económica de crear instrumentos para el pago de servicios ambientales prestados por la agricultura a la sociedad, desarrollar información y seguimiento del funcionamiento de mercados para reducir las fallas de mercado asociadas a asimetrías de información y costos de transacción.

4 Metodología de trabajo

A los fines de dar cumplimiento a los objetivos anteriores, se desarrollaron las siguientes actividades y etapas. Asimismo, se revisaron algunos de los estudios de tarificación de empresas sanitarias disponibles en la página web de la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

4.1 Objetivo 1, aplicar la metodología que usa SISS

Para dar cumplimiento al objetivo 1 se aplicó la metodología que la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) utiliza para la estimación del valor de los derechos de aprovechamiento de aguas en los procesos tarifarios que se llevan a cabo cada 5 años. En este contexto, el análisis fue desarrollado para los siguientes derechos de aprovechamiento de aguas:

- i. Derechos de agua consuntivos, continuos y permanentes;
- ii. Derechos no consuntivos permanentes y eventuales;
- iii. Derechos consuntivos eventuales.

En acuerdo a lo solicitado, el análisis fue circunscrito a los mercados relevantes de las Regiones de Valparaíso y Metropolitana y de acuerdo a la base de datos entregada por la DGA y que registra las transacciones informadas por los Conservadores de Bienes Raíces (CBR).

La metodología usada por SISS establece que la estimación del valor único de litros por segundo (l/s) de una fuente de abastecimiento o mercado se realiza sobre la base de información efectiva de transacciones de derechos de aprovechamiento de aguas (DAA). La información sobre las transacciones de DAA fue sometida a un proceso de depuración para aislar los datos inconsistentes. Asimismo, se revisó que las inscripciones consideradas para la estimación de precios de mercado de DAA dispusieran de los antecedentes correspondientes para asegurar una estimación fidedigna.

Los criterios utilizados para la estimación se muestran a continuación:

- i. Tipo de transacción: compraventa;
- ii. Naturaleza del derecho: subterráneo y superficial, dependiendo del caso;
- iii. Tipo de derecho; consuntivo y no consuntivo;
- iv. Tipo de ejercicio; permanente y continuo;
- v. Caudal: volumen por unidad de tiempo⁴;
- vi. Valor total de la transacción: monto en pesos y UF.

Asimismo, sobre la base de la información disponible se identificaron y excluyeron las inscripciones que no dispusieron de las especificaciones indicadas.

Una segunda etapa del proceso de sistematización de la información implicó la identificación y exclusión de los valores atípicos. Tal como lo requiere la propia metodología de SISS, una vez depurada la base de datos, se deberá realizar un análisis de identificación de valores atípicos en relación a la distribución del precio unitario de l/s. Este ajuste es necesario dado que los mercados de aguase caracterizan por su escasa profundidad y asimetrías de información y la existencia de habituales transacciones por negociaciones bilaterales.

En este proceso de eliminación de valores atípicos se dejaron fuera de la muestra final las estimaciones de aquellos valores con errores y con información duplicada. Asimismo, se

⁴En el caso de observaciones con unidades de caudal que no corresponden a volumen por unidad de tiempo se consideró la equivalencia de las acciones y regadores en términos de litros por segundo de cada fuente superficial, de acuerdo con información publicada por la DGA y SISS. Más detalles se presentan en la sección “Homologación de la base de datos”.

aplicaron métodos estadísticos para la eliminación de valores atípicos. Dado que los métodos trabajan con una distribución subyacente normal o log-normal, para evaluar si el método de remoción de casos atípicos aplicado fue exitoso (curtosis) se utilizó una prueba de hipótesis de normalidad basada en el grado de simetría y de concentración de las observaciones en torno a la media.

Una vez depurada la base de datos, la estimación de los precios de mercado fue realizada usando los tres estadígrafos de más amplio uso en el análisis estadístico: la media, la media ponderada por caudal y la mediana. Esta metodología de análisis fue aplicada a las fuentes (o mercados) de las Regiones de Valparaíso y Metropolitana.

4.2 Objetivo 2, aplicar set de variables mínimas sobre la base de datos DGA

Para el cumplimiento del objetivo 2, a partir de los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología establecida por SISS se aplicaron los requerimientos mínimos de información descritos en el sistema de registro de transacciones de DAA de la DGA, a los fines de estimar las variables intrínsecas de cada transacción de DAA. Estas variables correspondieron a las siguientes:

- i. Tipo de transacción;
- ii. Naturaleza del derecho;
- iii. Tipo de derecho;
- iv. Tipo de ejercicio;
- v. Especificación de caudal;
- vi. Valor total de la transacción.

Este conjunto de variables mínimas que caracterizan los DAA se aplicaron a la base de datos de transacciones de las Regiones de Valparaíso y Metropolitana de Santiago.

La metodología de SISS establece que para cada fuente (o mercado) se deben identificar y excluir valores atípicos en relación a la distribución de los precios unitarios de los DAA. La eliminación de valores atípicos busca dejar fuera de las estimaciones a observaciones que fueron registrados con información errónea o que no corresponden a la información que se busca analizar. Para ello se deben métodos estadísticos que permitan identificar observaciones extremas, y luego excluirlas de los análisis. Estos se basan en la existencia de una distribución subyacente normal o log-normal, que es distorsionada por la presencia de estas observaciones. La transformación logarítmica es estándar en el análisis econométrico ya que permite corregir problemas de simetría, ajusta la escala de dispersión de los datos y es relativamente simple (PUC, 2010). En este estudio se propone seguir la metodología aplicada por PUC (2010) "Análisis del Mercado del Agua de Riego en Chile: una Revisión Crítica a través del Caso de la Región De Valparaíso", debido a que es intuitiva, no tiene una complejidad mayor en aplicarla y replicarla en otras fuentes o regiones, y logra determinar un estadígrafo robusto.

Para la identificación de valores atípicos, se aplicaron dos técnicas: la metodología propuesta por Hadi (1992) y por Grubbs (1962).

4.2.1 Método de Hadi

El método propuesto por Hadi (1992) consiste en:

- Ordenar las observaciones en orden ascendente de la variable de interés;
- Identificar un grupo central que comprenda al 50% de la base de datos y calcular la media y la matriz de covarianza para dicho grupo⁵;
- Estimar la Distancia de Mahalanobis (DM) para cada observación, la cual está determinada por el escalar

$$DM = (x - \bar{x})' d^{-1} (x - \bar{x})$$

- donde x corresponde al conjunto de datos expresados como vector; \bar{x} es la media de los datos expresados como vector y d es la matriz de covarianzas. La utilidad de considerar la DM es que es una forma de estimar la similitud de entre dos variables aleatorias multidimensionales.
- Evaluar si la observación con la menor distancia de Mahalanobis es consistente con el grupo central de datos usando prueba de chi-cuadrado a un nivel de significancia ;
- Añadir la observación al grupo central de datos si es consistente con el grupo central;

⁵ Este paso se realiza para determinar estimadores robustos de la media y la matriz de covarianza.

- Repetir el proceso hasta que todas las distancias de Mahalanobis de las observaciones sean agregadas al grupo central, o hasta que una distancia de Mahalanobis de una observación sea considerada como atípica. Si ocurre lo último, todas las observaciones con una distancia de Mahalanobis mayor a la crítica, se considerarán como valores extremos.

La ventaja de este método está en que consiste en una prueba de hipótesis formal que considera las características de la muestra (medias y matriz de covarianzas). Además, es un método estadístico que permite identificar valores extremos en datos multivariados, que considera las interacciones entre variables.

4.2.2 Método de Grubbs

El método propuesto por Grubbs (1969) es utilizado para detectar valores extremos de un conjunto de datos univariados, cuya distribución tienda a acercarse a una normal. Este método consiste en un proceso iterativo de pruebas de hipótesis (test de Grubbs) para evaluar si existe un valor extremo.

La hipótesis nula (H_0) del test de Grubbs es que no existen valores extremos en los datos, mientras que la hipótesis alternativa (H_a) es que existe a lo menos un valor extremo en los datos. El estadígrafo de Grubbs se define como:

$$G = \frac{\max_{i=1, \dots, n} |y_i - \bar{y}|}{s}$$

donde s e \bar{y} representan la desviación estándar y la media de la muestra, respectivamente. De esta forma, el estadígrafo G corresponde a la mayor desviación absoluta de la media muestral en unidades de la desviación estándar de la muestra.

La hipótesis nula para una muestra de tamaño n a un nivel de significancia es rechazada si

$$G > \frac{n-1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{t_{\alpha/(2n), n-2}^2}{n-2 + t_{\alpha/(2n), n-2}^2}}$$

donde $t_{\alpha/(2n), n-2}$ denota el valor crítico de la distribución t con $n-2$ grados de libertad. Esta prueba se realiza a la muestra completa y si se rechaza la hipótesis nula se elimina el valor con la máxima desviación y se vuelve a aplicar la prueba sucesivamente hasta que no se pueda rechazar la hipótesis nula.

De esta forma, el test de Grubbs detecta e identifica en cada iteración un valor extremo, hasta que no queden valores atípicos en la muestra.

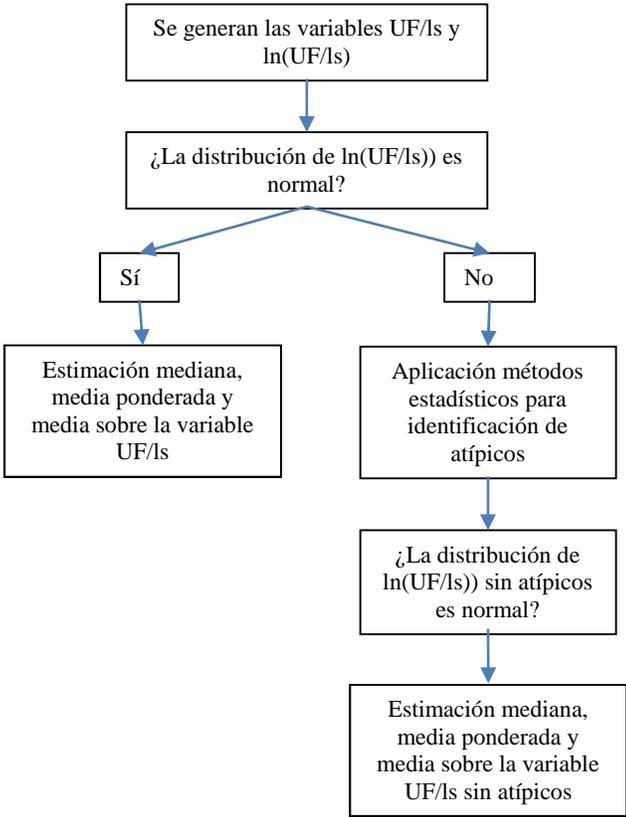
El procedimiento aplicado consistió primeramente en evaluar la normalidad de la distribución del logaritmo natural del precio unitario ($\ln(UF/Is)$) de la base de datos depurada con DAA consuntivos, permanentes y continuos, para aquellos mercados con al menos 15 observaciones. Para esto se utilizó la prueba de hipótesis para evaluar normalidad basado en el grado de simetría de las colas y de concentración de valores en torno a la media (D'Agostino et al. 1990; Royston, 1991).

Si se rechaza la hipótesis de normalidad, se aplica el método de Hadi para identificar valores atípicos, y luego se aplica nuevamente una prueba de hipótesis para evaluar

normalidad de la distribución sin valores atípicos. Si el método de Hadi no es exitoso, se aplica entonces el método de Grubbs.

Luego, se estiman tres estadígrafos para determinar el precio de mercado (UF/ls): la mediana, la media y la media ponderada por caudal sin considerar los valores atípicos identificados por el método de Hadi o Grubbs, si los hubiera. En otras palabras, lo que busca esta metodología es definir una distribución normal, con el fin de que sobre ella se determine los estadígrafos indicados. En distribuciones normales, la media y la mediana coinciden con el valor esperado de la variable. Sin embargo, la media y la media ponderada son altamente sensibles a pequeñas variaciones de los datos. Por lo tanto, en este estudio se recomienda considerar la mediana como estadígrafo representativo del precio de mercado, debido a que es un estimador insesgado del valor esperado del precio del recurso en distribuciones normales, y es robusto frente a imperfecciones en la calidad de entrada de información, como es el caso de los registros levantados desde los Conservadores de Bienes Raíces.

Figura 1. Procedimiento para identificación de atípicos y estimación



Fuente: elaboración propia, 2018.

4.3 Objetivo 3, propuesta procedimiento de visualización de la información de mercado de aguas

Para el cumplimiento del objetivo 3 se desarrolló un modelo de reporte de información de mercado, que incluye las variables relevantes y que caracterizan el mercado de agua en Chile, de acuerdo a lo indicado precedentemente.

Como resultado, se elaboró una cobertura en formato shapefile que cumple con los estándares y requisitos para ser montada en el visualizador de mapas de la DGA.

5 Estimaciones de valores y resultados

En este capítulo se presenta la fuente de información, la metodología empleada para determinar el valor de mercado de los DAA y las estimaciones correspondientes a las fuentes de la Región Metropolitana de Santiago y de Valparaíso.

5.1 Fuentes de información

Con el objetivo de estimar el valor de mercado de los DAA, se tomó como fuente información la base de datos entregada al inicio de este estudio con los registros de transacciones⁶ a nivel nacional que están inscritos en los Conservadores de Bienes Raíces (CBR). Esta base de datos nacional contiene 47.213 observaciones⁷, y se puede ver que en la zona central del país es donde se concentra la mayor actividad de transacciones. La Región del Maule es la que presenta la mayor proporción de las transacciones, seguido por la Región Metropolitana de Santiago y de Valparaíso, con un 25%, 17% y 15% del total, respectivamente.

⁶ Una transacción se entiende que puede ser de diferentes tipos: compraventa, herencia, cesión, etc.

⁷ En este informe, se entenderá como observación a una transacción de DAA que está registrada en el CBR.

Tabla 1. Número de observaciones de DAA a nivel nacional según región

REGION	NÚMERO DE TRANSACCIONES	PROPORCION
Arica y Parinacota	1.158	2,5%
Tarapacá	106	0,2%
Antofagasta	145	0,3%
Atacama	703	1,5%
Coquimbo	6.960	14,7%
Valparaíso	7.032	14,9%
Metropolitana	8.177	17,3%
O'Higgins	6.141	13,0%
Maule	11.869	25,1%
BíoBío	2.773	5,9%
Araucanía	1.259	2,7%
Los Lagos	289	0,6%
Los Ríos	429	0,9%
Aysén	150	0,3%
Magallanes y Antártica Chilena	22	0,0%
TOTAL	47.213	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018, basado en base de datos nacional de transacciones de DAA.

Siguiendo lo establecido en el objetivo específico primero y segundo, se consideró la Región de Valparaíso y la Región Metropolitana de Santiago para generar una base de datos inicial que incluye solamente las observaciones de estas dos regiones. Éstas totalizan 15.209 observaciones, de las cuales el 46% corresponde a la Región de Valparaíso y un 54% corresponde a la Región Metropolitana de Santiago. Esta base de datos contiene información de transacciones desde el 2010 al 2018.

Tabla 2. Número de observaciones de DAA Región de Valparaíso

CBR REGIÓN VALPARAISO	OBSERVACIONES	PROPORCION
CASABLANCA	142	2,0%
CONCON	64	0,9%
LA CALERA	560	8,0%
LA LIGUA	924	13,1%
LIMACHE	936	13,3%
LLAY LLAY	396	5,6%
LOS ANDES	1.529	21,7%
PUTAENDO	1.194	17,0%
QUILLOTA	524	7,5%
QUILPUE	3	0,0%
QUINTERO	296	4,2%
SAN ANTONIO	34	0,5%
SAN FELIPE	420	6,0%
VILLA ALEMANA	10	0,1%
TOTAL	7.032	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018, basado en base de datos nacional de transacciones de DAA.

Tabla 3. Número de observaciones de DAA Región Metropolitana de Santiago

CBR REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO	OBSERVACIONES	PROPORCION
BUIN	303	3,7%
MELIPILLA	2.536	31,0%
PEÑAFLORES	617	7,5%
PUENTE ALTO	2.819	34,5%
SAN BERNARDO	47	0,6%
SANTIAGO	1.855	22,7%
TOTAL	8.177	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018, basado en base de datos nacional de transacciones de DAA.

Sobre esta base de datos inicial de 15.209 se procedió a realizar el proceso de homologación en las variables relevantes.

5.2 Homologación de la base de datos

Sobre la base de datos inicial, se realizó un proceso de homologación y estandarización en tres variables importantes que servirán para la estimación del valor de mercado del recurso.

Para la estimación del valor de mercado del recurso, es necesario que las transacciones tengan identificada la fuente a la cual pertenezca, de manera de poder agrupar todas aquellas que estén ubicadas en un mismo mercado. Para identificar el mercado de cada transacción, se realizó un procedimiento en dos etapas.

La primera etapa consistió en identificar la fuente a través de las coordenadas UTM que ubican el DAA transado y que están descritas en la base de datos, cruzando con la capa de Acuíferos y Subacuíferos disponible en la página web de la DGA. En el caso de las transacciones que no cuentan con información de coordenadas UTM, se aplicó el método indirecto, considerando el acuífero más relevante en términos de superficie de la comuna donde se ubica el DAA transado (en Anexos se muestra el acuífero más relevante por comuna). Como resultado, se encontró que el 58% de las observaciones se identificó el mercado directamente tomando las coordenadas UTM, mientras que un 35% de las observaciones se identificó a través del método indirecto.

Tabla 4. Método de identificación de mercado DAA subterráneos

MÉTODO	OBSERVACIONES	PROPORCION
Método Directo: coordenadas UTM de base de datos inicial y capa de acuíferos/subacuíferos DGA	2.019	58,1%
Método Indirecto: considerando el acuífero más relevante a nivel comunal	1.217	35,0%
Sin información	240	6,9%
TOTAL	3.476	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

En el caso de los DAA superficiales, se aplicó el mismo método directo para identificar la ubicación de la transacción, y así asignar un mercado. En el caso de las transacciones que no cuentan con información de coordenadas UTM, se tomó como referencia el nombre del canal para identificar el mercado a la cual pertenece, evaluando si dicho canal corresponde a alguna de las Juntas de Vigilancia y/o secciones que están consideradas en este estudio. Para esto, se tomaron diversas fuentes: información de las organizaciones de usuarios y publicaciones de la DGA y CNR. Solamente el 3% de las observaciones superficiales tienen coordenadas que permiten identificar el mercado de manera directa, mientras que un 87% de las observaciones se identificó el mercado a través del método indirecto. Un 10% de las observaciones no fue posible identificar el mercado.

Tabla 5. Método de identificación de mercado DAA superficiales

MÉTODO	OBSERVACIONES	PROPORCION
Método Directo: coordenadas UTM de base de datos inicial y capa de subcuencas DGA	303	2,8%
Método Indirecto: Comparando el canal y comuna de la transacción con diversas fuentes (página de las JV, estudios de la DGA, etc.)	9.538	87,0%
Sin información	1.123	10,2%
TOTAL	10.964	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

De esta manera, en 13.077 de 15.209 observaciones fue posible identificar el mercado a través del método directo e indirecto, lo que equivale a un 86%.

5.3 Homologación de caudal y monto transado

Asimismo, fue necesario estandarizar el caudal transado con el fin de llevarlo todo a la misma unidad de transacción. Para aquellas observaciones que cuentan con unidad de caudal expresada en volumen por unidad de tiempo, se hizo la conversión para llevar a litros por segundo (l/s), unidad sobre la cual se realizó el análisis. En el caso de las unidades que no corresponden a volumen por unidad de tiempo, se consideró la equivalencia de las acciones y regadores en términos de litros por segundo de cada fuente superficial, de acuerdo con información publicada por la DGA y SISS. En Anexos se presentan las conversiones de los regadores y acciones consideradas para llevarlos a l/s.

Además se realizó una homologación de la moneda utilizada en la transacción, para llevarlo todo a UF. Para esto, se consideró la fecha de inscripción de la transacción en el CBR y se consideró el valor del dólar y de la UF correspondiente a dicho día⁸. En la Sección 5.4 se presenta el número de observaciones que fue posible identificar el monto transado medido en UF y el caudal medido en l/s.

5.4 Depuración de la base de datos

Para la estimación de precios de mercado de los DAA, la SISS indica que se debe calcular un valor único del l/s de una fuente, estimado a partir de transacciones efectivas de mercado y que están registradas en los CBR. Establece que la base de datos con las inscripciones deberá ser sometida a un proceso de depuración para identificar y aislar datos inconsistentes. El proceso de depuración elimina observaciones que presenten alguna de las siguientes características:

- i. Imposibilidad de identificar el tipo de naturaleza del DAA
- ii. Imposibilidad de identificar el tipo de ejercicio del DAA
- iii. Imposibilidad de identificar el mercado a la cual pertenece la transacción DAA
- iv. Inexistencia de información de caudal
- v. Imprecisión en el monto de la transacción
- vi. Transacciones diferentes a compraventa
- vii. Transacciones en conjunto con otros bienes
- viii. Transacciones entre parientes
- ix. Agrupación de observaciones que no presenten diferencias en la fecha de inscripción, comprador, vendedor y mercado relevante

A continuación se presenta el proceso de depuración realizado sobre la base de datos inicial.

⁸ En estricto rigor, se debiera tomar la fecha de la transacción como referencia para realizar las conversiones correspondientes. Sin embargo, en la base de datos nacional esta variable no viene reportada. Por este motivo, se consideró la fecha de inscripción en el CBR como proxy a la fecha efectiva de la transacción.

5.4.1 Imposibilidad de identificar naturaleza del DAA

De la base de datos inicial (15.209 observaciones); aproximadamente un 5% no cuenta con información que especifique la naturaleza del DAA; aproximadamente un 23% corresponden a DAA subterráneos y aproximadamente un 72% a DAA superficiales. En total, son 14.440 observaciones cumplen con el requisito de identificación de la naturaleza del DAA⁹.

Tabla 6. Número de observaciones que cuentan con información de Naturaleza del DAA

REGION	NO ESPECIFICADO	SUBTERRANEA	SUPERFICIAL	TOTAL
VALPARAISO	206	1.825	5.001	7.032
METROPOLITANA	563	1.651	5.963	8.177
TOTAL	769	3.476	10.964	15.209
PROPORCION	5,1%	22,9%	72,1%	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

5.4.2 Imposibilidad de identificar el tipo de ejercicio del DAA

De la base de datos inicial, 10.963 observaciones no cuentan con información del tipo de ejercicio del DAA que ha sido transado (72%). Este es el criterio que deja la mayor cantidad de observaciones fuera de las estimaciones.

Tabla 7. Número de observaciones que cuentan con información de Ejercicio del DAA

REGION	SIN TIPO DE EJERCICIO	CON TIPO DE EJERCICIO	TOTAL
VALPARAISO	4.605	2.427	7.032
METROPOLITANA	6.358	1.819	8.177
TOTAL	10.963	4.246	15.209
PROPORCION	72,1%	27,9%	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

5.4.3 Imposibilidad de identificar el mercado a la cual pertenece la transacción DAA

A través del método descrito previamente, de la base de datos inicial fue posible identificar el mercado correspondiente en 13.077 observaciones, lo que representa un 86% de la base de datos inicial.

⁹ Para las observaciones cuya Naturaleza estaba indicada como "No Especificada", se revisaron las variables de "Canal" y Fuente" para inferir si corresponde a un derecho superficial o subterráneo. Este procedimiento permitió deducir la Naturaleza en 300 observaciones.

Tabla 8. Número de observaciones que cuentan con información de Mercado

REGION	SIN MERCADO	CON MERCADO	TOTAL
VALPARAISO	940	6.092	7.032
METROPOLITANA	1.192	6.985	8.177
TOTAL	2.132	13.077	15.209
PROPORCION	14,0%	86,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

5.4.4 Inexistencia de información de caudal

De la base de datos inicial, 7.383 observaciones no cuentan con información de caudal expresada en l/s (49%) ya sea porque no se indica el caudal transado y/o la unidad de caudal.

Tabla 9. Número de observaciones que cuentan con información de caudal expresado en l/s

REGION	SIN CAUDAL L/S	CON CAUDAL L/S	TOTAL
VALPARAISO	2.911	4.121	7.032
METROPOLITANA	4.472	3.705	8.177
TOTAL	7.383	7.826	15.209
PROPORCION	48,5%	51,5%	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

5.4.5 Imprecisión en el monto de la transacción

De la base de datos inicial, 5.684 observaciones no cuentan con información de monto expresado en UF (37%), ya sea porque no se indica la cifra transada y/o la moneda.

Tabla 10. Número de observaciones que cuentan con información de monto transado expresado en UF

REGION	SIN INFORMACION DE MONTO	CON INFORMACION DE MONTO	TOTAL
VALPARAISO	2.466	4.566	7.032
METROPOLITANA	3.218	4.959	8.177
TOTAL	5.684	9.525	15.209
PROPORCION	37,4%	62,6%	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

5.4.6 Transacciones diferentes a compraventa

De la base de datos inicial, 9.365 observaciones corresponden a compraventas, lo que representa un 61%.

Tabla 11. Número de observaciones cuyo tipo de transacción es Compraventa

REGION	OTRO TIPO DE TRANSACCION	COMPRAVENTA	TOTAL
VALPARAISO	2.780	4.252	7.032
METROPOLITANA	3.064	5.113	8.177
TOTAL	5.844	9.365	15.209
PROPORCION	38,4%	61,6%	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

5.4.7 Transacciones en conjunto con otros bienes

De la base de datos inicial, 2,078 observaciones fueron transadas en conjunto con otros bienes (14%). 13.131 observaciones indican que se transó solo el DAA.

Tabla 12. Número de transacciones con otros bienes

REGION	INCLUYE OTROS BIENES	SOLO AGUA	TOTAL
VALPARAISO	1.060	5.972	7.032
METROPOLITANA	1.018	7.159	8.177
TOTAL	2.078	13.131	15.209
PROPORCION	13,7%	86,3%	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

5.4.8 Transacciones entre parientes

De la base de datos inicial, 147 observaciones fueron identificadas como transacciones entre parientes (1%)¹⁰.

Tabla 13. Número de transacciones entre parientes

REGION	TRANSACCIONES ENTRE PARIENTES	TRANSACCIONES ENTRE NO PARIENTES	TOTAL
VALPARAISO	134	6.898	7.032
METROPOLITANA	13	8.164	8.177
TOTAL	147	15.062	15.209
PROPORCION	1,0%	99,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

5.4.9 Resultado de depuración de base de datos

Sobre la base de datos inicial se procedió a aplicar los criterios de depuración de manera incremental, con el fin de contar con una base de datos depurada que incluya

¹⁰ Se consideró como criterio la coincidencia de algún apellido entre el comprador y vendedor para identificar si están emparentados.

observaciones que cumplan con todas las condiciones para que sean consideradas en la estimación. Posteriormente, se realizó una agregación de observaciones, agrupando en una sola transacción aquellas inscripciones que no presenten diferencias entre nombre de comprador, nombre de vendedor, fecha de inscripción y mercado relevante, de tal manera de expresar en una sola observación el caudal total y monto total transado.

A continuación se presenta el resultado del proceso de depuración de la base de datos inicial, se observa que de las 15.209 observaciones, 1.197 (8%) cumplen con los requisitos definidos para estimar precios de mercado de DAA.

Tabla 14. Aplicación incremental de criterios de depuración

	Número de observaciones
Base de datos nacional	47.213
Base de datos inicial	15.209
Criterio de depuración	
Con información de naturaleza	14.440
Con información de tipo de ejercicio	4.177
Con información de mercado	3.899
Con información de caudal	3.759
Con información de monto	2.132
Compraventa	1.762
Transacción solo DAA	1.311
Transacción entre personas no relacionadas	1.238
Agrupación de observaciones	1.199
Base de datos depurada	1.199

Fuente: Elaboración propia 2018.

Cabe indicar que de las 14.010 observaciones que quedaron fuera de las estimaciones según la depuración descrita, 13.077 (93%) no se consideraron debido a que no cuentan con información básica de la transacción de un DAA: naturaleza, ejercicio, mercado (o ubicación del DAA transado), caudal o monto.

De acuerdo con los alcances del estudio, se debe aplicar la metodología para estimar precios de mercado de i) DAA consuntivos, continuos y permanentes, ii) DAA no consuntivos permanentes y eventuales, y iii) DAA consuntivos eventuales, en mercados relevantes de la Región de Valparaíso y Región Metropolitana. Sin embargo, de la base de datos depurada se observa que el 97% de las observaciones corresponden a transacciones de DAA consuntivos, permanente y continuo, lo que significa que no existe una masa crítica mínima de observaciones que permitan realizar estimaciones de precios de mercado para DAA consuntivos eventuales y DAA no consuntivos.

Tabla 15. Tipo de ejercicio de base depurada

TIPO DE EJERCICIO DEL DAA	OBSERVACIONES	PROPORCION
EVENTUAL	9	0,8%
EVENTUAL Y CONTINUO	9	0,8%
EVENTUAL Y DISCONTINUO	2	0,2%
PERMANENTE Y ALTERNADO	11	0,9%
PERMANENTE Y CONTINUO	1.162	96,9%
PERMANENTE Y DISCONTINUO	6	0,5%
TOTAL	1.199	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

Por lo tanto, las estimaciones que se presentan en el informe corresponden a transacciones de DAA consuntivos, continuos y permanentes, es decir, 1.162 observaciones.

Tabla 16. DAA consuntivos, continuos y permanentes de base de datos depurada

REGION	SUBTERRANEA	SUPERFICIAL	TOTAL
DE VALPARAISO	516	98	614
METROPOLITANA	453	95	548
TOTAL	969	193	1.162
PROPORCION	83,4%	16,6%	100,0%

Fuente: Elaboración propia 2018.

Cabe indicar que en este estudio se ha considerado como "unidad de mercado" a la fuente efectiva en la cual es posible transar DAA. En el caso de los DAA superficiales, la unidad de mercado pueden ser Secciones de Ríos (caso de Aconcagua y Maipo) o el río completo (río La Ligua). En el caso de los DAA subterráneos, la unidad de mercado debiera ser el Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común (subacuífero). Sin embargo, dado el bajo número de observaciones, se ha considerado al Acuífero como unidad de mercado.

A continuación se presenta el número de observaciones por unidad de mercado, según región, de DAA consuntivos, continuos y permanentes de base de datos depurada de la Región de Valparaíso.

Tabla 17. Observaciones por unidad de mercado Región de Valparaíso, DAA consuntivos, continuos y permanentes

REGIÓN	NATURALEZA	UNIDAD DE MERCADO	OBSERVACIONES
Región de Valparaíso	Subterránea	Aconcagua Desembocadura	12
		Casablanca	16
		Catapilco	18
		Catemu	6
		Estero El Membrillo	1
		Estero Puchuncavi	38
		Estero Viña del Mar	6
		Horcon	9
		La Ligua	60
		Limache	181
		Llayllay	5
		Nogales	40
		Petorca	15
		Puangue Alto	7
		Putando	3
		Quillota	71
		Quintero	16
		San Felipe	12
		Subtotal	516
	Superficial	1S Aconcagua	9
		2S Aconcagua	2
		3S Aconcagua	43
		4S Aconcagua	9
		Río La Ligua	9
		Río Petorca	2
		Río Putando	24
		Subtotal	98
	TOTAL		

Fuente: Elaboración propia 2018.

A continuación se presenta el número de observaciones por unidad de mercado, según región, de DAA consuntivos, continuos y permanentes de base de datos depurada de la Región Metropolitana.

Tabla 18. Observaciones por unidad de mercado Región Metropolitana, DAA consuntivos, continuos y permanentes

REGIÓN	NATURALEZA	UNIDAD DE MERCADO	OBSERVACIONES
Región Metropolitana	Subterráneo	Alhue	15
		Chacabuco Polpaico	88
		Chicureo	29
		Cholqui	3
		Colina Inferior	14
		Colina Sur	36
		La Higuera	1
		Lampa	102
		Limache	1
		Mapocho Alto	4
		Melipilla	3
		Popeta	7
		Puangue Bajo	2
		Puangue Medio	17
		Santiago Central	36
		Santiago Norte	22
		Santiago Sur	3
		Tiltil	20
		Yali	50
		Subtotal	453
	Superficial	1S Maipo	49
		2S Maipo	10
		3S Maipo	34
		Rio Mapocho	2
		Subtotal	95
	TOTAL		548

Fuente: Elaboración propia 2018.

5.5 Resultados para unidad de mercado con 15 o más observaciones

A continuación se presentan los resultados obtenidos para aquellos mercados con al menos 15 observaciones.

Unidades de mercado superficial

- Tercera Sección Río Aconcagua
- Río Putaendo
- Primera Sección Río Maipo
- Tercera Sección Río Maipo

Unidades de mercado subterráneo

- Casablanca
- Catapilco

- Estero Puchuncaví
- La Ligua
- Limache
- Nogales
- Petorca
- Quillota
- Quintero
- Alhué
- Chacabuco Polpaico
- Chicureo
- Colina Sur
- Lampa
- Puangue Medio
- Santiago Central
- Santiago Norte
- Tiltil
- Yali

5.5.1 Tercera Sección Río Aconcagua

Para la Tercera Sección del Río Aconcagua, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(UF/Is)$ de las 43 observaciones es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi tampoco encontró observaciones atípicas en la distribución de $\ln(UF/LS)$. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de 344 UF/Is 193 UF/Isy 82 UF/Is, respectivamente.

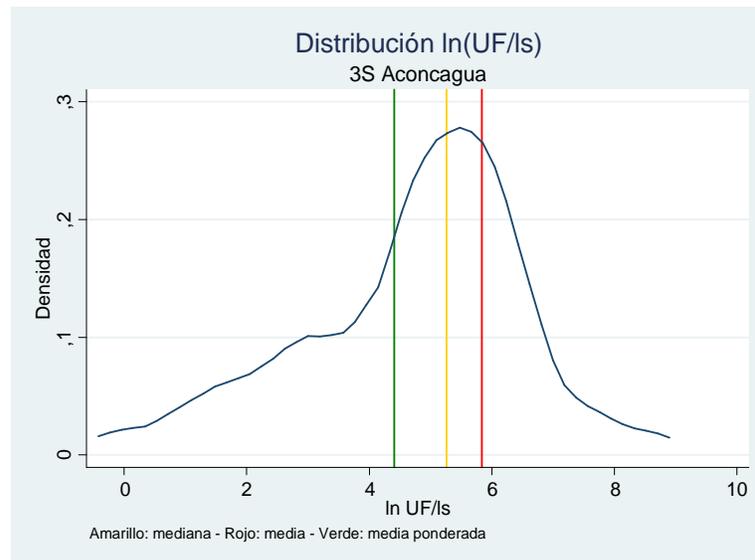
Tabla 19. Resultados Tercera Sección Río Aconcagua

	Valor UF/Is
Observaciones	43
Observaciones atípicas	0
Media	344
Mediana	193
Media ponderada	82
Test for normality (p value)	0,116

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(UF/Is)$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 2. Distribución y estadígrafos Tercera Sección Río Aconcagua



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.2 Río Putaendo

En el caso del Río Putaendo, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(UF/Is)$ de las 24 observaciones es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi tampoco encontró observaciones atípicas en la distribución de $\ln(UF/LS)$. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de 386 UF/Is, 85 UF/Is y 166 UF/Is, respectivamente.

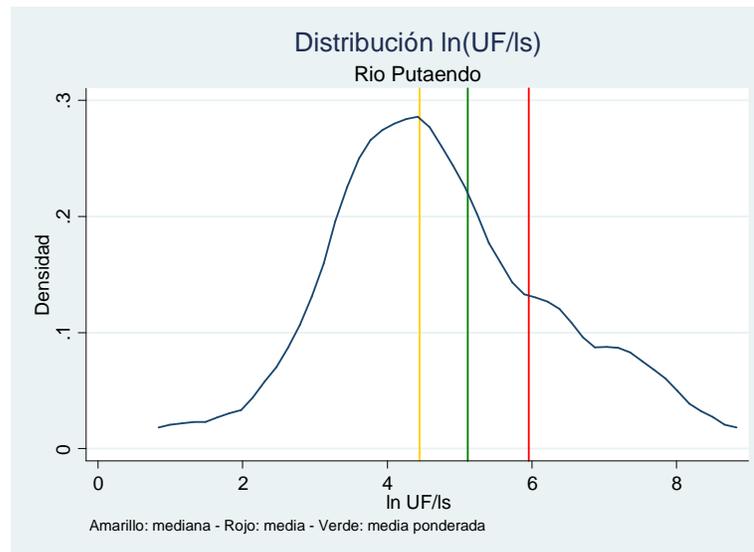
Tabla 20. Resultados Río Putaendo

	Valor UF/Is
Observaciones	24
Observaciones atípicas	0
Media	386
Mediana	85
Media ponderada	166
Test for normality (p value)	0,5956

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(UF/Is)$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 3. Distribución y estadígrafos Río Putaendo



Fuente: elaboración propia, 2018.

5.5.3 Primera Sección Río Maipo

En la Primera Sección del Río Maipo, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(UF/ls)$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi tampoco encontró observaciones atípicas en la distribución de $\ln(UF/LS)$. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de 169 UF/ls, 74 UF/ls y 36 UF/ls, respectivamente.

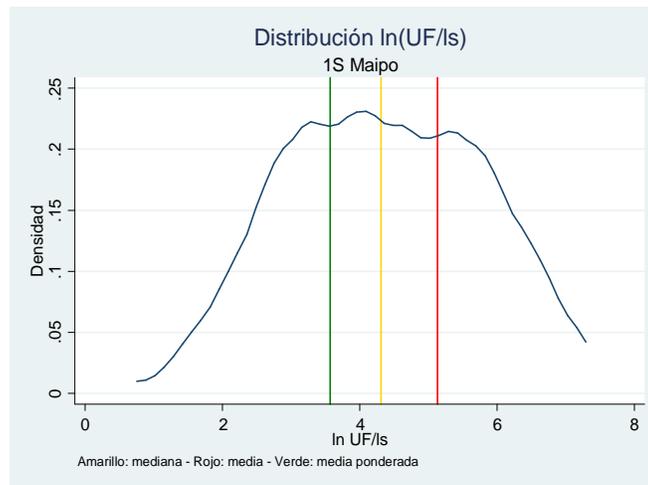
Tabla 21. Resultados Primera Sección Río Maipo

	Valor UF/ls
Observaciones	49
Observaciones atípicas	0
Media	169
Mediana	74
Media ponderada	36
Test for normality (p value)	0,1477

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(UF/ls)$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 4. Distribución y estadígrafos Primera Sección Río Maipo



Fuente: elaboración propia, 2018.

5.5.4 Tercera Sección Río Maipo

En la Tercera Sección del Río Maipo, sí existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(UF/Is)$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi identificó 8 observaciones atípicas en la distribución de $\ln(UF/LS)$, y permitió lograr la normalidad en la distribución sin estos valores atípicos. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución sin valores atípicos de 41 UF/Is, 36 UF/Is y 33 UF/Is, respectivamente.

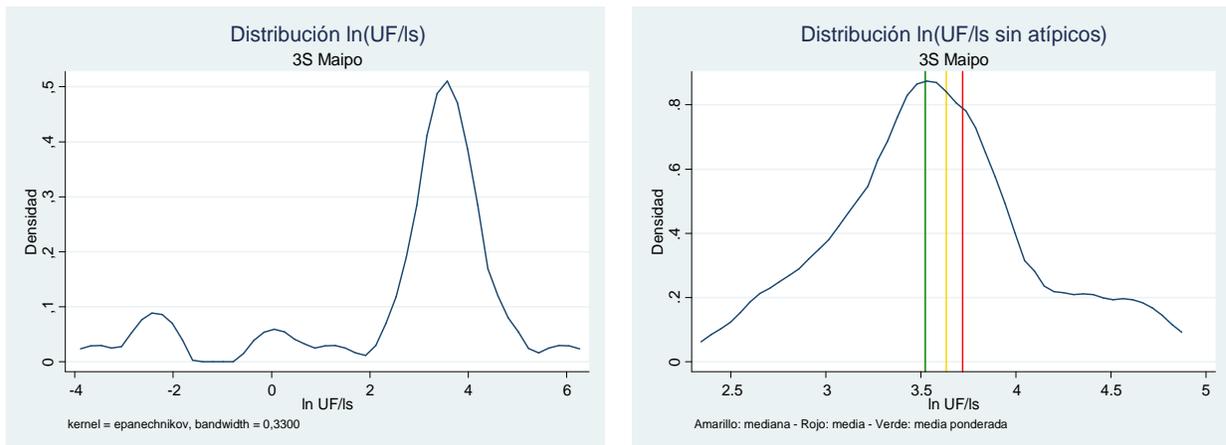
Tabla 22. Resultados Tercera Sección Río Maipo

	Valor UF/Is Todas las observaciones	Valor UF/Is Sin Atípicos
Observaciones	34	26
Observaciones atípicas		8
Media	42	41
Mediana	31	36
Media ponderada	17	33
Test for normality (p value)	0,003	0,7634

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(UF/Is)$ considerando las 34 observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 5. Distribución inicial y sin atípicos Tercera Sección Río Maipo



Fuente: elaboración propia, 2018.

5.5.5 Acuífero Casablanca

En el caso del Acuífero Casablanca, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(UF/Is)$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi no identificó observaciones atípicas en la distribución de $\ln(UF/LS)$. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 806 UF/Is, 191 UF/Is y 149 UF/Is, respectivamente.

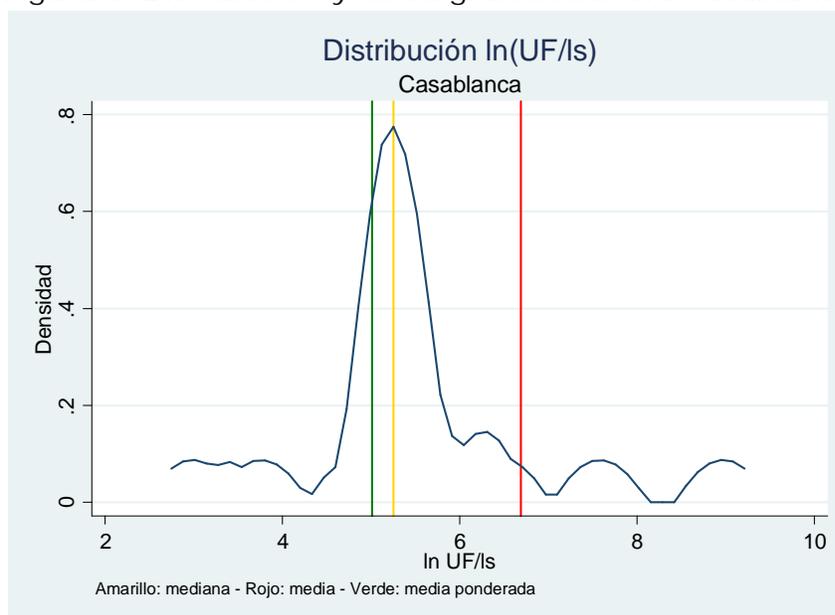
Tabla 23. Resultados Acuífero Casablanca

	Valor UF/Is
Observaciones	16
Observaciones atípicas	0
Media	806
Mediana	191
Media ponderada	149
Test for normality (p value)	0.0643

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(UF/Is)$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 6. Distribución y estadígrafos Acuífero Casablanca



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.6 Acuífero Catapilco

En el caso del Acuífero Catapilco, sí existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(UF/Is)$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi identificó 6 observaciones atípicas en la distribución de $\ln(UF/Is)$, y permitió lograr la normalidad en la distribución sin estos valores atípicos. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución sin valores atípicos de 508 UF/Is, 494 UF/Is y 477 UF/Is, respectivamente. Sin embargo, dado el bajo número de observaciones consideradas para las estimaciones de los estadígrafos (12), se recomienda tomar con cautela estos resultados, pues podrían no representar el verdadero valor del recurso.

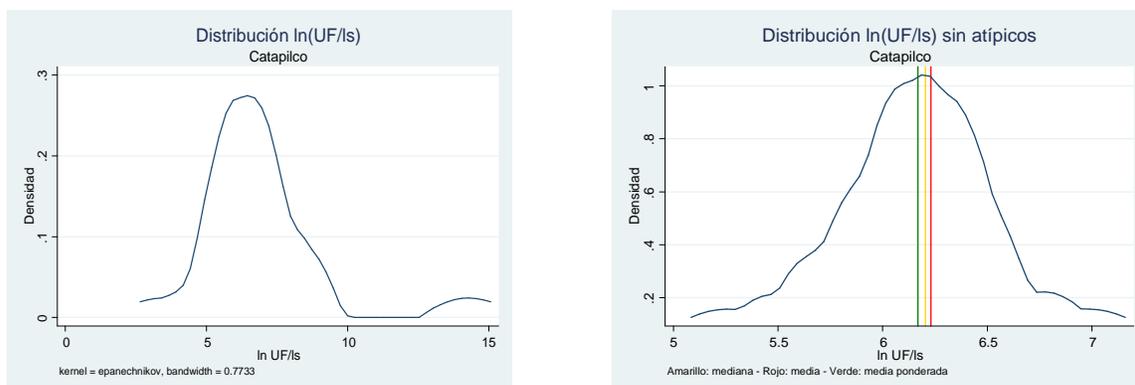
Tabla 24. Resultados Acuífero Catapilco

	Valor UF/Is Todas las observaciones	Valor UF/Is Sin Atípicos
Observaciones	18	12
Observaciones atípicas		6
Media	90261	508
Mediana	546	494
Media ponderada	66585	477
Test for normality (p value)	0,000	0,4901

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF}/\text{Is})$ considerando las 18 observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 7. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Catapilco



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.7 Acuífero Estero Puchuncaví

En el caso del Acuífero Puchuncaví, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF}/\text{Is})$ no es normal al 95% de nivel de confianza. Sin embargo, los métodos de Hadi y de Grubbs no logran identificar observaciones que permitan una distribución normal sin los valores atípicos. Lo anterior se debe probablemente a que la distribución es bimodal, en que existen dos subgrupos de observaciones que se distribuyen en torno a dos subcentros. Entonces, los métodos de Hadi y de Grubbs no logran distinguir cuál es la verdadera tendencia central. En este caso, se presenta la media, mediana y media ponderada considerando todas las observaciones, y toman el valor de 1.789 UF/Is, 93 UF/Is y 321 UF/Is, respectivamente.

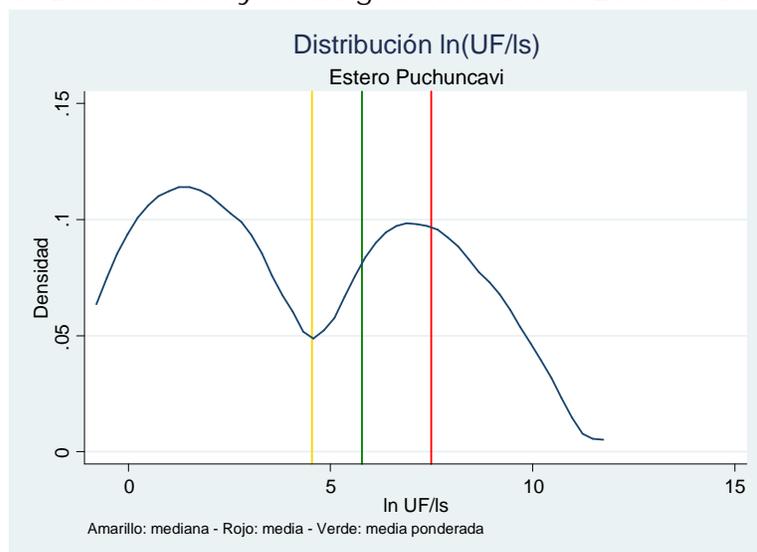
Tabla 25. Resultados Acuífero Estero Puchuncaví

	Valor UF/Is Todas las observaciones
Observaciones	38
Observaciones atípicas	0
Media	1789
Mediana	93
Media ponderada	321
Test for normality (p value)	0.000

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF}/\text{Is})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 8. Distribución y estadígrafos Acuífero Estero Puchuncaví



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.8 Acuífero La Ligua

En el caso del Acuífero La Ligua, existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(UF/Is)$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi identificó 8 observaciones atípicas en la distribución de $\ln(UF/Is)$, y permitió lograr la normalidad en la distribución sin estos valores atípicos. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución sin valores atípicos de 229 UF/Is, 188 UF/Is y 171 UF/Is, respectivamente¹¹.

Tabla 26. Resultados Acuífero La Ligua

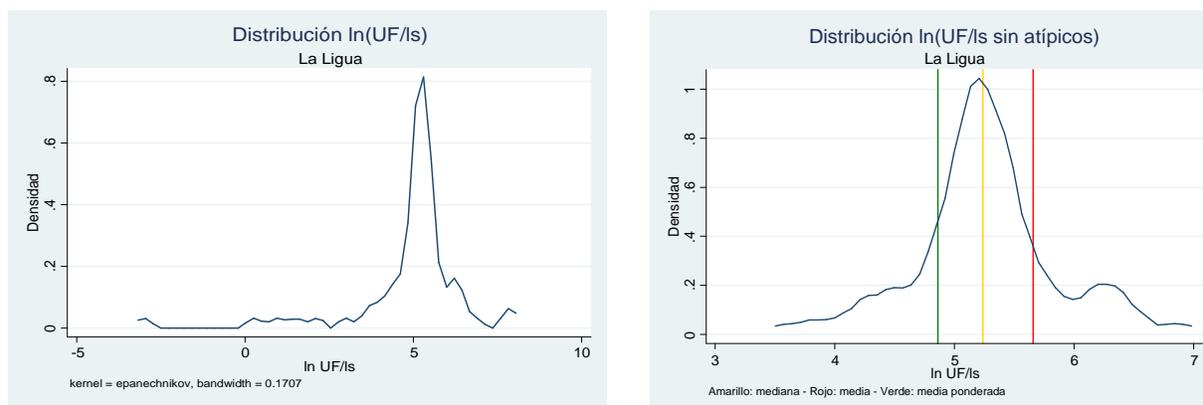
	Valor UF/Is Todas las observaciones	Valor UF/Is Sin Atípicos
Observaciones	60	52
Observaciones atípicas	0	8
Media	286	229
Mediana	187	188
Media ponderada	129	171
Test for normality (p value)	0,000	0,2752

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(UF/Is)$ considerando todas las observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

¹¹ En Anexos se presenta un análisis a nivel de Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común.

Figura 9. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero La Ligua



Fuente: elaboración propia, 2018

En el caso del Acuífero La Ligua, se presenta un análisis a nivel de sector hidrogeológico de aprovechamiento común. Los sectores 5, 9, 11 y 12 no cuentan con observaciones para realizar estimaciones de valor de mercado de DAA. Los sectores 6, 7 y 8 si bien cuentan con mayor número de observaciones, aún son pocas las transacciones, por lo que los resultados deben tomarse con cautela.

El sector 6 y 8 la distribución de las observaciones inicial distribuye normal y no se identificaron valores atípicos, por lo que los estadígrafos se calcularon considerando todas las observaciones. En el caso del sector 7 la distribución de datos inicial no distribuye normal, pero el método de Hadi logró identificar la observación que impedía la distribución normal. Por tanto, los estadígrafos estimados en este caso consideran la distribución inicial sin este valor atípico.

De esta forma, el sector 6, 7 y 8 tienen una mediana de 187 UF/l/s, 191 UF/l/s y 154 UF/l/s, respectivamente. Sin embargo, la diferencia entre ellas no es estadísticamente significativa.

Tabla 27. Estadígrafos a nivel de sector hidrogeológico de aprovechamiento común

Subacuífero	Observ.	Media UF/Is	Mediana UF/Is	Media Ponderada UF/Is	Comentarios
Sin Informacion	12				
Sector 11 - Río La Ligua Costa	3				
Sector 12 - Estero Patagua	4				
Sector 5 - Estero Alicahue	2				
Sector 6 – Río La Ligua Oriente	12	189	187	168	Distribución inicial normal sin atípicos
Sector 7 – Río La Ligua Cabildo	12	172	191	118	Distribución inicial no normal y con 1 observación atípica.
Sector 8 – Río La Ligua Pueblo	13	378	154	339	Distribución inicial normal sin atípicos
Sector 9 - Estero Los Angeles	2				
Total	61				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Por lo tanto, se recomienda para efectos de este estudio agregar todas las observaciones y estimar el precio de mercado para el Acuífero La Ligua, considerando todos los sectores. Una vez que se cuente con mayor número de observaciones de transacciones para cada sector se podrá evaluar si existen diferencias entre ellos que justifique considerarlos como mercados independientes.

5.5.9 Acuífero Limache

En el caso de la unidad de mercado subterráneo Limache, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/Is})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi no identificó observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF/LS})$. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 1.967 UF/Is, 228 UF/Is y 244 UF/Is, respectivamente.

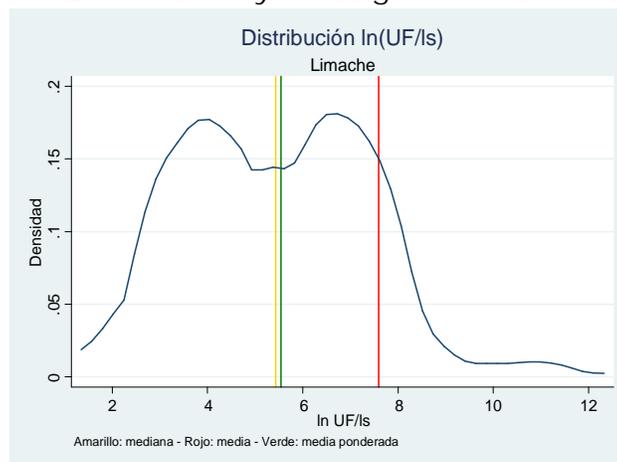
Tabla 28. Resultados Acuífero Limache

	Valor UF/Is
Observaciones	182
Observaciones atípicas	0
Media	1.967
Mediana	228
Media ponderada	244
Test for normality (p value)	0,2394

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/Is})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 10. Distribución y estadígrafos Acuífero Limache



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.10 Acuífero Nogales

En el caso del Acuífero Nogales, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/Is})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi no identificó observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF/Is})$. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 244 UF/Is, 110 UF/Is y 101 UF/Is, respectivamente.

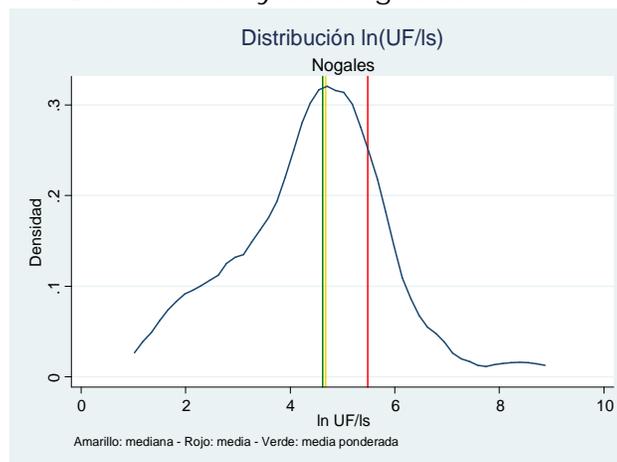
Tabla 29. Resultados Acuífero Nogales

Valor UF/ls	
Observaciones	40
Observaciones atípicas	0
Media	244
Mediana	110
Media ponderada	101
Test for normality (p value)	0,6233

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 11. Distribución y estadígrafos Acuífero Nogales



Fuente: elaboración propia, 2018.

5.5.11 Acuífero Petorca¹²

En el caso del Acuífero Petorca, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi no identificó observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF/ls})$. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 97 UF/ls, 38 UF/ls y 76 UF/ls, respectivamente.

¹²En el caso del Acuífero Petorca, todas las observaciones corresponden al Sector 4 - Río Petorca Poniente, por lo que no es posible realizar un análisis desagregado por Sector de Aprovechamiento Común para este caso.

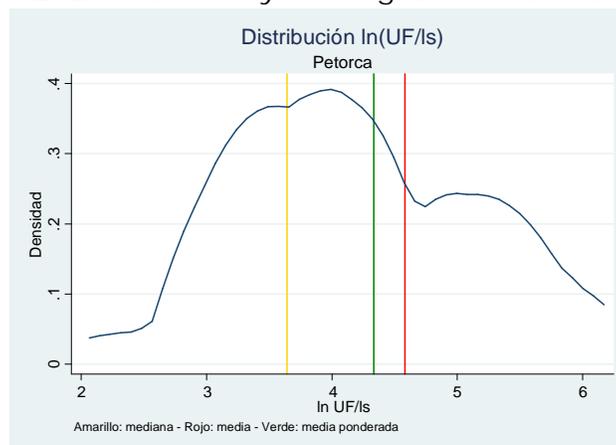
Tabla 30. Resultados Acuífero Petorca

	Valor UF/ls
Observaciones	15
Observaciones atípicas	0
Media	97
Mediana	38
Media ponderada	76
Test for normality (p value)	0,7323

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 12. Distribución y estadígrafos Acuífero Petorca



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.12 Acuífero Quillota

En el caso del Acuífero Quillota, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi identificó 15 observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF/ls})$ ¹³, y permitió lograr la normalidad en la distribución sin estos valores atípicos. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 181 UF/ls, 189 UF/ls y 167 UF/ls, respectivamente, en la distribución sin considerar valores atípicos.

¹³ Con un nivel de significancia de $p=0.18$.

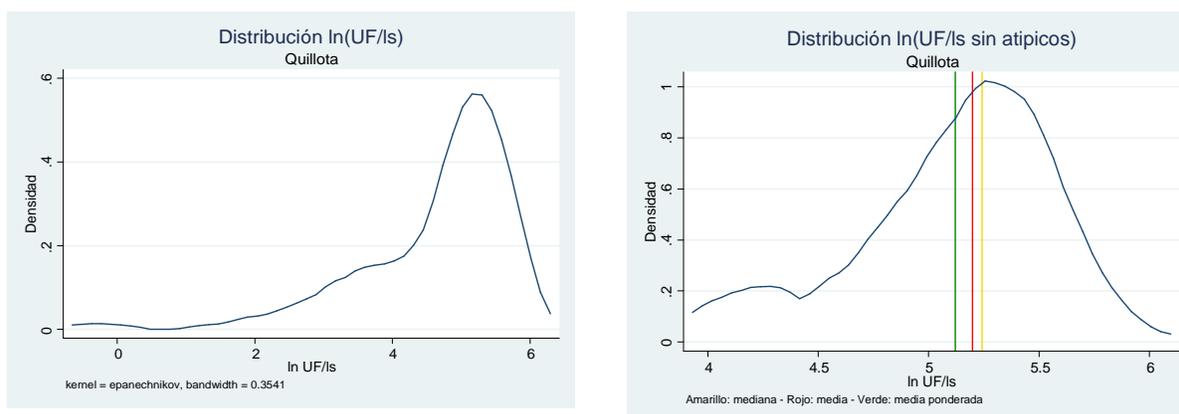
Tabla 31. Resultados Acuífero Quillota

	Valor UF/ls Todas las observaciones	Valor UF/ls Sin Atípicos
Observaciones	71	56
Observaciones atípicas	0	15
Media	148	181
Mediana	155	189
Media ponderada	107	167
Test for normality (p value)	0,000	0,0527

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$ considerando las 71 observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 13. Distribución inicial (izquierda) y sin atípicos Acuífero Quillota (derecha)



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.13 Acuífero Quintero

En el caso del Acuífero Quintero, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi no identificó observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF/ls})$. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 8,624 UF/ls, 115 UF/ls y 276 UF/ls, respectivamente.

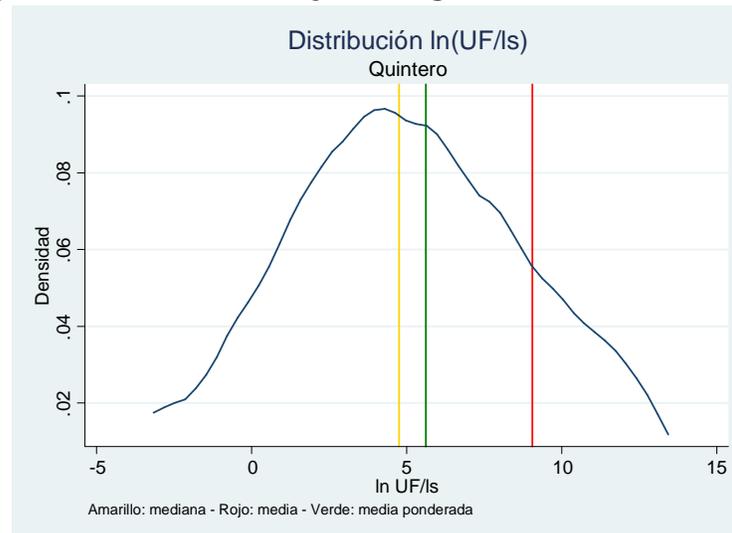
Tabla 32. Resultados Acuífero Quintero

	Valor UF/Is
Observaciones	16
Observaciones atípicas	0
Media	8.624
Mediana	115
Media ponderada	276
Test for normality (p value)	0,6224

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/Is})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 14. Distribución y estadígrafos Acuífero Quintero



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.14 Acuífero Alhué

En el caso del Acuífero Alhué, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/Is})$ es normal al 95% de nivel de confianza. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 108 UF/Is, 110 UF/Is y 98 UF/Is, respectivamente.

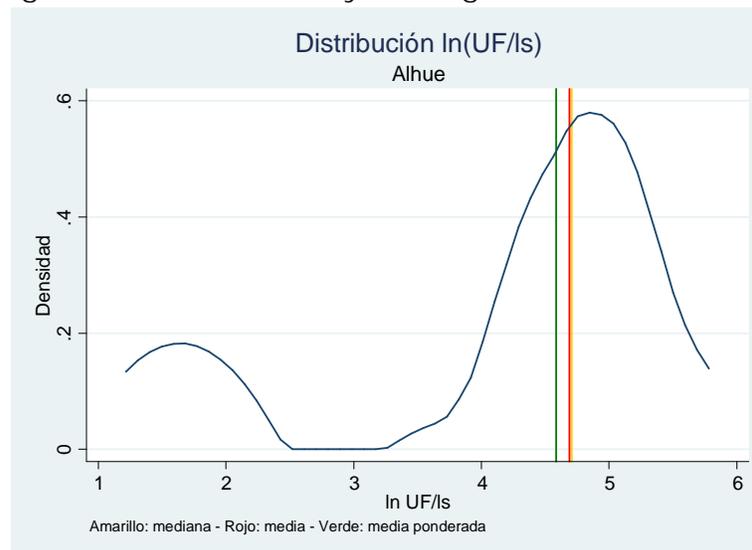
Tabla 33. Resultados Acuífero Alhué

	Valor UF/ls
Observaciones	15
Observaciones atípicas	0
Media	108
Mediana	110
Media ponderada	98
Test for normality (p value)	0,0617

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 15. Distribución y estadígrafos Acuífero Alhué



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.15 Acuífero Chacabuco Polpaico

En el caso del Acuífero Chacabuco Polpaico, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi identificó 2 observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF/ls})$, que permitió lograr la distribución normal sin considerar los valores atípicos al 95% de nivel de confianza. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 862 UF/ls, 200 UF/ls y 110 UF/ls, respectivamente, en la distribución sin considerar valores atípicos.

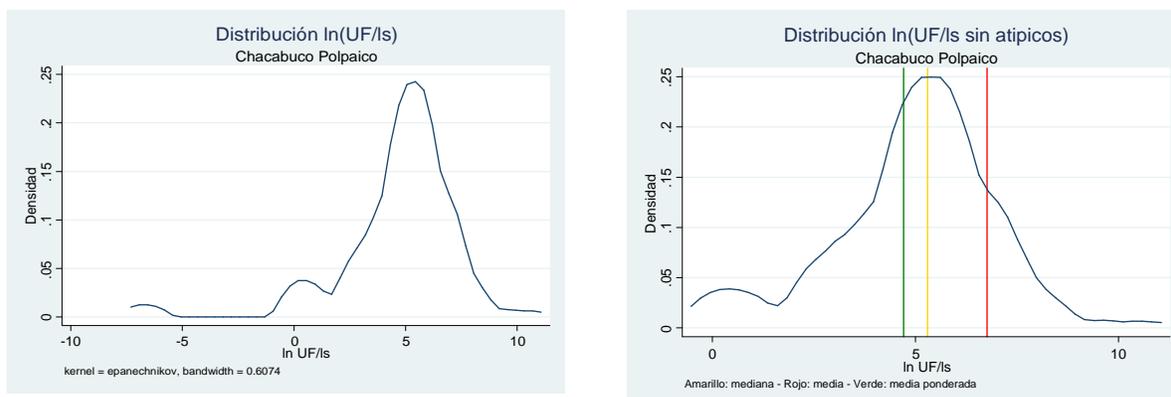
Tabla 34. Resultados Acuífero Chacabuco Polpaico

	Valor UF/ls Todas las observaciones	Valor UF/ls Sin Atípicos
Observaciones	88	86
Observaciones atípicas	0	2
Media	842	862
Mediana	197	200
Media ponderada	110	110
Test for normality (p value)	0,000	0,055

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$ considerando todas las observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 16. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Chacabuco Polpaico



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.16 Acuífero Chicureo

En el caso del Acuífero Chicureo, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 438 UF/ls, 164 UF/ls y 345 UF/ls, respectivamente.

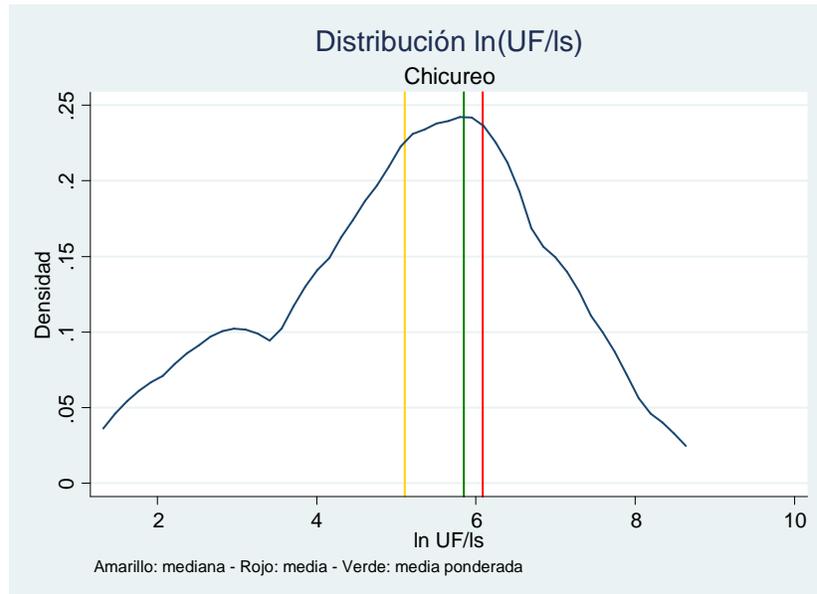
Tabla 35. Resultados Acuífero Chicureo

	Valor UF/ls
Observaciones	29
Observaciones atípicas	0
Media	438
Mediana	164
Media ponderada	345
Test for normality (p value)	0,465

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 17. Distribución y estadígrafos Acuífero Chicureo



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.17 Acuífero Colina Sur

En el caso del Acuífero Colina Sur, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi identificó 12 observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF/ls})$, que permitió lograr la distribución normal sin considerar los valores atípicos. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 187 UF/ls, 188 UF/ls y 191 UF/ls, respectivamente, sobre la distribución sin considerar valores atípicos.

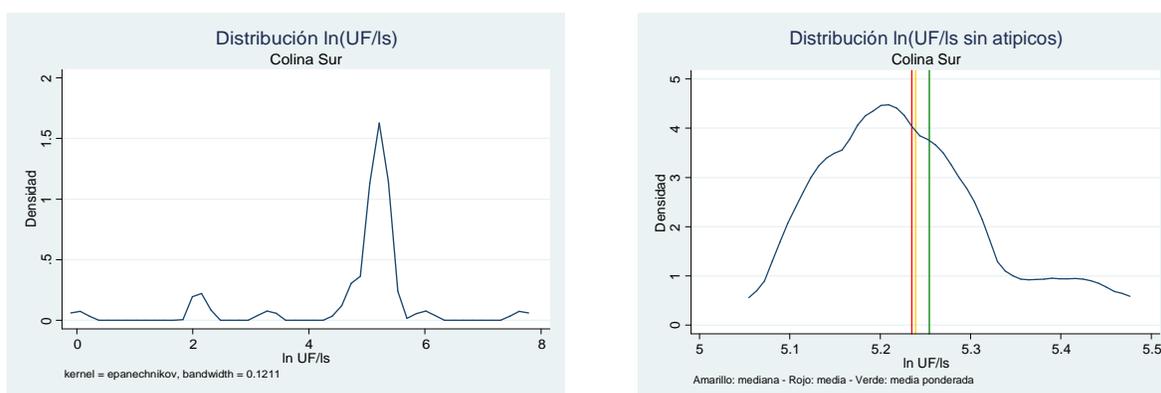
Tabla 36. Resultados Acuífero Colina Sur

	Valor UF/ls Todas las observaciones	Valor UF/ls Sin Atípicos
Observaciones	36	24
Observaciones atípicas	0	12
Media	213	187
Mediana	175	188
Media ponderada	113	191
Test for normality (p value)	0,000	0,1485

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$ considerando todas las observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 18. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Colina Sur



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.18 Acuífero Lampa

En el caso del Acuífero Lampa, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Grubbs identificó 9 observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF/ls})$, que permitió lograr la distribución normal sin considerar los valores atípicos. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 153 UF/ls, 113 UF/ls y 158 UF/ls, respectivamente, sobre la distribución sin considerar valores atípicos.

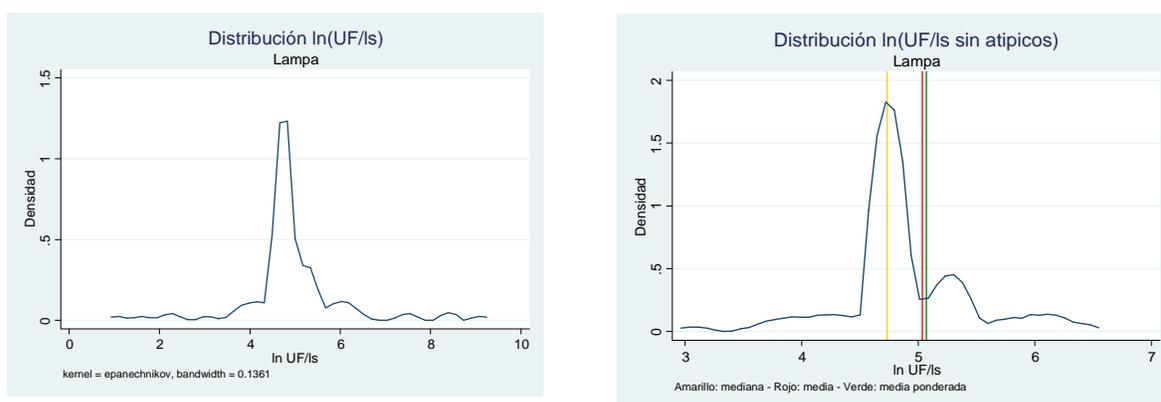
Tabla 37. Resultados Acuífero Lampa

	Valor UF/Is Todas las observaciones	Valor UF/Is Sin Atípicos
Observaciones	102	93
Observaciones atípicas	0	9
Media	352	153
Mediana	113	113
Media ponderada	148	158
Test for normality (p value)	0,000	0,1289

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/Is})$ considerando todas las observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 19. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Lampa



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.19 Acuífero Puangue Medio

En el caso del Acuífero Puangue Medio, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/Is})$ es normal al 95% de nivel de confianza. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 97 UF/Is, 33 UF/Is y 71 UF/Is, respectivamente.

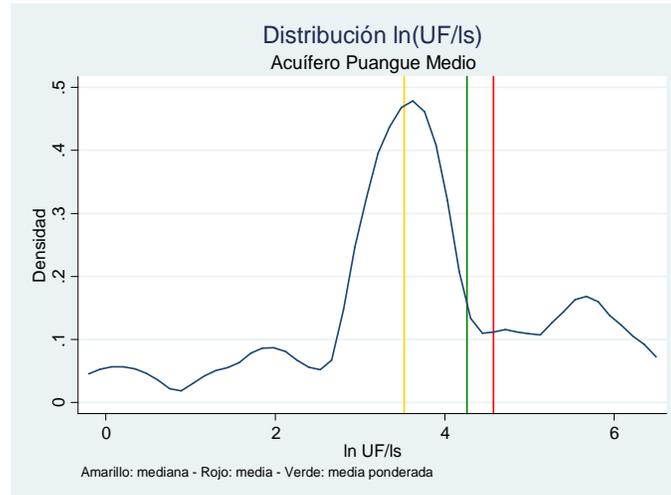
Tabla 38. Resultados Acuífero Puangue Medio

	Valor UF/Is
Observaciones	17
Observaciones atípicas	
Media	97
Mediana	33
Media ponderada	71
Test for normality (p value)	0,334

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/Is})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 20. Distribución y estadígrafos Acuífero Puangue Medio



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.20 Santiago Central

En el caso del Acuífero Santiago Central, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/Is})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi identificó 9 observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF/Is})$, que permitió lograr la distribución normal sin considerar los valores atípicos. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 154 UF/Is, 148 UF/Is y 151 UF/Is, respectivamente, sobre la distribución sin considerar valores atípicos.

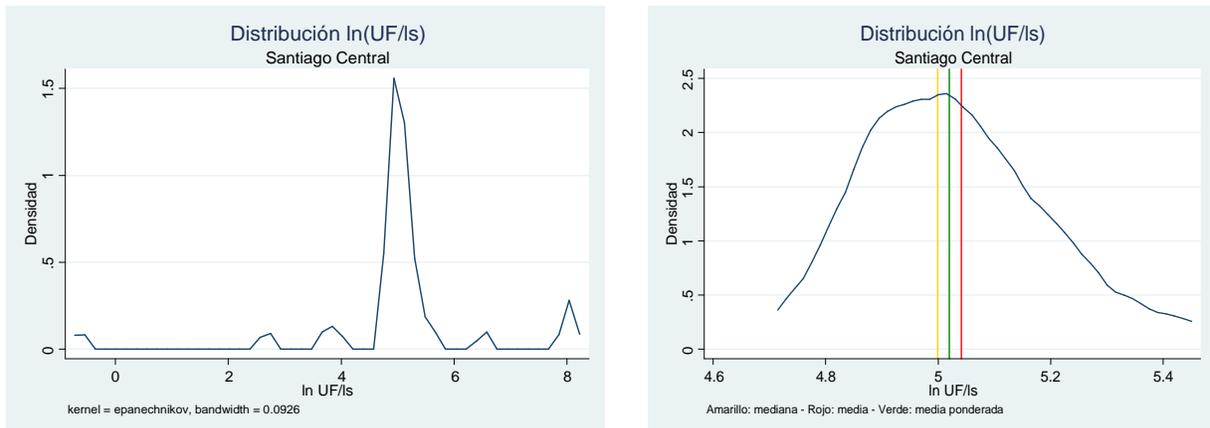
Tabla 39. Resultados Acuífero Santiago Central

	Valor UF/ls Todas las observaciones	Valor UF/ls Sin Atípicos
Observaciones	36	27
Observaciones atípicas	0	9
Media	407	154
Mediana	148	148
Media ponderada	179	151
Test for normality (p value)	0,000	0,4036

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$ considerando todas las observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 21. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Santiago Central



Fuente: elaboración propia, 2018Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.21 Acuífero Santiago Norte

En el caso del Acuífero Santiago Norte, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi identificó 2 observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF/ls})$, que permitió lograr la distribución normal sin considerar los valores atípicos. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 523 UF/ls, 268 UF/ls y 615 UF/ls, respectivamente, sobre la distribución sin considerar valores atípicos.

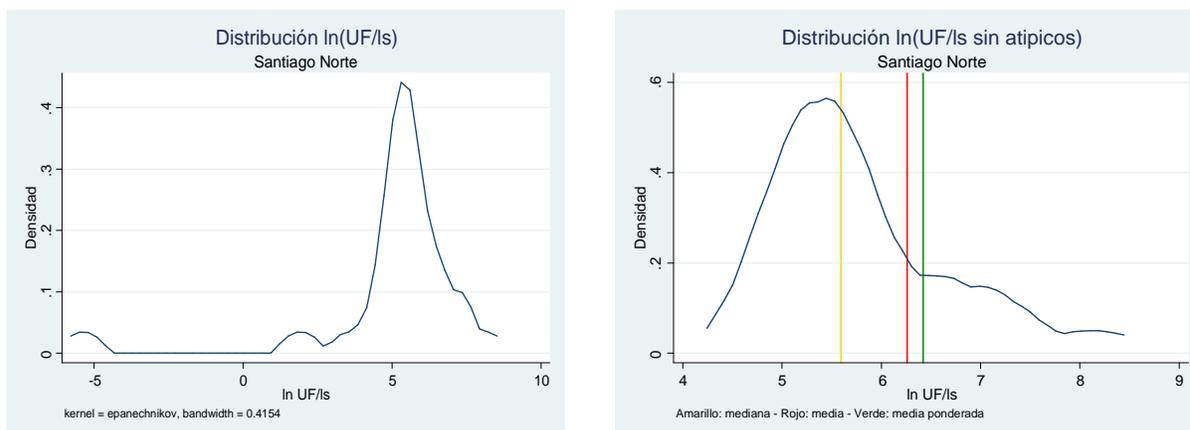
Tabla 40. Resultados Acuífero Santiago Norte

	Valor UF/ls Todas las observaciones	Valor UF/ls Sin Atípicos
Observaciones	22	20
Observaciones atípicas		2
Media	476	523
Mediana	238	268
Media ponderada	591	615
Test for normality (p value)	0.000	0.05

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$ considerando todas las observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 22. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Santiago Norte



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.22 Acuífero Tiltil

En el caso del Acuífero Tiltil, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 372 UF/ls, 137 UF/ls y 123 UF/ls, respectivamente.

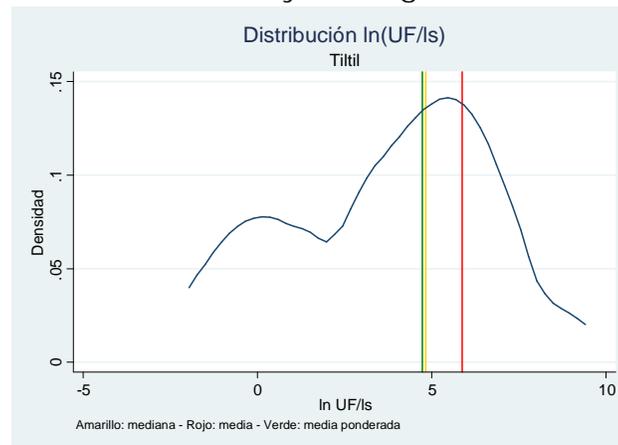
Tabla 41. Resultados Acuífero Tiltitil

Valor UF/ls	
Observaciones	20
Observaciones atípicas	
Media	372
Mediana	137
Media ponderada	123
Test for normality (p value)	0,3036

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF}/\text{ls})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 23. Distribución y estadígrafos Acuífero Tiltitil



Fuente: elaboración propia, 2018

5.5.23 Acuífero Yali¹⁴

En el caso del Acuífero Yali, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF}/\text{ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi identificó 2 observaciones atípicas en la distribución de $\ln(\text{UF}/\text{LS})$, que permitió lograr la distribución normal sin considerar los valores atípicos. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 272 UF/ls, 227 UF/ls y 132 UF/ls, respectivamente, sobre la distribución sin considerar valores atípicos.

¹⁴De acuerdo con el estudio "Revisión de Antecedentes y del Modelo Numérico del Acuífero del Valle del Estero Yali, del DICTUC 2002, se definieron cinco sectores hidrogeológicos que componen el acuífero Yali, en los cuales se podría observar diferentes niveles de precios de mercado de los DAA, de acuerdo con la escasez relativa del recurso. Sin embargo, en este estudio no se ha podido realizar una estimación de precios a nivel de sectores hidrogeológicos para el acuífero Yali debido a que no cuentan con un número mínimo de observaciones para cada sector hidrogeológico que permita una estimación robusta y representativa del mercado (los sectores hidrogeológicos tienen entre 1 y 8 observaciones).

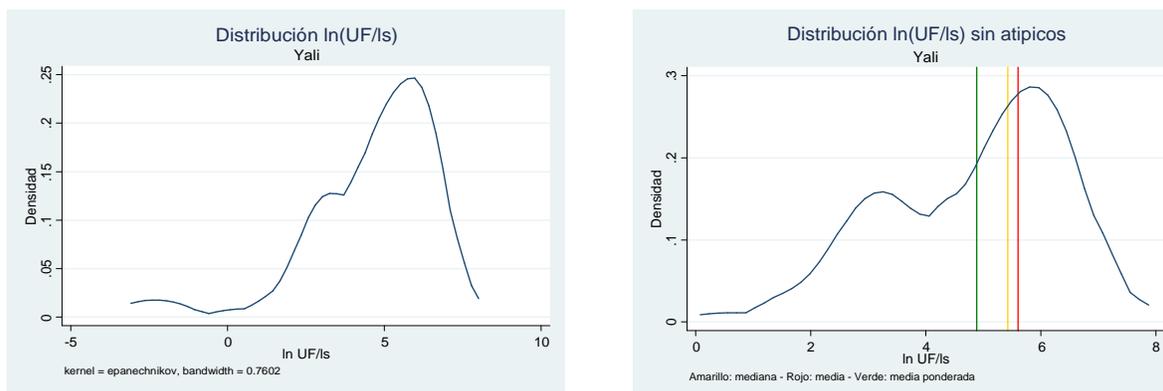
Tabla 42. Resultados Acuífero Yali

	Valor UF/Is Todas las observaciones	Valor UF/Is Sin Atípicos
Observaciones	50	48
Observaciones atípicas		2
Media	261	272
Mediana	221	227
Media ponderada	111	132
Test for normality (p value)	0,000	0,1294

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/Is})$ considerando todas las observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 24. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero Yali



Fuente: elaboración propia, 2018

5.6 Resultados para unidad de mercado con 10 a 14 observaciones

A continuación se presentan los resultados para las unidades de mercado que cuentan entre 10 y 14 observaciones:

Unidades de mercado superficial

- Segunda Sección Río Maipo

Unidades de mercado subterráneo

- Aconcagua Desembocadura
- San Felipe
- Colina Inferior

Cabe indicar que con menor cantidad de observaciones, las estimaciones pierden robustez, debido a que el peso relativo de cada observación es mayor, por lo que los estadígrafos son más sensibles a variaciones. Por este motivo, se sugiere considerar con cautela estos resultados.

5.6.1 Segunda Sección Río Maipo

En el caso de la Segunda Sección del Río Maipo, existen 10 observaciones que no presenta evidencia estadística para rechazar hipótesis nula de que la distribución del logaritmo natural del precio unitario sea normal. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada de 321 UF/lts, 276 UF/lts y 261UF/lts, respectivamente.

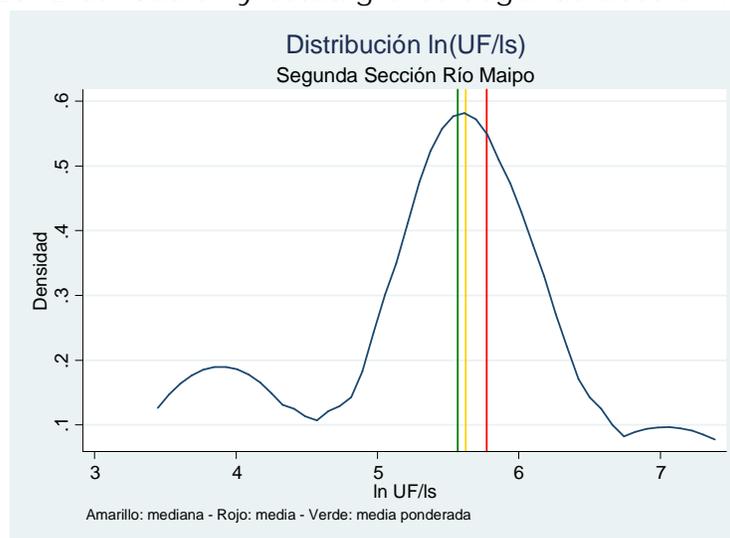
Tabla 43. Resultados Segunda Sección Río Maipo

	Valor UF/lts
Observaciones	10
Observaciones atípicas	
Media	321
Mediana	276
Media ponderada	261
Test for normality (p value)	0,7143

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/lts})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 25. Distribución y estadígrafos Segunda Sección Río Maipo



Fuente: elaboración propia, 2018

5.6.2 Aconcagua Desembocadura

En el caso de la unidad de mercado subterráneo Aconcagua Desembocadura no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(UF/Is)$ es normal al 95% de nivel de confianza. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 1007 UF/Is, 232 UF/Is y 8279 UF/Is, respectivamente.

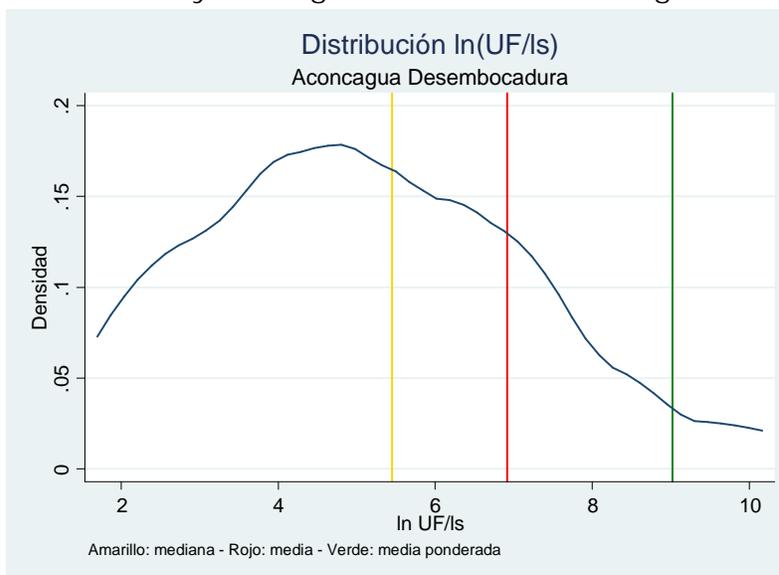
Tabla 44. Resultados Acuífero Aconcagua Desembocadura

	Valor UF/Is
Observaciones	12
Observaciones atípicas	
Media	1007
Mediana	232
Media ponderada	8272
Test for normality (p value)	0,6256

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(UF/Is)$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 26. Distribución y estadígrafos Acuífero Aconcagua Desembocadura



Fuente: elaboración propia, 2018

5.6.3 Acuífero San Felipe

En el caso de la unidad de mercado subterráneo San Felipe, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(UF/LS)$ es normal al 95% de nivel de confianza. El método de Hadi identificó 1 observación atípica en la distribución de $\ln(UF/LS)$, que permitió lograr la distribución normal sin considerar los

valores atípicos. Con esto, se obtiene una media, mediana y media ponderada por caudal de la distribución de 222 UF/ls, 195 UF/ls y 187 UF/ls, respectivamente, sobre la distribución sin considerar valores atípicos.

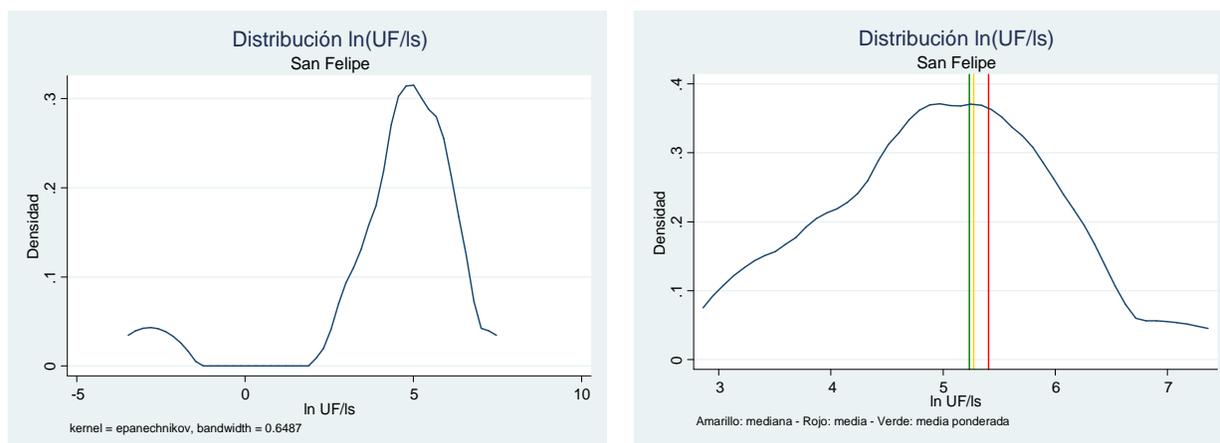
Tabla 45. Resultados Acuífero San Felipe

	Valor UF/ls Todas las observaciones	Valor UF/ls Sin Atípicos
Observaciones	12	11
Observaciones atípicas		1
Media	203	222
Mediana	164	195
Media ponderada	50	187
Test for normality (p value)	0,000	0,951

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$ considerando todas las observaciones (izquierda). A la derecha está la distribución sin considerar los valores extremos, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 27. Distribución inicial y sin atípicos Acuífero San Felipe



Fuente: elaboración propia, 2018

5.6.4 Colina Inferior

En el caso de la unidad de mercado subterráneo Colina Inferior, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de la variable $\ln(\text{UF/ls})$ es normal al 95% de nivel de confianza. Con esto, se obtiene una media, mediana y media

ponderada por caudal de la distribución de 1037 UF/ls, 125 UF/ls y 128 UF/ls, respectivamente.

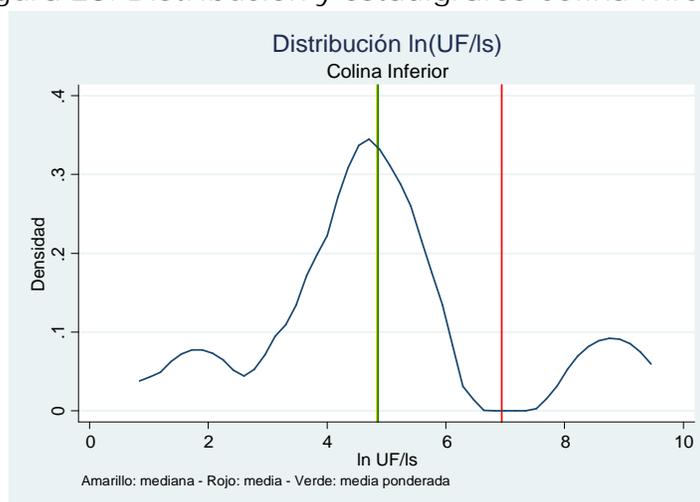
Tabla 46. Resultados Colina Inferior

	Valor UF/ls
Observaciones	14
Observaciones atípicas	
Media	1037
Mediana	125
Media ponderada	128
Test for normality (p value)	0,2649

Fuente: elaboración propia, 2018

A continuación se presenta la distribución del $\ln(\text{UF/ls})$, donde se muestran la media, mediana y media ponderada por caudal.

Figura 28. Distribución y estadígrafos Colina Inferior



Fuente: elaboración propia, 2018

5.7 Resumen de los resultados

A continuación se presenta un resumen de con los resultados (mediana) de las estimaciones.

Tabla 47. Resumen de resultados (mediana) UF/Is con 15 o más observaciones

Mercado	UF/Is
Tercera Sección Río Aconcagua	193
Río Putaendo	85
Primera Sección Río Maipo	74
Tercera Sección Río Maipo	36
Acuífero Casablanca	191
Acuífero Catapilco	494
Acuífero Estero Puchuncaví	93
Acuífero La Ligua	188
Acuífero Limache	228
Acuífero Nogales	110
Acuífero Petorca	38
Acuífero Quillota	189
Acuífero Quintero	115
Acuífero Alhué	110
Acuífero Chacabuco Polpaico	200
Acuífero Chicureo	164
Acuífero Colina Sur	188
Acuífero Lampa	113
Acuífero Puangue Medio	33
Acuífero Santiago Central	148
Acuífero Santiago Norte	268
Acuífero TilTil	137
Acuífero Yali	227

Fuente: elaboración propia, 2018

Tabla 48. Resumen de resultados (mediana) UF/Is con 10 a 14 observaciones

Mercado	UF/Is
Aconcagua Desembocadura	232
San Felipe	195
Colina Inferior	125
Segunda Sección Río Maipo	276

Fuente: elaboración propia, 2018

En las siguientes tablas se presentan los mercados que no fueron analizados debido a que cuentan con un número de observaciones menor a 10.

Tabla 49. Mercados no analizados Región de Valparaíso

REGIÓN	NATURALEZA	UNIDAD DE MERCADO	OBSERVACIONES
Valparaíso	Subterránea	Catemu	6
		Estero El Membrillo	1
		Estero Viña del Mar	6
		Horcon	9
		Llayllay	5
		Puangue Alto	7
		Putando	3
		Subtotal	37
	Superficial	1S Aconcagua	9
		2S Aconcagua	2
		4S Aconcagua	9
		Rio La Ligua	9
		Rio Petorca	2
		Subtotal	31
TOTAL		68	

Fuente: elaboración propia, 2018

Tabla 50. Mercados no analizados Región Metropolitana

REGIÓN	NATURALEZA	UNIDAD DE MERCADO	OBSERVACIONES
Metropolitana	Subterranea	Cholqui	3
		La Higuera	1
		Limache	1
		Mapocho Alto	4
		Melipilla	3
		Popeta	7
		Puangue Bajo	2
		Santiago Sur	3
		Subtotal	24
	Superficial	1S Maipo	49
		2S Maipo	10
		3S Maipo	34
		Rio Mapocho	2
		Subtotal	95
	TOTAL		119

Fuente: elaboración propia, 2018

5.8 Variables a ser incluidas en el CBR

A partir de los resultados obtenidos en este estudio y dando cumplimiento a los objetivos del análisis, se presenta a continuación el conjunto de variables mínimas que se sugiere dejar indicado en el registro de transacción del Conservador de Bienes Raíces para caracterizar los DAA.

Al respecto, se debe reforzar que para que una transacción sea incorporada en las estimaciones de precios de mercado, el registro debe contar con todas las variables que se presentan a continuación.

Tabla 51. Variables mínimas a identificar en el registro de transacciones de DAA

Categoría	Variable	Descripción
Registro de inscripción de transacción	Conservador de Bienes Raíces	Conservador de Bienes Raíces donde se realiza el registro de la transacción
	Fecha de Inscripción	Fecha de inscripción de la transacción en el Conservador de Bienes Raíces
	Foja, Número y Año de Inscripción	Foja, número y año de la inscripción de la transacción en el Conservador de Bienes Raíces
Fecha de transacción	Fecha de transacción	Fecha de la transacción del DAA
Tipo de transacción	Tipo de transacción	Descripción del tipo de transacción (compraventa, sucesión, cesión de derechos, etc.)
Individualización de comprador y vendedor	Comprador	Nombre completo del Comprador
	Rut Comprador	RUT Comprador
	Representante Legal Comprador	Nombre de representante legal si comprador es una persona jurídica
	RUT Representante Legal Comprador	RUT del representante legal si comprador es una persona jurídica
	Vendedor	Nombre completo del Vendedor
	Rut Vendedor	RUT Vendedor
	Representante Legal Vendedor	Nombre de representante legal si vendedor es una persona jurídica
	RUT Representante Legal Vendedor	RUT del representante legal si vendedor es una persona jurídica
Individualización del DAA y de transacción	Naturaleza del DAA	Identificación de la naturaleza del DAA transado: superficial o subterráneo
	Tipo de ejercicio del DAA	Identificación del tipo de ejercicio del DAA transado: continuo/discontinuo, permanente/eventual
	Coordenadas Punto de Captación – Ubicación del DAA	Coordenadas georreferenciadas del punto de captación o ubicación del DAA transado
	Comuna	Comuna que corresponde a la ubicación del DAA transado
	Canal	Indicar nombre del Canal donde está ubicado el

		DAA superficial
Asociación de Canalistas	de	Indicar nombre de la Asociación de Canalistas donde está ubicado el DAA
Sección o Río		Indicar el nombre de la Sección del Río (en caso de ríos seccionados) o Río donde está ubicado el DAA
Acuífero		Nombre de acuífero donde está ubicado el DAA subterráneo transado
Subacuífero		Nombre del subacuífero o sector hidrogeológico de aprovechamiento común donde está ubicado el DAA subterráneo transado
Caudal		Caudal transado
Incluye otros bienes		La transacción incluye otros bienes: Sí/No
¿Cuáles otros bienes incluye?		Identificación de otros bienes que están en la transacción: tierras, vehículos, etc.
Unidad de Caudal		Unidad de caudal transado: acciones, regadores; l/s, m3/s
Monto		Monto transado
Unidad de monto		Unidad de monto transado: pesos, USD, UF.

Fuente: elaboración propia, 2018.

5.9 Visualización de resultados

Las coberturas en formato shapefile de cuencas, subcuencas y subsubcuencas utilizadas, corresponden a la última versión disponible en la mapoteca de la DGA (<http://www.dga.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/>) y son las que están definidas por el Banco Nacional de Aguas (BNA).

La cobertura de acuíferos, fue proporcionada de forma directa por la DGA, y corresponde a los acuíferos SHAC.

Los valores estimados para cada mercado fueron espacializados y añadidos a la cobertura de cuencas agrupadas por secciones o acuíferos, según la Cuenca o Acuífero al que correspondan, utilizando dicho nombre como el identificador único. Se mantuvieron los campos originales que pueden servir para enlazar con la base de datos de la DGA. De ser necesario, se pueden agregar otros campos que contengan la información necesaria para facilitar el enlace, previa especificación.

El resultado, son las coberturas originales en formato shapefile, con la información extra sobre el valor estimado del precio del agua, con los campos descritos en las siguientes tablas.

Las dos coberturas resultantes están en formato shapefile (aguas_acuiferos.shp y agua_superficial.shp), en codificación UTF-8 y en proyección UTM 19 SUR WGS 84 (EPSG 32719). Debido a limitaciones del formato shapefile, los nombres de algunos campos pueden contener faltas de ortografía, al estar omitidos las tildes u otros caracteres latinos.

Tabla 52. Descripción de campos de la cobertura generada de aguas subterráneas

Variable	Descripción
ACUIFERO	Nombre del acuífero según la cobertura de acuíferos SHAC.
SECTOR_SHA	Nombre del sector según la cobertura de acuíferos SHAC.
COD_ACUIF	Código del acuífero según la cobertura de acuíferos SHAC.
CUENCA	Nombre de la cuenca según la cobertura de acuíferos SHAC.
Mercado	Nombre del mercado establecido según este estudio.
Obs	Número de observaciones con las cuales se realizó la estimación de precio de mercado del DAA. Corresponde a las transacciones de la base depurada sin considerar los valores atípicos, si los hubiera. Este número es calculado según el campo "Mercado". Para el caso de aquellas entidades que tienen mayor desagregación, este valor es duplicado.
Mediana	Mediana de los precios unitarios del conjunto de observaciones especificados en "Obs". Está medida en UF/l/s (calculado por "Mercado", igual que "Obs" y posteriormente duplicado en caso de ser necesario).
Categoría	Indica si los resultados se obtuvieron con 10 a 14 observaciones, o con más de 14.
Caudal	Corresponde a la sumatoria de caudal transado del conjunto de observaciones especificadas en "Obs". Está medido en l/s (calculado por "Mercado", igual que "Obs" y posteriormente duplicado en caso de ser necesario).

Fuente: elaboración propia, 2018.

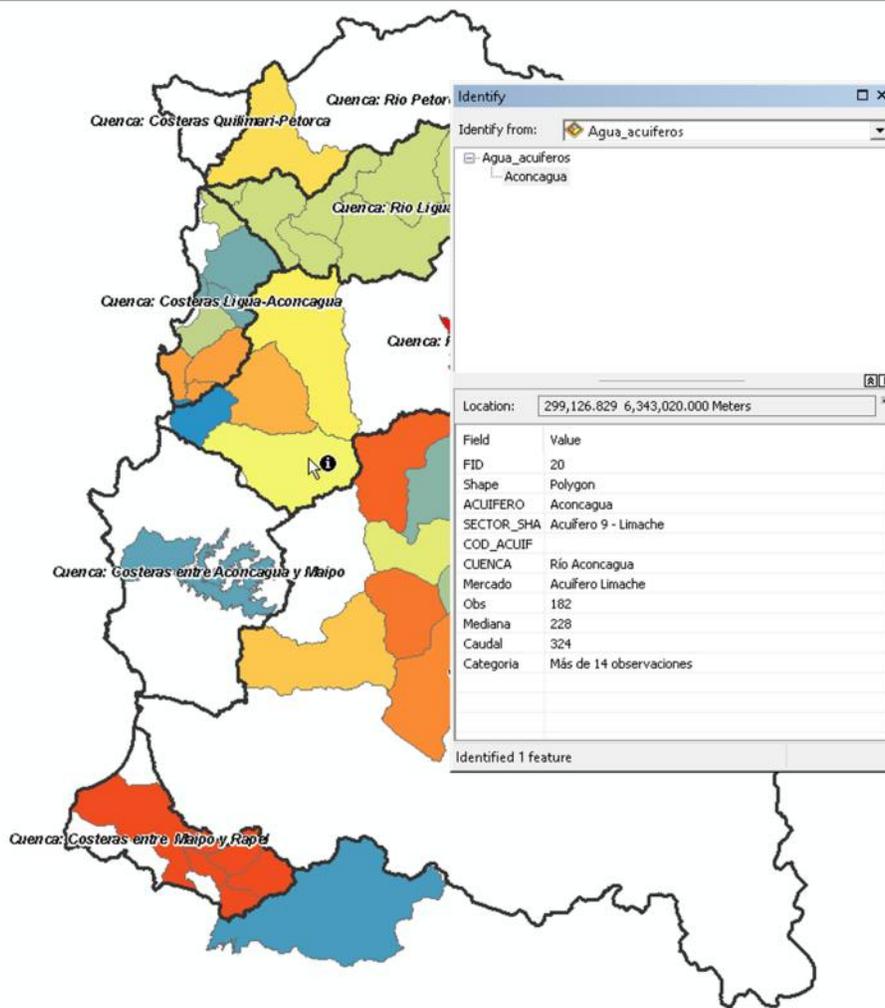
Tabla 53. Descripción de campos de la cobertura generada de aguas superficiales

Variable	Descripción
COD_CUEN	Código de la cuenca según el BNA.
COD_SUBC	Código de la subcuenca según el BNA.
COD_SSUBC	Código de la subsubcuenca según el BNA.
Area_km2	Área de subsubcuenca cuenca según el BNA (en km ²).
Cuenca	Nombre de la cuenca según el BNA.
NOM_SSUBC	Nombre de la subsubcuenca según el BNA.
Seccion	Nombre de la sección del río.
Obs	Número de observaciones con las cuales se realizó la estimación de precio de mercado del DAA. Corresponde a las transacciones de la base depurada sin considerar los valores atípicos, si los hubiera. Este número es calculado según el campo "Sección". Para el caso de aquellas entidades que tienen mayor desagregación, este valor es duplicado.
Mediana	Mediana de los precios unitarios del conjunto de observaciones especificados en "Obs". Está medida en UF/l/s (calculado por "Seccion", igual que "Obs" y posteriormente duplicado en caso de ser necesario).
Categoria	Indica si los resultados se obtuvieron con 10 a 14 observaciones, o con más de 14.
Caudal	Corresponde a la sumatoria de caudal transado del conjunto de observaciones especificadas en "Obs". Está medido en l/s (calculado por "Seccion", igual que "Obs" y posteriormente duplicado en caso de ser necesario).

Fuente: elaboración propia, 2018.

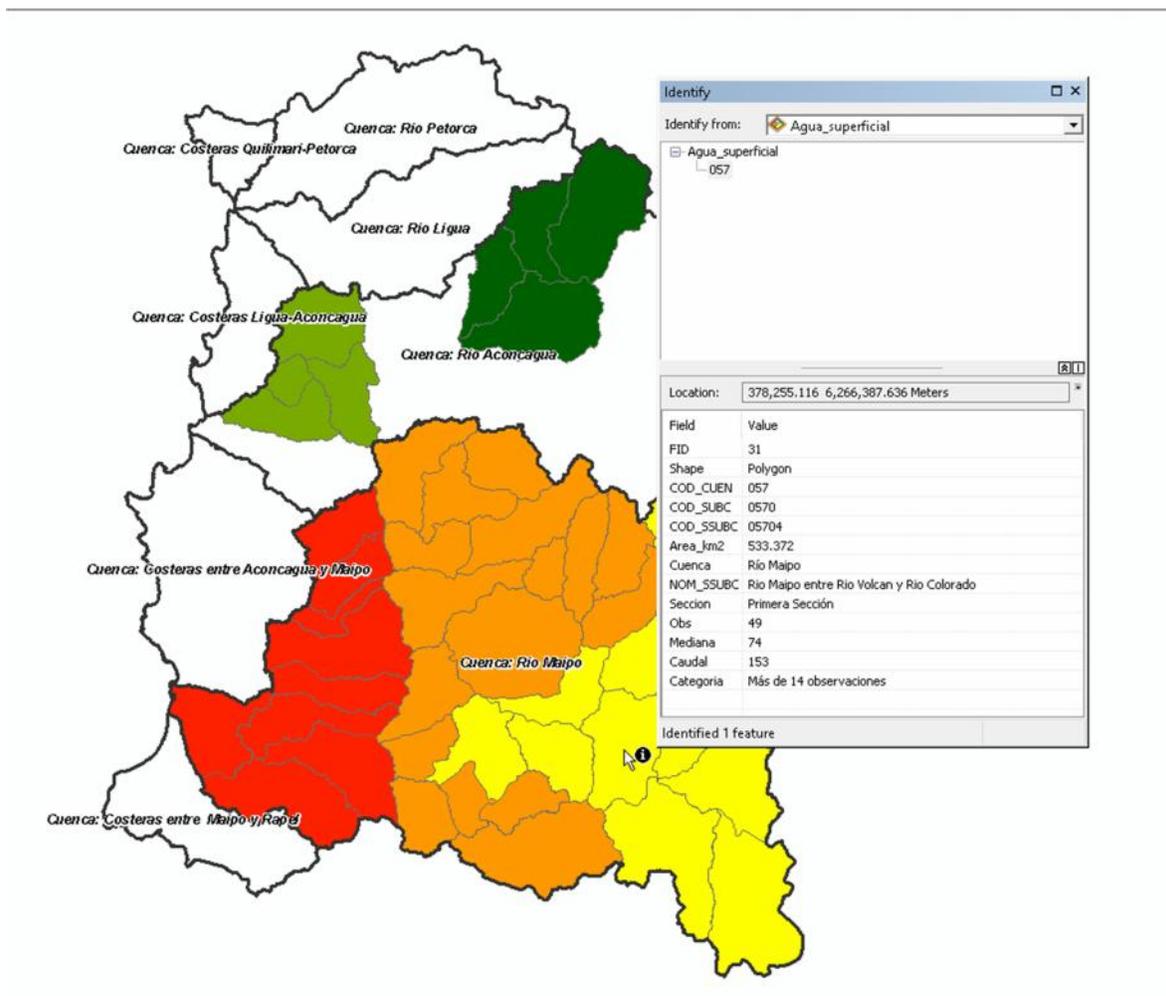
A continuación se presenta un ejemplo del resultado para la cobertura de acuíferos (Limache). Un resultado similar se obtiene de la cobertura de derechos de agua superficiales, para la Primera Sección del Río Maipo.

Figura 29. Ejemplo del despliegue y visualización de la información añadida al shapefile de acuíferos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

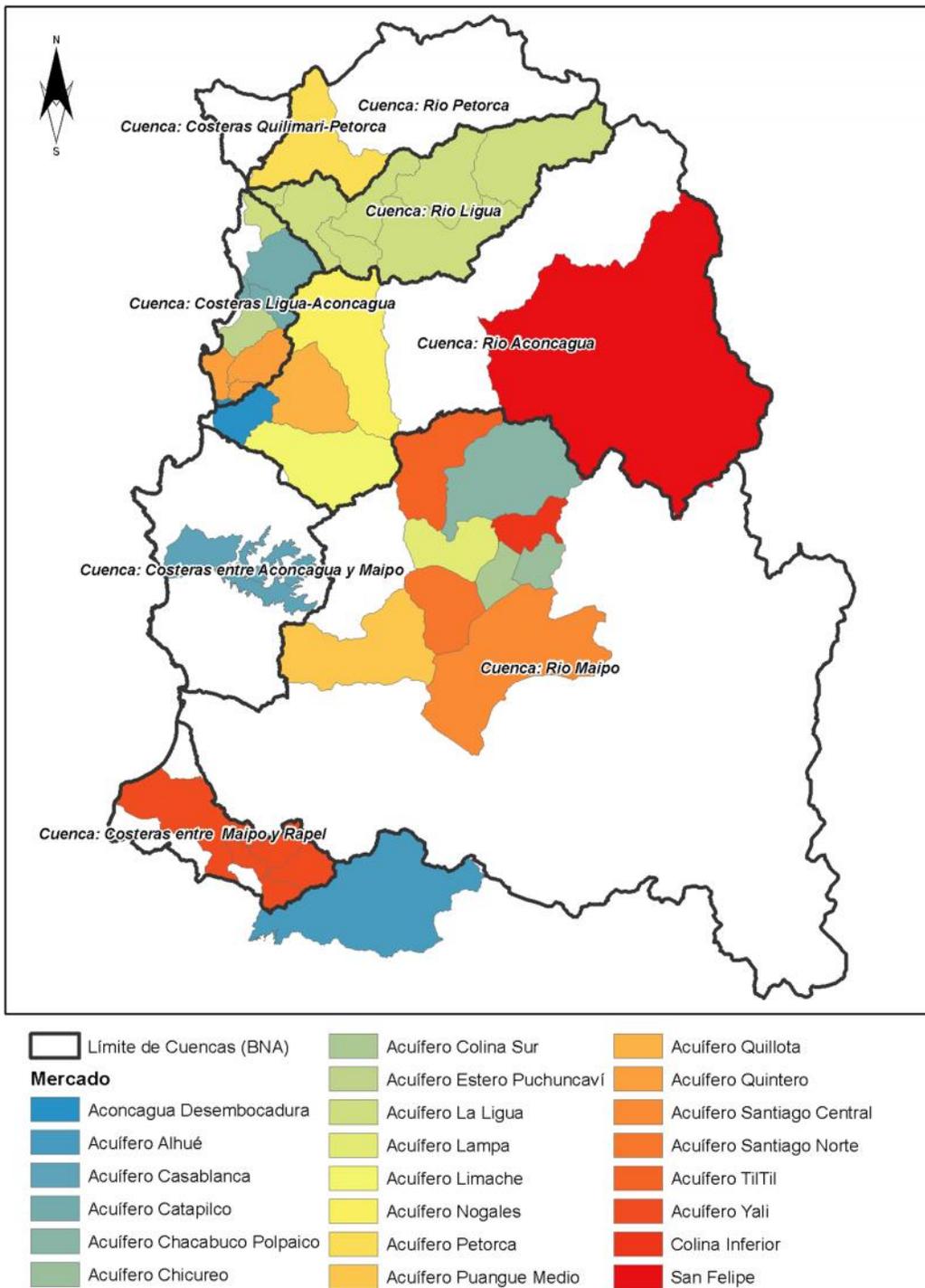
Figura 30. Ejemplo del despliegue y visualización de la información añadida al shapefile de aguas superficiales agrupadas por secciones.



Fuente: elaboración propia, 2018.

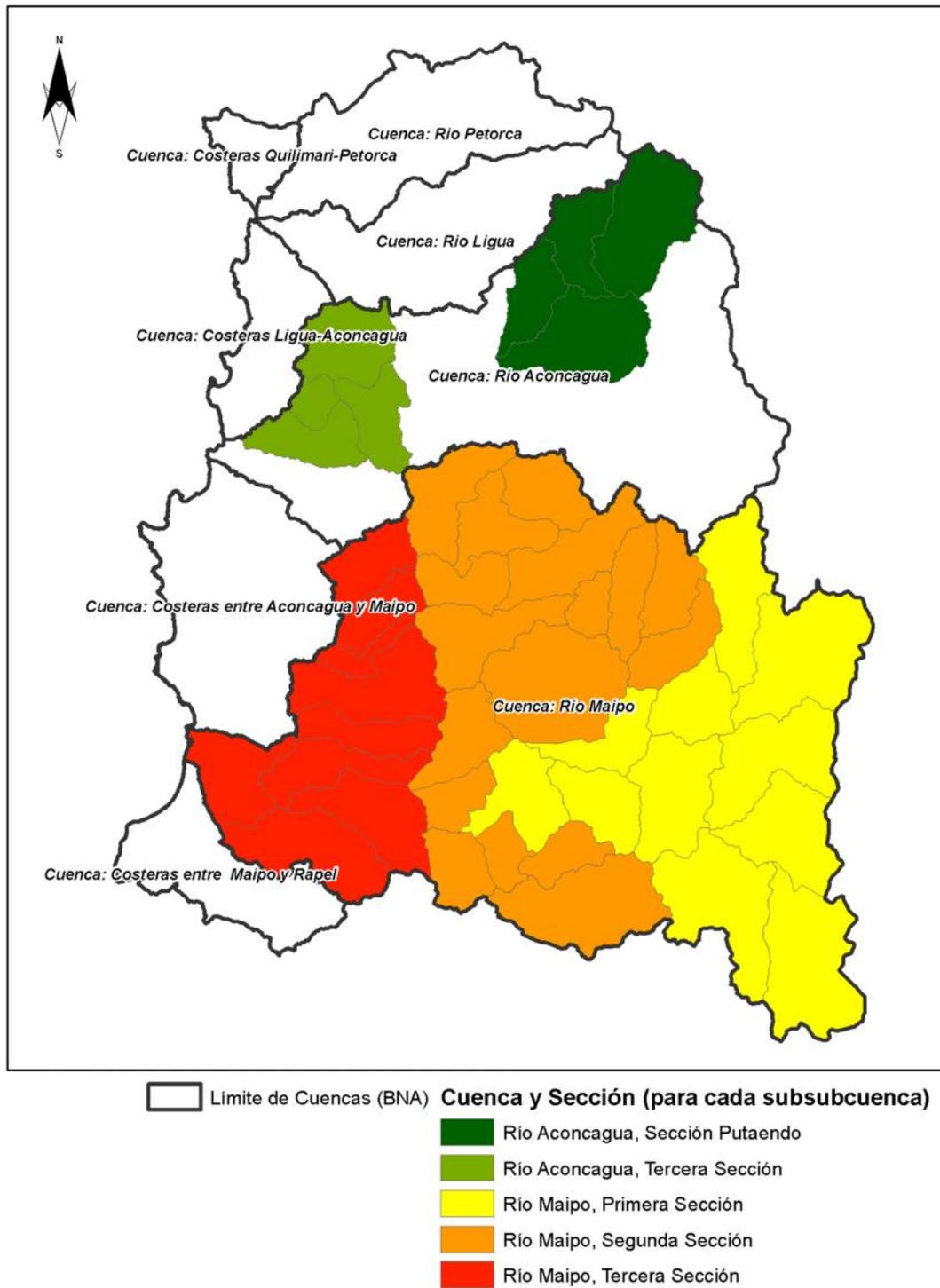
A continuación se presenta la visualización de las capas resultantes. Como se puede apreciar, las unidades de información en ambas capas, tienen subdivisiones que contienen la misma información, por pertenecer al mismo mercado o sección según corresponda. Las unidades que contienen la misma información están del mismo color (en ambas figuras).

Figura 31. Resultado de la capa de acuíferos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 32. Resultado de la capa de subsubcuencas agrupada por secciones.



Fuente: elaboración propia, 2018.

6 Conclusiones y recomendaciones

En los últimos años la presión sobre el uso (industrial y para consumo humano) del agua dulce ha estimulado el interés por la preparación e implementación de políticas públicas orientadas al mejor aprovechamiento de los recursos hídricos (y su focalización hacia los usos más eficientes). Ello es de suma importancia en Chile debido al aporte productivo del agua cruda en diferentes sectores económicos: minería, agricultura, vitivinicultura, energía, agua potable y otras. Por ello, es de fundamental importancia en Chile velar por el fiel cumplimiento del principio de comparación de beneficios y costos y la asignación de los recursos hídricos a los usos competitivos.

A través de la metodología propuesta, se han estimado precios de mercado de DAA (UF/ls) para diferentes cuentas de las Regiones Metropolitana y de Valparaíso y sobre la base de transacciones efectivas registradas en los Conservadores de Bienes Raíces (CBR).

Asimismo, a partir del trabajo y del análisis de los datos recibidos, se pueden indicar algunos elementos que podrían contribuir al fortalecimiento de los mercados de agua en Chile y en su objetivo de mejorar eficiencia en la asignación de los recursos.

i. El precio estimado refleja el valor del recurso

Como lo establece el marco conceptual, bajo determinados supuestos y condiciones los mercados permiten el intercambio libre de los DAA y de esa forma, el recurso se distribuye hacia los usos de mayor rentabilidad. De tal forma, la interacción entre los agentes a través de la oferta y la demanda determina los precios de mercado y donde se observa escasez del recurso los precios tienden a ser mayores. De este modo, es posible afirmar que los precios observados son indicativos del valor del recurso, considerando su escasez relativa y los costos de transacción.

ii. El mejoramiento del registro de información permite mejores valoraciones

El proceso de depuración y la metodología aplicada en este estudio derivaron en la exclusión del 93% de las observaciones (transacciones) debido a que tales registros no disponían de información básica que identificara adecuadamente el DAA transado, en términos de su naturaleza, ejercicio, ubicación georreferenciada, caudal o monto.

Por lo anterior, para mejorar la transparencia de los mercados de aguase debe hacer un esfuerzo por mejorar los registros de transacciones en los CBR tales que permitan establecer claramente la información básica de los precios de DAA para su uso como señal de asignación de recursos para los sectores involucrados y la economía en general. En este sentido, resta aún desarrollar un esfuerzo importante para establecer métodos y formatos unificados en relación a la manera en la que la información de transacciones de DAA es registrada en el CBR. Por caso y tal como fue desarrollado a lo largo del presente informe, Por caso, una cantidad significativa de los registros no pudieron ser usados, o bien obligaron al establecimiento de un conjunto de supuestos para poder incorporarla en las estimaciones. Por ejemplo, campos tales como naturaleza, ejercicio, monto, caudal transado y otros no estaban claramente identificados para ser utilizations en las valoraciones de los DAA transados.

En relación al anterior y del análisis de los resultados, se sugiere considerar un conjunto de variables mínimas que deberían dejarse indicadas en el registro de transacción del CBR: i) registro de inscripción de transacción; ii) fecha de transacción; iii) tipo de transacción; iv) individualización de comprador y vendedor; v) individualización del DAA y de transacción; vi) individualización precisa de la naturaleza de derecho (superficial o

subterráneo) para evitar las etiquetas “no especificado” o similar), vii) establecer, cuando sea posible, equivalencias para expresar los caudales en l/s cuando las transacciones han sido definidas en términos de acciones o regadores, entre otras.

Asimismo, los registros de la DGA deberían entregar información relevante para la toma de decisiones de inversión pública y privada. Este primer esfuerzo de establecer valores para los DAA es un paso importante, pero es necesario además complementar la información con variables determinantes tales como el status legal de otorgamiento de DAA. En ese sentido, la información consignada debería incluir por ejemplo si los mercados presentan limitaciones para el otorgamiento; es decir, si las fuentes están agotadas o abiertas para la solicitud de nuevos derechos. Esta información será determinante en el funcionamiento de los mercados y desde ya, imprescindible para las decisiones de decisión en nueva infraestructura pública o privada.

En definitiva, el mejoramiento de la información podría aumentar el número de observaciones a considerar en los análisis permitiendo: i) incorporar nuevas fuentes en las estimaciones, que no han sido analizadas por el bajo número de observaciones; ii) contar con mayor número de observaciones en las estimaciones. En algunos mercados, las estimaciones se realizaron con un bajo número de observaciones (menor a 20), lo que implica un mayor peso relativo de cada transacción. En la medida que se cuenten con más observaciones, la robustez de los estadígrafos usados será mayor.

iii. El mejoramiento de los mercados genera eficiencias en otros mercados

El aumento de la competencia en los mercados tiene también incidencia en la asignación de recursos en mercados relacionados. Un elemento central destacado por la bibliografía internacional para mejorar la profundidad de los mercados está relacionado con el desarrollo de infraestructura para almacenamiento, transporte, conducción y uso del agua. Para ello y especialmente en el contexto del Sistema Nacional de Inversión Pública de Chile es condición imprescindible que la infraestructura sea sometida a un proceso de evaluación socioeconómica.

El objetivo de la evaluación social es disponer de una herramienta adicional para la toma de decisiones, no constituyendo la decisión en sí misma. En este contexto, la identificación precisa de la valoración del agua constituye sin dudas un elemento imprescindible para la estimación del valor socioeconómico de los proyectos. Por ello, el establecimiento de un sistema de precios permite: i) explorar diferentes opciones de participación del sector privado en el desarrollo de infraestructura pública; ii) establecer incentivos alineados hacia decisiones óptimas de consumo e inversión; iii) adoptar un enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos; iv) definir mecanismos para garantizar la sustentabilidad de las grandes obras, incluyendo los gastos de mantenimiento de largo plazo de los sistemas a fin de asegurar el autofinanciamiento de éstos; v) establecer sistemas de transferencias (subsidios e impuestos) no distorsionantes y por causas meritorias.

Por tanto, el mejoramiento de los mercados de agua permitirá también el mejoramiento en las decisiones de producción y consumo en mercados relacionados y particularmente, en lo que tiene relación con el desarrollo de infraestructura pública para el uso del agua.

iv. Replicabilidad de la metodología

Como resultado de la presente consultoría se dispuso de un conjunto de valores representativos de precios de mercados de DAA para las Regiones Metropolitana y de Valparaíso, estimados a partir de la metodología descrita y de forma tal que los resultados sean comparables con los informados por SISS.

Dada la robustez de la metodología, ésta puede ser implementada en etapas sucesivas y posteriores de análisis y ampliarse a otros mercados de Chile, tal que permitan la implementación de un proceso de continuidad para actualizar los precios de mercados en el tiempo y sobre la base de una metodología estandarizada.

v. Transparencia de los mercados

La ventaja principal del mercado es su capacidad de recopilar, procesar y utilizar la información con eficiencia. Las condiciones de oferta y demanda varían continuamente y si la información es fragmentada y dispersa se observa amplia varianza entre los valores y mercados.

En este sentido, la evidencia internacional recomienda a las autoridades públicas mejorar los sistemas de información a un costo razonable y establecer medidas tendientes a disminuir los costos de transacción. En este sentido, este trabajo está en línea con los objetivos de la DGA de disminuir las asimetrías de información y sortear las trabas administrativas y dificultades en el proceso de búsqueda de información que limitan el funcionamiento del mercado. De tal forma, la mayor transparencia permitirá avanzar en la transición desde mercados poco profundos o poco líquidos hacia mercados más competitivos que entreguen mejores señales para la asignación de los recursos.

vi. Uso de la información geo-referenciada

Los avances en la tecnología han permitido el desarrollo de aplicaciones informáticas para abordar el almacenamiento, manipulación y análisis de grandes volúmenes de datos espaciales. En este contexto, el uso de tecnologías avanzadas y Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta eficaz para almacenar, administrar y mostrar datos espaciales relacionados a la gestión de los recursos hídricos, particularmente en relación a su uso para pronosticar los efectos relacionados con la variabilidad espacial de los datos.

De la experiencia internacional los SIG en recursos hídricos (Nandi, S.; Hansda, T.; Himangshu, H.; Nandi, T., 2016 y otros). se usan para el desarrollo de modelos hidrológicos de predicción de volúmenes de aguas superficiales y subterráneas; en modelos de suministro de agua y sistemas de alcantarillado; para predecir y monitorear la contaminación de fuentes no puntuales de áreas agrícolas y entornos urbanos; monitorear el flujo y los contaminantes en las redes de alcantarillado pluvial; para asistir con planes de contingencia y evaluaciones de impacto ambiental, entre otros.

Por caso, SpatialVisionInnovations para Gobierno de Australia (2010) resume algunos usos del SIG en ese país, vinculando el uso de la información espacial a las tecnologías móviles para la asignación de activos en áreas urbanas y recopilación de datos de en sectores rurales. Asimismo, se destacan como beneficios la captura de conocimiento corporativo y la planificación de reemplazo de activos.

Del estudio anterior, algunos usos específicos que podrían replicarse al caso de Chile se relacionan a la provisión de mapas dinámicos, localización y gestión de reclamos, generación de libros de mapas, desarrollo de bases de datos para monitoreo y reporte, vinculación de la interfaz con otros sistemas, seguimiento del mantenimiento y operación de las redes y provisión de información de precios y volúmenes para decisiones de producción y consumo.

En la misma línea, Johnson (2008) establece que estas tecnologías son un requisito previo para el éxito en los esfuerzos de los ingenieros y planificadores para crear una infraestructura confiable. Y aborda aplicaciones en las áreas de hidrología de aguas superficiales y subterráneas, gestión de sistemas de abastecimiento de agua y riego,

gestión de sistemas de aguas residuales y aguas pluviales, gestión de aluviones, monitoreo de la calidad del agua, monitoreo y pronóstico de los recursos hídricos y planificación y gestión de cuencas hidrográficas.

Por otra parte, Nagraj S.; Patil, A.; Gosain, K. (2013) establecen usos alternativos para los SIG vinculando esta herramienta para la evaluación de suelos y aguas y la simulación de transporte de agua, sedimentos, nutrientes y pesticidas distribuidos espacialmente en una escala de captación. De este estudio, lecciones aprendidas y recomendadas para Chile tienen relación con simular la caída y derretimiento de nieve, simular los procesos de infiltración, evaporación, captación de la planta, flujos laterales y percolación en acuíferos y la estimación de volúmenes de escorrentía.

Por último y adicionalmente a los aspectos referidos anteriormente, los SIG pueden usarse para tomar decisiones y desarrollar funciones, como beneficios tales como el análisis de datos espaciales en un entorno complejo, la integración de diferentes bases de datos en un solo entorno, mostrar y gestionar datos espaciales en un contexto espacial, producir mapas especializados y productos gráficos, realizar análisis espacial complejos, ahorros de costos como por mayor eficiencia, mejorar los canales de comunicación, mejorar el registro y gestión de la información geográfica, la estimación de la demanda de agua de riego, el desarrollo de modelos de simulación de riego, predecir el crecimiento futuro de la demanda de riego o para gestionar la demanda de agua de en períodos de sequía o en el contexto de la distribución regional.

7 Referencias bibliográficas

- Banco Mundial (2011). Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos.
- Belli, P., Anderson, J., Barnum, H., Dixon, J., Tan, J. (2001). Economic Analysis of Investment Operations: Analytical Tools and Practical Applications. TheWorld Bank, Washington D.C.
- Biblioteca del Congreso de la Nación (2005). Ley Num. 20.017 Modifica el Código de Aguas (disponible en <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=239221&idVersion=2009-12-29>).
- Biblioteca del Congreso de la Nación (1981). Decreto de Ley N°1122 fija texto del Código de Aguas (disponible en <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605>).
- Botteon, C. (2007). Metodologia de avaliação de projetos de recursos hídricos
- Boardman, A., Greenberg, D., Vining, A., Weimer, D. (2001). Cost Benefit Analysis. Concepts and Practice. Prentice Hall, Tercera Edición.
- Claret y Manriquez (2014). Identificación de Fuentes y Respaldo Equivalencias de Derechos De Agua.
- CEPAL (1998). Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua. Serie Medio Ambiente y Desarrollo N°6, Octubre de 1998.
- CEPAL (2004). Donoso, Guillermo et al. Mercados de agua: experiencias y propuestas en América del sur. Serie recursos naturales e infraestructura.
- Cristi, O., Vicuña, A., L. de Azevedo, y Baltar, A. (2000). Mercado de agua para irrigación: una aplicación al Sistema Paloma de la cuenca del Limarí, Chile. World Bank-Netherlands Water Partnership Program (BNWPP) Trust Fund, Washington, DC.
- Cristi, O. y Poblete, C. (2011). No uso de derechos de agua: ¿una decisión ineficiente o eficiente? y patentes por no uso en Chile. UDD, Documento de Trabajo N°16. Septiembre de 2011, Facultad de Gobierno.
- Cristi, O. y Diaz, F. (n/d). Heterogeneous risk preferences and water market activity (disponible en <http://icom.uandes.cl/wp-content/uploads/2016/05/11.pdf>).
- D'Agostino, R. B., A. Balanger, and R. B. D'Agostino, Jr. 1990. A Suggestion for Using Powerful and Informative Tests of Normality. American Statistician 44: 316-321.
- Donoso, G., J.P. Montero y S. Vicuña (2001). Análisis de los mercados de derechos de aprovechamiento de agua en las cuencas del Maipo y el sistema Paloma en Chile: efectos de la variabilidad en la oferta hídrica y de los costos de transacción. Revista de Derecho Administrativo Económico 3: 363-366.
- Donoso, G (2006). WaterMarkets: Case Study of Chile's 1981 Code. Pontificia Universidad Católica de Chile. Global WaterPartnership South America, Santiago.
- EMG Consultores (2011). Estimación del Precio de Mercado y Precio Social de los Derechos de Aprovechamiento de Agua.
- Grubbs, Frank (1962). Sample Criteria for Testing Outlying Observations, The Annals of Mathematical Statistics. Volume 21, Number 1 (1950), 27-58.
- Hadi, Ali (1992). Identifying Multiple Outliers in Multivariate Data. Journal of the Royal Statistical Society. Series B: Methodological 54(3), January 1992.

Johnson, Lynn E. (2008), Geographic Information Systems in Water Resources Engineering, 1st Edition.

Nagraj S.; Patil, A.;Gosain, K. (2013). Geographical information system (GIS) for water resources management. International Journal of Research in Engineering and Technology.

Nandi, S.; Hansda, T.; Himangshu, H.; Nandi, T. (2016). Geographical Information System (GIS) in Water Resources Engineering. International Journal of Engineering Research. ISSN:2319-6890(online), 2347-5013(print) Volume No.5.

Ortegón, E., Pacheco, J. y Roura, H., (2005). Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública. Serie de manuales 39. CEPAL.

Pontificia Universidad Católica de Chile (2010). Análisis del mercado del agua de riego en Chile: una revisión crítica a través del caso de la Región de Valparaíso.

Ríos M. and Quiroz, J. (1995). "The Market for Water Rights in Chile: Major Issues". The World Bank, Technical Paper Number 235, Washington, D.C.

Royston, P. 1991. sg3.1: Tests for departure from normality. Stata Technical Bulletin 2:16-17.

Spatial Vision Innovations para Gobierno de Australia (2010). Use of GIS by Australian Water Authorities. Results of a 2009 Industry-Wide Survey

Superintendencia de Servicios Sanitarios (2015). Estudio tarifario Aguas Andinas 2015-2020; Estudio tarifario ESVAl 2015-2020.

Universidad de Desarrollo (2013). Análisis estimación del precio privado de los derechos de aprovechamiento de aguas, encargado por la Comisión Nacional de Riego.

8 Anexos

8.1 Anexo 1. Unidad de mercado subterráneo representativo por comuna

Tabla 54. Unidad de mercado subterráneo representativo por comuna, Región de Valparaíso (método indirecto de identificación de mercado)

Región	Comuna	Unidad de mercado
Región de Valparaíso	Cabildo	La Ligua
	Casablanca	Casablanca
	Colina	Limache
	Concón	Aconcagua Desembocadura
	Curacaví	Puangue Alto
	Hijuelas	Nogales
	La Calera	Nogales
	La Cruz	Quillota
	La Ligua	La Ligua
	Limache	Limache
	LlayLlay	San Felipe
	Nogales	Nogales
	Olmue	Limache
	Panquehue	San Felipe
	Puchuncaví	Estero Puchuncaví
	Quillota	Nogales
	Quintero	Aconcagua Desembocadura
	Rinconada	San Felipe
	Villa Alemana	Estero Viña del Mar
	Zapallar	Catapilco
San Felipe	San Felipe	

Fuente: elaboración propia, 2018.

Tabla 55. Unidad de mercado subterráneo representativo por comuna, Región Metropolitana de Santiago (método indirecto de identificación de mercado)

Región	Comuna	Unidad de mercado
Región Metropolitana de Santiago	Alhué	Alhué
	Buín	Santiago Sur
	Colina	Chacabuco Polpaico
	Huechuraba	Santiago Central
	Independencia	Santiago Central
	La Reina	Santiago Central
	Lampa	Lampa
	Las Condes	Santiago Central
	Lo Barnechea	Mapocho Alto
	Maipú	Santiago Central
	María Pinto	Puangué Medio
	Melipilla	Yali
	Padre Hurtado	Santiago Central
	Paine	Santiago Sur
	Peñaflor	Santiago Central
	Pirque	Santiago Sur
	Pudahuel	Santiago Norte
	Quilicura	Colina Sur
	Quinta Normal	Santiago Central
	Renca	Santiago Norte
	Recoleta	Santiago Central
	San José de Maipo	Santiago Sur
	San Pedro	Yali
	Santiago	Santiago Central
	Tiltil	Tiltil
	Ñuñoa	Santiago Central
	Macul	Santiago Central

Fuente: elaboración propia, 2018.

8.2 Anexo 2. Factores de conversión

Tabla 56. Factores de equivalencia de regadores y acciones de canal a acciones Río Maipo

Asociación o Canal Tronco	Nombre Canal en Base de Datos	Eq. a acc. del río Maipo
RÍO MAIPO	RÍO MAIPO	1
ASOCIACIÓN CANALES DE MAIPO	CANAL CALERA	0,4989
	CANAL DE MAIPO	1,6946
	CANAL ESPEJO	0,8116
	CANAL OCHAGAVIA	1
	CANAL SAN VICENTE	1
	CANAL SANTA CRUZ	0,5
	COMUNIDAD DE AGUAS DEL CANAL TANGUITO	0,4989
	ACM - ASOC. CANAL STA. CRUZ	CANAL CALERA DE TANGO
ACM - COMUNIDAD DE AGUAS STA. TERESA DE TANGO	CANAL SANTA ANA	1
ACM - COMUNIDAD DE AGUAS STA. TERESA DE TANGO	CANAL TRACY	1
ASOCIACIÓN DE CANALES UNIDOS DE BUIN	ASOCIACION DE CANALES UNIDOS DE BUIN	1
	ASOCIACION DEL CANAL PACHECANO	0,04215
	CANAL FERNANDINO	1
	CANAL PAINE	1
	CANAL QUINTA	1
	CANAL SANTA RITA	1
	CANAL VILUCO	1
ACUB - C. VILUCO	AGUAS DE LA COLONIA DE PAINE	0,3499
SOCIEDAD DEL CANAL DE MAIPO	CANAL EL CARMEN	1,6946
	CANAL LA FLORIDA	1,6946
	CANAL LA PUNTA	1,6946
	CANAL LAS PERDICES	1,6946
	CANAL LO CASTRO	1,6946
	CANAL MENA	1,6946
	CANAL PINTO	1,6946
	CANAL SAN BERNARDO	1,6946
	CANAL SAN CARLOS	1,6946
	CANAL SAN FRANCISCO	1,6946
	CANAL SAN PEDRO	1,6946
	CANAL SOLAR	1,6946
	SOCIEDAD CANAL DE MAIPO	1,6946
	CANAL DE PIRQUE	CANAL PIRQUE
COMUNIDAD DE AGUAS DE SAN BENJAMIN		1
COMUNIDAD DE AGUAS DEL CANAL EL PRINCIPAL DEL RIO MAIPO		1
ACM - ASOC. CANAL LA LARRAIN	CANAL LARRAIN	0,948276
ASOC. CANAL LAS GOLONDRINAS	CANAL LAS GOLONDRINAS	1
ASOC. DE CANALISTAS CANAL HUIDOBRO	CANAL HUIDOBRO	1
ASOC. DE CANALISTAS DE LA COLONIA J.A. RÍOS	COLONIA JUAN ANTONIO RIOS	0,429203222
ASOC. DE CANALISTAS DE LO CAÑAS	ASOCIACION DE CANALISTAS DE LO CAÑAS	0,00701692
ASOC. DE CANALISTAS DE REGADIO MEC. DEL NOVICIADO	ASOCIACION DE CANALISTAS DE REGADIO MECANICO DEL NOVICIADO	0,0308866
ASOC. DE CANALISTAS LA ERMITA	ASOCIACION DE CANALISTAS LA ERMITA	0,2271
ASOC. DE CANALISTAS CANAL ARRIAGADA O LO HERRERA	ASOCIACION DE CANALISTAS LO HERRERA	0,1
ASOC. DE CANALISTAS DE LA HIJUELA LARGA	ASOCIACION DE CANALISTAS DE LA HIJUELA LARGA	0,7833615
COMUNIDAD DE AGUAS MAPUHUE	COMUNIDAD DE AGUAS MAPUHUE	0,128449164
	CANAL EL CARMEN (FUNDO CASAS DEL ALBA)	0,052197714

Fuente: Claret y Manriquez, 2014. Identificación de Fuentes y Respaldo Equivalencias de Derechos De Agua.

Tabla 57. Factores de equivalencia de regadores y acciones de canal a acciones Río Maipo

Mercado	Equivalencia por acción	Fuente
Primera Sección Río Maipo ¹⁵	6.87 l/s	Estudio tarifario Aguas Andinas 2015-2020
Tercera Sección Río Maipo	1 l/s	Estudio tarifario ESVAL 2015-2020
Primera Sección Río Aconcagua	1.8 l/s	
Segunda Sección Río Aconcagua	1 l/s	
Tercera Sección Río Aconcagua	1.46 ls	
Cuarta Sección Río Aconcagua	1.8 l/s	
Río Putaendo	1 l/s	
Río La Ligua	1 l/s	

Fuente: Estudio tarifario Aguas Andinas 2015-2020; Estudio tarifario ESVAL 2015-2020

¹⁵En el caso de la Primera Sección del Río Maipo del Proceso Tarifario de Aguas Andinas, se realiza un Estudio Hidrológico para determinar el rendimiento de una acción del río. En el Estudio Tarifario 2015-2020 (publicado en 2015), la equivalencia estimada es de 6,82 l/s. En el Estudio Tarifario 2010-2015 (publicado en 2009) la equivalencia estimada fue de 7,44 l/s.