

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DEL MERCADO DE LOS DERECHOS DE
APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS ACUÍFEROS DEL
RÍO LA LIGUA Y PETORCA, REGIÓN DE VALPARAÍSO, CHILE**

JACQUELINE RODRÍGUEZ MÉNDEZ

Santiago, Chile

2014

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DEL MERCADO DE LOS DERECHOS DE
APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS ACUÍFEROS DEL
RÍO LA LIGUA Y PETORCA, REGIÓN DE VALPARAÍSO, CHILE**

**SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF GROUND WATER RIGHTS MARKET IN
AQUIFERS OF LA LIGUA AND PETORCA, VALPARAÍSO, CHILE**

JACQUELINE RODRÍGUEZ MÉNDEZ

Santiago, Chile

2014

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DEL MERCADO DE LOS DERECHOS DE
APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS ACUÍFEROS DEL
RÍO LA LIGUA Y PETORCA, REGIÓN DE VALPARAÍSO, CHILE**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables.

JACQUELINE RODRÍGUEZ MÉNDEZ

Profesor Guía	Calificaciones
Rodrigo Fuster G. Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Dr.	7,0
Profesores Evaluadores	
Alejandro León Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph. D.	6,5
Fernando Santibáñez Q. Ingeniero Agrónomo, Dr. Es. Sci.	6,8

Santiago, Chile

2014

AGRADECIMIENTOS

Sin duda que todo este proceso necesita del apoyo y cariño de muchas personas a las cuales quiero agradecer.

En primer lugar a quién hizo posible esta tesis, profesor Rodrigo Fuster, gracias por confiar en mí y permitirme acompañarlo como ayudante, practicante y tesista. Gracias por sus enseñanzas hidrológicas y de vida, por darme las oportunidades que hoy me permiten estar donde estoy. Por guiarme y apoyarme en todo este proceso, que sin duda hubiese sido mucho más complicado sin usted.

A quienes me ayudaron de forma desinteresada en el cumplimiento de los objetivos de esta tesis: Profesor Horacio Bown, Jorge Soto, Luis Olivera, Andrés Santamaría, Nicolás Muñoz y Rodrigo Jiménez, gracias por su disposición y por entregar parte de su valioso tiempo en mejorar el desarrollo y productos de este trabajo.

A Nicolás Ureta, quien a pesar de las adversidades de la vida, compartió su valioso conocimiento que permitió complementar en forma satisfactoria los resultados de la tesis.

A la Unidad de Organizaciones de Usuarios y Eficiencia Hídrica de la DGA, por la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, por todo el aprendizaje entregado y por darme las facilidades de terminar este proceso de la mejor manera.

A quienes fueron y serán un tremendo apoyo: Josefa, Anita, Dani, Palo y Gus, gracias por el apoyo, las enseñanzas, las palabras, las risas y los llantos.

Finalmente, a mi familia por todo el apoyo en estos largos años de estudio, gracias hermanitos y hermanitas por su paciencia, compañía y cariño. A mis padres, especialmente a mi madre quién me motivó y ayudó en todo este proceso y me dio todo en la vida. A Pérez por su compañía y amor. Los quiero un montón.

ÍNDICE

ACRÓNIMOS	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Objetivos	12
1.1.1 Objetivo general.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
2. METODOLOGÍA.....	14
2.1 Lugar de estudio	14
2.2 Levantamiento de información y preparación previa de los precios de transacción de los DAA subterránea	16
2.3 Variabilidad temporal de precios de los DAA en los acuíferos de los ríos La Ligua y Petorca	18
2.4 Variabilidad espacial de precios de los DAA en los acuíferos de los ríos La Ligua y Petorca	19
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1 Levantamiento de información y preparación previa de los precios de transacción de los DAA subterránea	21
3.1.1 Tratamiento inicial de datos	21
3.1.2 Eliminación de valores “outliers” a través de “box plot”	27
3.2 Variabilidad temporal del precio de los DAA en los acuíferos de los ríos La Ligua y Petorca	28
3.2.1 Variabilidad temporal según la cantidad de transacciones ocurridas	28
3.2.2 Variabilidad temporal de precios de transacciones de DAA	31
3.3 Variabilidad espacial de precios en cada una de las cuencas del río La Ligua y Petorca	40
4. CONCLUSIONES	47
5. BIBLIOGRAFÍA	49

6. GLOSARIO	52
7. APÉNDICES	56
Apéndice I. Variación de precios del valor presente a valor real.....	56
Apéndice II. Precios eliminados a través de análisis “box plot”	57
Apéndice III. Transacciones medias mensuales en ambos acuíferos	61
Apéndice IV. “Box Plot” de adjudicaciones y aportes en el acuífero de La Ligua y Petorca	62
Apéndice V. Precios anuales de transacción en el acuífero del río La Ligua y Petorca...	63
Apéndice VI. Precio transacciones medias mensuales en ambos acuíferos	65
Apéndice VII. Relación de precios y precipitaciones en cada una de las cuencas	66
Apéndice VIII. Cantidad de transacciones mensuales ocurridas en los acuíferos del río Ligua y Petorca	67
Apéndice IX. Precio promedio de transacciones mensuales ocurridas en los acuíferos del río Ligua y Petorca	68
Apéndice X. Fotografías del área de estudio	69
8. ANEXOS	71
Anexo I. Variaciones IPC históricas	71
Anexo II. Evolución de hectáreas plantadas en la cuenca de Petorca	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resumen de tratamiento inicial de datos.....	25
Cuadro 2. Transacciones presentes en el Mercado del Agua en los acuíferos del río La Ligua y Petorca.....	25
Cuadro 3. Valores eliminados a través de “box plot” en ambos acuíferos.	27
Cuadro 4. Casos de “outliers” eliminados en ambos acuíferos.	28
Cuadro 5. Precios anuales de compraventa en el acuífero de La Ligua.	32
Cuadro 6. Precios anuales de compraventa en el acuífero de Petorca.	33
Cuadro 7. Precios medios anuales por tipo de transacción.	33
Cuadro 8. Resultados estadísticos asociados a la regresión lineal de precios.	34
Cuadro 9. Adjudicaciones eliminadas a través de análisis “box plot” en Acuífero La Ligua.	57
Cuadro 10. Aportes eliminados a través de análisis “box plot” en Acuífero La Ligua.	57
Cuadro 11. Compraventas eliminadas a través de análisis “box plot” en Acuífero La Ligua.	58
Cuadro 12. Adjudicaciones eliminadas a través de análisis “box plot” en Acuífero Petorca.	59
Cuadro 13. Aportes eliminados a través de análisis “box plot” en Acuífero Petorca.....	59
Cuadro 14. Compraventas eliminadas a través de análisis “box plot” en Acuífero Petorca.....	60
Cuadro 15. Transacciones medias mensuales en acuífero La Ligua y Petorca.....	61
Cuadro 16. Precios anuales de adjudicaciones en el acuífero de La Ligua.....	63
Cuadro 17. Precios anuales de adjudicaciones en el acuífero de Petorca.....	63
Cuadro 18. Precios anuales de aportes en el acuífero de La Ligua.....	63
Cuadro 19. Precios anuales de aportes en el acuífero de Petorca.....	64
Cuadro 20. Precio transacciones medias mensuales en acuífero La Ligua y Petorca.	65
Cuadro 21. Variaciones IPC periodo 1992-2012.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio: Cuencas del río La Ligua y Petorca.....	15
Figura 2. Términos relacionados a la caracterización de los DAA subterránea.....	22
Figura 3. Mercado y No Mercado del Agua en los acuíferos del río La Ligua y Petorca. ..	23
Figura 4. Transacciones con información insuficiente en los acuíferos del río La Ligua y Petorca.....	24
Figura 5. Componentes del Mercado del Agua en el Acuífero de La Ligua y Petorca.	26
Figura 6. Total transacciones por acuífero.....	29
Figura 7. Cantidad de transacciones por año y por tipo en el acuífero del río La Ligua.	29
Figura 8. Cantidad de transacciones por año y por tipo en el Acuífero del río Petorca.	30
Figura 9. Diagramas “box plot” para compraventas en ambos acuíferos.	32

Figura 10. Regresiones lineales de precios para las diferentes transacciones.....	36
Figura 11. Medias anuales para Compraventas en el acuífero de La Ligua y Petorca.	37
Figura 12. Medias anuales para Aportes en el acuífero de La Ligua y Petorca.	37
Figura 13. Medias anuales para Adjudicaciones en el acuífero de La Ligua y Petorca.....	38
Figura 14. Compraventas con presencia y ausencia de coordenadas geográficas.	41
Figura 15. Índice de Moran para precios de compraventa en acuífero La Ligua.	42
Figura 16. Distribución espacial de precios, acuífero La Ligua.	43
Figura 17. Índice de Moran para precios de compraventa en acuífero Petorca.....	45
Figura 18. Distribución espacial de precios, acuífero Petorca.	45
Figura 19. Variación de los precios promedios anuales del valor presente y valor real.	56
Figura 20. “Box plot” de adjudicaciones y aportes en el acuífero de La Ligua y Petorca..	62
Figura 21. Relación de precios y precipitaciones, acuífero de La Ligua.	66
Figura 22. Relación de precios y precipitaciones, acuífero de Petorca.....	66
Figura 23. Cantidad de transacciones mensuales ocurridas en cada acuífero.	67
Figura 24. Precios medios mensuales en ambos acuíferos.....	68
Figura 25. Estero De La Patagua en carretera E-35 antes de junta con el río La Ligua.	69
Figura 26. Plantaciones de paltos en laderas de cerros, comuna de Cabildo.	69
Figura 27. Plantaciones de paltos en laderas de cerros, comuna de Cabildo.	70
Figura 28. Plantaciones de paltos rodeados por tocones de palto como medida paliativa frente a la escasez del recurso, medida que se repite en toda el área de estudio.	70
Figura 29. Evolución de hectáreas plantadas, cuenca de Petorca.	72

ACRÓNIMOS

CA: Código de Aguas, Chile.

CBR: Conservador de Bienes Raíces, Chile.

CNR: Comisión Nacional de Riego, Chile.

DAA: Derecho de Aprovechamiento de Aguas.

DGA: Dirección General de Aguas, Chile.

IPC: Índice de Precios al Consumidor.

MOP: Ministerio de Obras Públicas, Chile.

RPA: Registro de Propiedad de Agua.

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

RESUMEN

El Código de Aguas de 1981 faculta a los particulares el uso del agua a través de un Derecho de Aprovechamiento, otorgado por la Dirección General de Aguas, quien los concede de manera gratuita a los solicitantes. Éstos pueden ser transferidos o arrendados independientes de la tierra, originando el Mercado del Agua. La disminución de Derechos disponibles en la mayoría de las cuencas, permite que el Mercado aumente transformándose en la única opción para acceder al recurso.

Las cuencas de La Ligua y Petorca presentan factores que propician un comportamiento particular en relación al Mercado, entre ellos el cambio de escenario de pequeña agricultura a un importante centro de exportación frutícola, además de la creciente escasez hídrica que afecta la zona.

Los objetivos específicos para conocer el comportamiento del Mercado en ambas cuencas fueron: establecer la existencia de variabilidad temporal de precios y establecer la existencia de patrones de distribución espacial de precios de las diferentes transferencias de Derechos de Aprovechamiento de Agua subterránea.

La metodología para el primer objetivo consistió en un análisis descriptivo de los precios a través de regresiones lineales para cada tipo de transacción. En el segundo objetivo se realizó un análisis de estadísticas espaciales para establecer la presencia de conglomerados de precios. En ambos objetivos el comportamiento del precio fue explicado con información primaria y secundaria.

El resultado del análisis temporal de precios indicó que tienden a aumentar en el tiempo, alcanzando valores promedios al año 2012 de \$2.363.021 en el acuífero de La Ligua y \$4.274.504 en Petorca de un $L s^{-1}$ de agua. El análisis espacial de precios arrojó como resultado que sólo el acuífero de La Ligua presenta patrones de distribución, con precios altos en la parte media de la cuenca y bajos en la parte baja de ella.

En conclusión, son múltiples los factores que influyen en el precio de un Derecho de Aprovechamiento, siendo el principal factor que motiva el aumento en cantidad y precio de cada transacción, la escasez del recurso, asociada a una escasez legal con la declaración de restricción para nuevos Derechos, además del crecimiento de la demanda agrícola.

Palabras clave: Código de aguas, Mercado del agua, Escasez hídrica, Transacción.

ABSTRACT

The 1981 Water Code authorize the individual water use through a Water Rights issued by the General Water Management, granted free of charge to anyone who applies for it. These rights may be transferred or commercialized regardless of the earth, the exchange of rights generates the Water Market. Declining water rights available in most of the watersheds facilitates the increase market and becomes the only option to access the resource.

The watersheds of Ligua and Petorca rivers present factors that propitiate a particular behavior in relation to the Water Market, including the change of agricultural scene to an important center for fruit export, in addition to growing water scarcity is seen in the area.

The specific objectives for the behavior of the market in both aquifers were to establish the existence of temporal variability of prices and establish the existence of spatial distribution patterns of the different transactions prices of the Water Rights.

For the first objective, the methodology consisted of a descriptive analysis of the rates through linear regressions for each type of transaction. For the second objective spatial statistical analysis was performed to establish the presence and location of clusters of prices in each of the aquifers. In both objectives the price behavior was explained based on primary and secondary information.

The result of temporal prices analysis, indicated that these tend to increase in the time, reaching values of \$2.363.021 in the aquifer Ligua and \$4.274.504 in Petorca in the year 2012. The spatial analysis of prices indicated that only the aquifer of The Ligua presents distribution patterns.

It was possible to conclude that there are multiple factors that can influence the transaction price in the Water Right, the main factor driving the increase in the quantity and price of each transaction resource scarcity, in this case associated with a shortage with the declaration of legal restriction for new Water Rights and the growth in demand, primarily agricultural.

Keywords: Water code, Water market, Water scarcity, Transactions.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural escaso que posee un alto valor económico, dado por lo esencial de los servicios que ofrece a las diferentes sociedades humanas. En algunos casos, la gestión del agua ha llevado a un escenario donde prima la escasez, provocando un aumento de su valor económico (CEPAL, 1995; MINAGRI, 2011).

En Chile existe una economía basada en la exportación de recursos naturales y en actividades productivas que utilizan el agua como principal recurso para sus procesos productivos. Algunas actividades económicas, como la agricultura, la minería y la generación de energía utilizan el recurso hídrico como base fundamental de sus procesos productivos. Por otro lado, los diferentes procesos de cambio en el uso del suelo y el crecimiento de la población, implican una mayor demanda de agua para diferentes usos. El acceso al agua en Chile está determinado por los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA), otorgados por la Dirección General de Aguas (DGA), quien los concede de manera gratuita a quien los solicite, siempre y cuando exista disponibilidad del recurso y no se afecten los DAA de otras personas. Con esto, se establece la propiedad del agua que recae sobre el individuo solicitante, luego estos Derechos pueden ser transferidos o comercializados independientes de la tierra y según conveniencia del dueño de los Derechos. Así, con el aumento en la demanda del uso del agua y el agotamiento del recurso, los nuevos solicitantes de Derechos deben recurrir al Mercado del Agua para adquirirlos, provocando un aumento en la cantidad de transacciones de DAA (CEPAL, 1999; Donoso *et al.*, 2010).

Los DAA se constituyeron en el Código de Aguas (CA) de 1951, en él se reconocía la propiedad privada y pública de los DAA, éstos se entregaban al sector privado en forma de concesión, permitiendo la transacción de Derechos entre usuarios de una misma actividad económica, pero aquellas transacciones que involucraban un cambio de ésta, debían tener autorización estatal (Donoso, 1995 en Lewin, 2003). El Código establecía una nómina de prioridades para la asignación del agua en los casos que se presentara más de un solicitante de un mismo derecho. En este caso, la autoridad competente debía escoger aquel rubro con mayor importancia y utilidad. La lista de prioridades incluía los siguiente rubros: bebida, los servicios de agua potable, los usos domésticos y el saneamiento de las poblaciones, luego ferrocarriles, regadío, plantas generadoras de fuerza motriz, industria, molinos y otros usos (Donoso, 2003).

Luego, en 1967 fue aprobada la Ley 16.640 de la reforma agraria, con la cual fue posible expropiar el agua, retornando éstas al dominio estatal, pues era el Estado el que debía asignar el recurso a los diferentes usuarios. Además, los Derechos tenían un carácter administrativo, intransferible y sujeto a caducidad, lo último permitía reasignar el recurso

sin tener la obligación de compensar a los antiguos usuarios (Donoso, 1995 en Lewin, 2003).

Posteriormente en 1981, el CA fortaleció el concepto de propiedad privada, fomentando la privatización de los DAA y la libre transferencia entre usuarios, sin necesidad de especificar su uso y con la seguridad de no volver a expropiar tales Derechos (Donoso *et al.*, 2010; Hadjigeorgalis y Riquelme, 2002). En el 2005, se publica la Ley 20.017 que modifica el CA de 1981, en ella se incluyen cambios que permiten una mejor asignación de los DAA, fomentando la competencia entre futuros usuarios, así como también, asignando caudales efectivamente requeridos. Por otro lado nacen las patentes por no uso, las que corresponden al pago anual por la no utilización del agua, con el fin que el usuario haga uso efectivo de ellas, las transe o las retorne al estado (Donoso *et al.*, 2010; Valenzuela *et al.*, 2013).

En Chile se aprecia una notoria variabilidad espacial en la disponibilidad de agua, existiendo regiones con grandes reservas y otras donde la oferta es escasa, situación que se agrava por el aumento en la demanda de uso de agua con fines productivos y una mala gestión del recurso (Fuster *et al.*, 2009; Donoso *et al.*, 2010). Por otro lado, la disponibilidad de agua se ve afectada por la disminución de su calidad, producto del arrastre de diferentes contaminantes de las actividades productivas que se desarrollan en una cuenca, limitando su total aprovechamiento (Banco Mundial, 2011). Estas características, sumado a un descenso en las precipitaciones en el país, principalmente desde Antofagasta a Los Lagos (Vicuña *et al.*, 2013), ha llevado a decretar varias cuencas como zonas de escasez hídrica por parte del Ministerio de Obras Públicas (MOP) (DGA, 2012a). Esto se produce, principalmente, cuando la demanda supera la oferta de agua, generando un déficit que debe ser asociado a un daño en la comunidad (Fernández *et al.*, 1999). Un ejemplo de esto, son las cuencas del río La Ligua y Petorca, ubicadas en la Región de Valparaíso, las cuales han sido declaradas en siete oportunidades¹ como zonas de escasez hídrica por el MOP, debido a la sequía que afecta esta zona por varios años.

Según el INE (2011), las cuencas del río La Ligua y Petorca tienen una marcada vocación agrícola y minera, siendo estas sus principales actividades económicas. En estas zonas el Mercado del Agua se transforma en la principal opción para acceder al recurso, puesto que existen áreas en la cuenca donde no hay escurrimiento superficial de agua en lugares donde antes sí existía (parte media y baja de las cuencas) y además, los acuíferos del río Petorca y La Ligua fueron declarados como áreas de restricción en 1997 y 2004 respectivamente², por parte de la DGA. Ante este escenario, se esperaría un aumento en la cantidad de transacciones de DAA, además de un aumento en la dispersión de precios, lo cual

¹ Decreto MOP N° 245 del 5 de mayo 1997; Decreto MOP N° 125 del 12 de Marzo 2008; Decreto MOP N° 223 del 29 de Julio 2011; Decreto MOP N° 416 del 30 de Diciembre 2011; Decreto MOP N° 225 del 9 de Agosto 2012; Decreto MOP N° 362 del 13 de Diciembre 2012; Decreto MOP N° 289 del 11 de Octubre 2013

² Resolución N° 216 del 16 de junio de 1997, Declara área de restricción para nuevas explotaciones de aguas subterráneas el acuífero del valle del río Petorca, Provincia de Petorca, V región. Resolución N° 204 del 14 de mayo de 2004, Declara área de restricción para extracciones de aguas subterráneas del sector hidrogeológico del acuífero del río Ligua ubicado en la provincia de Petorca, V Región.

probablemente, es un resultado de la falta de información entre vendedores y compradores, sumado a la informalidad del Mercado y la falta de transparencia en las diferentes transacciones (Banco Mundial, 2011). Por otro lado, Hadjigeorgalis y Riquelme (2002), plantean que la dispersión de precios en los Mercados de DAA responde a las características particulares de cada cuenca. Así, las distintas características tanto de los Derechos como del entorno del Mercado en el cual se transan afectarán el valor pagado por ellos.

Un tema importante en estas cuencas es el cambio de uso de suelo durante las últimas décadas, que ha transformado el paisaje y el territorio de las cuencas de los ríos La Ligua y Petorca. Desde inicios del 1990, ambas cuencas han experimentado un gran cambio al sustituir cosechas de periodo anual por plantaciones permanentes de frutales para exportación como paltos y cítricos, principalmente en las laderas de los cerros, sustituyendo a la vegetación nativa. Esto fue posible debido al desarrollo de nuevas tecnologías para riego, y la disponibilidad de terrenos más económicos en las laderas del valle, donde además la temperatura es ligeramente más alta, factor óptimo para el cultivo de los paltos (Castro y Espinosa, 2008; DGA, 2012b). La segunda mitad de la década, el aumento en la cantidad de plantaciones llevó a una creciente demanda de agua, particularmente por el agua subterránea ya que las aguas superficiales habían sido asignadas en su totalidad. Por otro lado, el agua subterránea contiene menos sedimentos y una disponibilidad menos variable en periodos secos, razón por la cual el agua subterránea fue considerada como la principal fuente para el riego tecnificado, aumentando de manera significativa la excavación de pozos en ambas cuencas (Budds, 2012).

El cambio de escenario de pequeña agricultura y minería, a un importante centro de exportación frutícola que compite por el uso del agua con los restantes sectores de la economía local, además de la creciente escasez que se aprecia en la zona, reflejada por las constantes declaraciones de zonas de escasez hídrica en la provincia, son algunos de los factores que podrían hacer que estas cuencas tengan un comportamiento particular en relación al Mercado del Agua. Para esto, es de gran importancia conocer las dinámicas y procesos que ocurren con los precios de las diferentes transacciones con base real y empírica, en cada uno de los acuíferos y con ello conocer las principales características del Mercado con el fin de fomentar un Mercado acorde a las necesidades de las cuencas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Analizar el comportamiento espacio-temporal del Mercado de los DAA subterráneas en los acuíferos del río La Ligua y Petorca.

1.1.2 Objetivos específicos

- Establecer la existencia de variabilidad temporal del precio de los DAA en los acuíferos de los ríos La Ligua y Petorca para conocer el comportamiento del Mercado del Agua.
- Establecer la existencia de variabilidad espacial de precios en cada una de las cuencas del río la Ligua y Petorca para identificar posibles patrones de distribución espacial de precios en cada una de ellas.

2. METODOLOGÍA

2.1 Lugar de estudio

El área de estudio corresponde a las cuencas del río La Ligua y Petorca, ubicadas administrativamente en la Provincia de Petorca, en la Región de Valparaíso (Figura 1). La cuenca del río La Ligua ubicada entre los paralelos 32°10' y 32°40' de latitud sur, limita al sur con la cuenca del río Aconcagua y por el norte con la cuenca del río Petorca. Drena una superficie de aproximadamente 1.980 Km² y posee orientación NE – SO. El río inicia su recorrido a los 4.000 msnm con el nombre de estero Alicahue y en el sector medio de la cuenca se junta con el estero Los Ángeles. Algunos kilómetros aguas arriba del pueblo de Cabildo pasa a denominarse río La Ligua, el cual, desemboca en el mar en el sector denominado Las Salinas de Pullally, después de 90 Km de recorrido. En la cuenca del río La Ligua se pueden distinguir dos tipos de acuíferos uno de tipo libre que se extiende a lo largo de todo el valle y que posee gran interacción con los eventuales flujos superficiales del cauce. Por otro lado, existe otro acuífero de tipo confinado que se encuentra, desde la localidad de La Ligua y hacia la carretera Panamericana (DGA, 2004a y DGA, 2006).

La cuenca del río Petorca, ubicada entre los paralelos 32° y 32°20', limita al norte con las cuencas de lo río Choapa, en la Región de Coquimbo, y al sur con la cuenca del río La Ligua. La cuenca cubre una superficie aproximada de 1.986 Km² y posee orientación NE-SO (DGA, 2006). Se inicia a 3.880 msnm con el nombre de río Del Sobrante, que al unirse al principal afluente, llamado estero Chalaco, pasa a denominarse Petorca. Luego de un recorrido de 72 Km desemboca al mar, cerca de la desembocadura del río La Ligua (DGA, 2013). El acuífero del río Petorca se encuentra limitado por las cadenas de cerros que rodean el valle de norte a sur. Se puede distinguir un acuífero de tipo freático en toda su extensión, pero que para su estudio se dividen en dos acuíferos freáticos, denominados Petorca Costa, en el sector inferior del valle, desde la confluencia del estero Las Palmas hasta la desembocadura al mar y Petorca Interior ubicado aguas arriba de la confluencia del río Pedernal con el río Sobrante hasta la junta con el estero Las Palmas (CNR, 1995).

Ambas cuencas se encuentran conformadas administrativamente por las comunas de La Ligua, Petorca, Cabildo, y parte de Papudo y Putaendo. La mayor parte de las cuencas se ubican en la Provincia de Petorca, salvo parte de la cuenca del río La Ligua ubicada en Putaendo, que corresponde a la Provincia de San Felipe de Aconcagua (DGA, 2012b).



Figura 1. Área de estudio: Cuencas del río La Ligua y Petorca.

Los valores de precipitación para el área de estudio varían entre los 150 a 200 mm al año, presentándose principalmente durante las temporadas invernales. De acuerdo a la clasificación de Köeppen, se pueden distinguir dos tipos de climas: clima de estepa cálido y clima frío de altura (DGA, 2004a y DGA, 2004b).

- Clima de Estepa Cálido:

Se extiende prácticamente en toda el área de estudio. Su característica principal es la escasa humedad atmosférica, cielos despejados, luminosidad alta y fuerte oscilación térmica diaria. Los montos de precipitación media anual registrados en el sector costero de las cuencas alcanzan valores aproximados de 188 mm al año y temperaturas de 14,6° C para la cuenca del río La Ligua y de 297 mm al año y temperaturas de 14,9° C para Petorca (DGA, 2004a y DGA, 2004b).

- Clima frío de altura:

El Clima Frío de Altura, se localiza en la Cordillera de los Andes por sobre los 3.000 metros de altura. Las bajas temperaturas y las precipitaciones sólidas, caracterizan este tipo climático, permitiendo la acumulación de nieve y campos de hielo de tipo permanentes en cumbres y quebradas de la alta cordillera (DGA, 2004a y DGA, 2004b).

Las cuencas poseen similares características hidrológicas, ambas son reducidas en extensión y además de poca penetración en el macizo andino, esto determina que sus regímenes sean de tipo pluvial y con un importante período de disminución de sus caudales en la época estival. Es esto último, lo que las hace vulnerables a las sequías por su marcada variabilidad hidrológica (DGA, 2006). Las precipitaciones se presentan en invierno y se caracterizan por su anormalidad, pues existe diferencia entre años lluviosos y años secos. Los inviernos lluviosos pueden precipitar hasta 10 veces más que en los inviernos con sequía. Contrastes similares pueden encontrarse a lo largo de un mismo año, pues las precipitaciones pueden concentrarse en períodos de dos a tres semanas, dejando el resto de la estación con déficit (Meteochile, 2013).

2.2 Levantamiento de información y preparación previa de los precios de transacción de los DAA subterránea

Para que un DAA corresponda a un derecho de propiedad efectiva, debe ser inscrito en el Registro de Propiedad de Agua (RPA) del Conservado de Bienes Raíces (CBR) respectivo, tal como lo indica el CA de 1981³ en el artículo 112 y siguientes. El registro entrega certeza sobre la posesión efectiva del derecho y además, entrega mayor información sobre las características de la transacción⁴.

Para conocer el comportamiento del precio en las transacciones de los DAA subterráneas, fue necesario acceder a los registros del RPA, disponible en los CBR de La Ligua y Petorca. La información fue levantada en el marco del proyecto “Diagnóstico de Titulares de Derechos de Aprovechamiento de Aguas de los Acuíferos del Río La Ligua y Petorca” realizado por el Laboratorio de Análisis Territorial de la Universidad de Chile y solicitado por la Unidad de Organizaciones de Usuarios y Eficiencia Hídrica de la DGA.

Se levantó información de cada registro y sus respectivas inscripciones de DAA subterráneas que se encontraban vigentes hasta el mes de Octubre del año 2012 y que sus extracciones se ubicasen dentro de los acuíferos del río La Ligua y Petorca. Cabe destacar que un registro en el CBR puede corresponder a una o más inscripciones de DAA, es decir, que un registro puede tener asociada a más de una inscripción de DAA. Con esta información, se construyó una base de datos con todos los campos de información pertinente y relevante que caracterizan e individualizan cada transferencia de agua subterránea en cada uno de los acuíferos.

Se realizó un filtro a la base de datos recopilada, para que los datos puedan ser utilizados con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados en esta memoria. En primer lugar,

³ Corresponde a los artículos 112, 118, 120, 121,122 del Código de Aguas de 1981.

⁴ Decreto con Fuerza de Ley N° 1122. Código de Aguas. Santiago: Ministerio de Justicia, 1981. 70p. [Publicada en Diario Oficial el: 29 de octubre de 1981].

fue necesario distinguir aquellas transferencias que no forman parte de Mercado del Agua y las que sí corresponden al Mercado del Agua. Fueron consideradas como Mercado, todas aquellas transacciones que tienen asignado un precio a la transferencia de un título de dominio, por otro lado, aquellas transferencias que no tienen asignado un precio, son reconocidas como No Mercado y por lo tanto quedan fuera del análisis.

Las transferencias utilizadas para el análisis corresponden a todas aquellas consideradas dentro del Mercado del agua, tales como: Adjudicaciones, Aportes, Compraventas, Asignaciones, Compras en remate, Dación en pago, Distribución de aguas, Fusiones y Permutas, considerando sólo las transacciones de Derechos de tipo consuntivo y de ejercicio permanente y continuo, esto último con el fin que los precios puedan ser comparables entre sí. Además, se seleccionaron aquellas transacciones que contenían la siguiente información:

- Año de registro;
- Nombre de la captación y acuífero al cual corresponde;
- Caudal otorgado expresado en volumen partido por unidad de tiempo;
- Coordenada geográfica del punto de captación;
- Valor de las transacciones separado de la tierra, que no incluyan inmuebles u otros tipos de bienes anexos al valor del agua.

Para comparar los precios de cada una de las transacciones, inicialmente todos los valores fueron expresados en litros por segundo ($L s^{-1}$) y posterior a esto, se calculó el precio de 1 $L s^{-1}$ de agua, tal como lo muestra la Ecuación 1.

$$P = \frac{PT}{Q}$$

Ecuación 1. Precio litro de agua.

Donde,

- P : Precio de 1 $L s^{-1}$ de agua subterránea transada
 PT : Precio total de la transacción según el caudal otorgado
 Q : Caudal total otorgado en cada transacción

Luego los precios de cada transacción fueron deflactados según IPC para ser llevados a valor presente a través de la Ecuación 2, denominada Valor Actual (VA) (Field, 1995).

$$m = VA \times (1 + r)^t$$

Ecuación 2. Valor Actual.

Fuente: Field, 1995.

Donde,

- m : valor futuro (valor presente)
 VA : valor actual (valor real)
 r : tasa de descuento (5%)

t : cantidad de años involucrados

Esta ecuación produce la actualización de los precios históricos, permitiendo realizar un análisis comparativo entre cada uno de los valores anuales. Este análisis se realizó para cada tipo de transacción por separado, es decir, se estableció un análisis espacio-temporal para cada una de las transacciones consideradas dentro del Mercado del Agua.

La tasa de descuento es una técnica empleada para adicionar o comparar costos y beneficios que ocurren en diferentes puntos del tiempo (Field, 1995). La tasa de descuento aplicada en este análisis correspondió a la variación de los precios de determinados productos y servicios adquiridos por hogares urbanos chilenos, llamado Índice de Precios al Consumidor (IPC), la variación porcentual de un año a otro de éste índice recibe el nombre de tasa de inflación (INE, 2013), la cual se aplicó considerando las tasas anuales por un periodo de 20 años (1992-2012), con el fin de integrar en ella las variaciones del Mercado experimentado en dichos años (no se consideró la tasa de inflación de años anteriores debido a experimentar fuertes variaciones interanuales). En el Anexo I se aprecian las tasas de inflación anuales correspondientes a los 20 años obteniendo como promedio una tasa de 5% la cual fue utilizada en la Ecuación 2.

2.3 Variabilidad temporal de precios de los DAA en los acuíferos de los ríos La Ligua y Petorca

Para realizar el análisis comparativo de precios a través del tiempo, se utilizó la media aritmética de las transacciones ocurridas dentro de un mismo año, para cada tipo de transacción por separado. Con el fin de minimizar el efecto de precios extremos dentro de un mismo año, se realizó un análisis de caja o “box plot”, el cual entregó la información de los precios que se alejan de lo “razonable” dentro del conjunto de datos. En este caso, aquellos valores, corresponden a todos los precios que se encuentren fuera del rango cuyo Límite Inferior (LI) y Límite Superior (LS) correspondan a la Ecuación 3 y Ecuación 4 (Rustom, 2012).

$$LI=Q_1-1,5*(Q_3-Q_1)$$

Ecuación 3. Límite inferior.

Fuente: Rustom, 2012.

$$LS=Q_3+1,5 *(Q_3-Q_1)$$

Ecuación 4. Límite superior.

Fuente: Rustom, 2012.

Donde,

Q_1 : Primer Cuartil.

Q_3 : Tercer Cuartil.

Estos valores fueron identificados como “outlier”, los cuales no fueron considerados para el análisis ya que no reflejan el comportamiento del Mercado del Agua y sólo manifestarían situaciones poco usuales que generan dispersión en el conjunto de los precios. Luego de la identificación y posterior eliminación de datos, se calculó la media aritmética de los valores restantes, correspondiendo este valor al precio representativo de las transacciones de aguas para cada año.

Para establecer la existencia o no de variabilidad temporal en la serie de datos, se realizó un análisis descriptivo de las series de datos, utilizando para ello, regresiones lineales para cada tipo de transacción. Esto se realizó con el fin de obtener una ecuación que mejor exprese la relación existente entre la media de los precios y sus respectivos años. Se evaluó la representatividad de la recta para el conjunto de datos a través del coeficiente de evaluación (R^2), con valores del coeficiente más cercanos a 1, la recta obtenida describirá de mejor manera la relación existente entre los datos (variables de Precio y Tiempo tienen una relación perfecta); con valores del coeficiente cercanos a 0, la recta obtenida no es representativa y no describiría una relación entre las variables (las variables de Precio y Tiempo son independientes). Luego de esto y analizando la ecuación de regresión, fue posible determinar si los precios varían o no en el tiempo. Una vez que se determinó la variabilidad temporal, se realizó un análisis descriptivo de los valores anuales de los DAA, por separado y en cada una de las cuencas, y se investigó si el comportamiento registrado de los precios, estaría vinculado con hechos históricos específicos a través de la revisión de información secundaria. Algunos de los hitos contemplados para el análisis fueron: año de la creación o modificación del CA, años con escasez hídrica en la zona, entre otros.

2.4 Variabilidad espacial de precios de los DAA en los acuíferos de los ríos La Ligua y Petorca

Para realizar el análisis espacial de precios, se utilizaron los datos de cada tipo de transacción por separado, independiente del año en que ocurrió, ya que los precios corresponden a valores actualizados. Además se eliminaron todas aquellas transacciones en que no se registró la coordenada geográfica del punto de captación.

El análisis de variabilidad espacial entre el precio y su ubicación dentro de la cuenca, se realizó a través de estadística espacial, la cual permite conocer la existencia o no de patrones de distribución en el espacio. A través del uso de Sistema de Información Geográfica (SIG), se accedió a diversas herramientas del software ArcGis 10, las cuales permitieron conocer la existencia de “clusters” o conglomerados de precios en cada una de las cuencas. Inicialmente, se empleó la herramienta denominada Índice de Moran Global (I

Moran)⁵, la cual permite medir la auto-correlación espacial de los precios de cada transacción basadas en la ubicación de cada una de ellas, evaluando si el patrón de precios expresado se encuentra disperso, aleatorio o agrupado. Un patrón espacial de tipo disperso refleja algún tipo de proceso competitivo: precios con un valor alto rechaza a otros precios con valores altos y viceversa. En cambio, los patrones de distribución de tipo agrupado indica que valores altos se ubican cerca de otros valores altos y valores bajos cerca a otros valores bajos, está más agrupada espacialmente, reflejando la presencia de “clusters” dentro del conjunto de precios. Con esta herramienta fue posible establecer la existencia de patrones de distribución espacial, luego, para visualizar esta distribución, se utilizó la herramienta “Hotspots analysis” o análisis de puntos calientes.

La herramienta “Hotspots analysis” permite identificar “cluster” espaciales estadísticamente significativos de valores altos (puntos calientes) y valores bajos (puntos fríos), a través del cálculo de la estadística G_i^* de Getis-Ord⁶, arrojando como resultado el lugar donde se agrupan espacialmente los valores altos o bajos del conjunto de datos. La herramienta funciona dentro del contexto de búsqueda de entidades vecinas, es decir, una entidad o registro de precio con un valor alto es interesante, pero puede no corresponder a un punto caliente estadísticamente significativo ya que para corresponder a esta categoría, debe estar rodeada por otros valores altos. La suma local para un registro y sus vecinos se compara proporcionalmente con la suma de los demás registros, una diferencia demasiado grande como para ser resultado de una opción aleatoria daría lugar a un punto estadísticamente significativo.

Con esta información fue posible identificar la existencia de patrones de distribución espacial de los precios, la cual fue analizada y complementada en base a la revisión de información secundaria existente para cada una de las cuencas.

⁵ Para mayor información sobre estadística I de Moran global referirse a:
Ord, J and A. Getis. 1995. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. Geographical Analysis, 27(4): 287- 306.

Ord, J and A. Getis. 1992. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. Geographical Analysis, 24(3): 189- 206.

⁶ Para mayor información sobre estadística G_i^* de Getis-Ord referirse a:
Ord, J and A. Getis. 1995. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. Geographical Analysis, 27(4): 287- 306.

Ord, J and A. Getis. 1992. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. Geographical Analysis, 24(3): 189- 206.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Levantamiento de información y preparación previa de los precios de transacción de los DAA subterránea

3.1.1 Tratamiento inicial de datos

La recolección de información relacionada al reconocimiento de los titulares de DAA en ambos acuíferos, se debió dirigir a los RPA de los respectivos CBR presentes en los acuíferos de La Ligua y Petorca. El principal desafío consistió en la unificación de los términos utilizados en la caracterización de los diferentes títulos de dominio, para eso, inicialmente fue necesario diferenciar los distintos tipos de términos relacionados a las transmisiones o transferencias de los DAA.

En primer lugar se encuentran los registros de titularidad de los DAA los cuales identifican al titular del Derecho en el RPA. Un sólo registro puede tener asociado una o más inscripciones de DAA, ya que estas últimas representan la cantidad de extracciones de DAA asociados a ese registro. Dentro de las inscripciones de DAA se pueden identificar dos tipos, aquellas que pertenecen al Mercado del Agua y aquellas que no pertenecen al Mercado. Dentro de las inscripciones pertenecientes al No Mercado del Agua se identifican las transmisiones de DAA, las cuales se asocian sólo a un tipo de inscripción, correspondiente a las herencias de DAA, estas últimas, tal como lo define el Código Civil en su artículo 773, se transmiten solamente por causa de muerte⁷. Dentro del No Mercado se pueden identificar también las transferencias a través de otorgamientos las cuales corresponden a Constitución de Derecho, Dominio, Donación y Regularizaciones las cuales dan origen a la inscripción de un nuevo DAA proveniente de la propia institucionalidad o por sentencias judiciales.

Finalmente las inscripciones pertenecientes al Mercado del Agua corresponden a transferencias provenientes de una transacción de un DAA, al cual se le asigna este término ya que tiene asociado un precio a la transferencia de un título de dominio y corresponden a las siguientes tipos: Adjudicaciones, Aportes, Asignaciones, Compras en remate, Compraventas, Dación en pago, Distribución de aguas, Fusiones y Permutas. La Figura 2 ejemplifica de manera visual la relación de los términos antes descritos.

⁷ Decreto con Fuerza de Ley N° 1. Código Civil. Santiago, Chile: Ministerio de Justicia, 2000. 427p. [Publicada en Diario Oficial el: 30 de mayo de 2000].

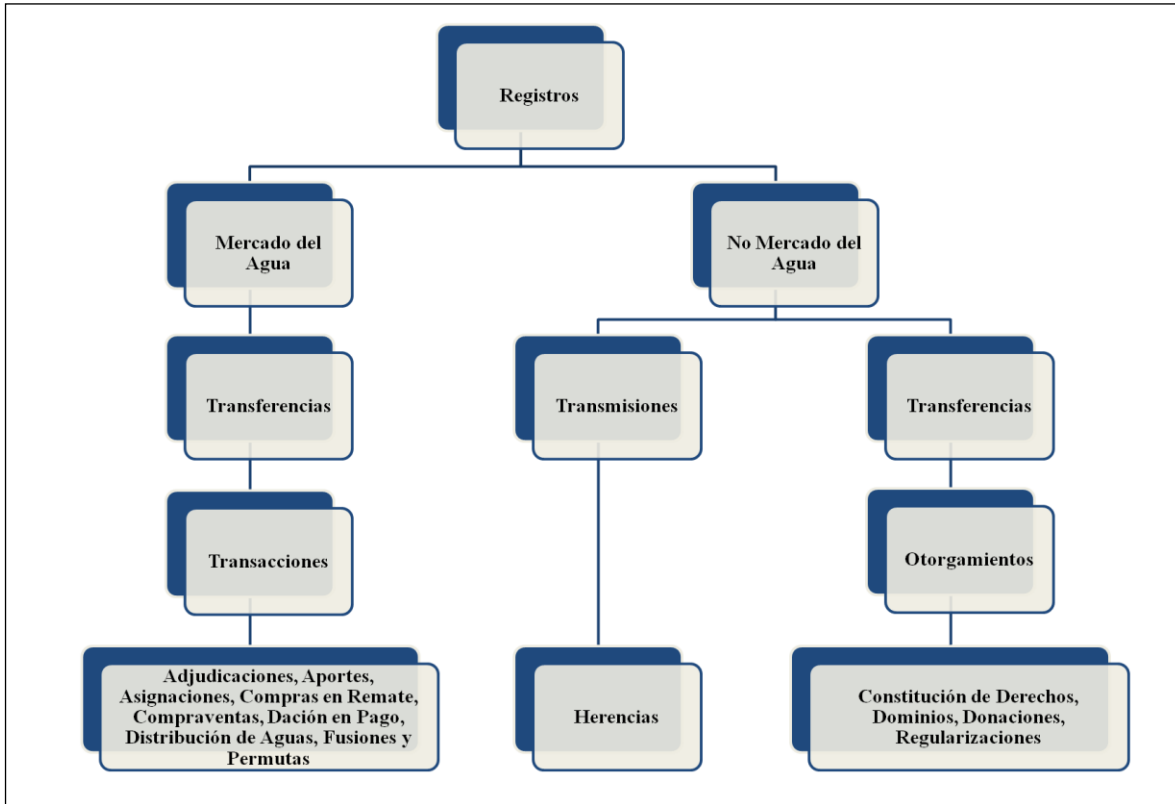


Figura 2. Términos relacionados a la caracterización de los DAA subterránea.

En base a la información recopilada en los CBR de La Ligua y Petorca, se obtuvo un total de 3.839 inscripciones de DAA hasta el mes de octubre del año 2012, los cuales incluyen el Mercado y No Mercado del Agua en ambos acuíferos. Del total, un 54,4% de inscripciones de DAA corresponden al acuífero de La Ligua (2.087 inscripciones), mientras que un 41,3% pertenecen al acuífero de Petorca (1.584 inscripciones). Las inscripciones restantes no incluyen el nombre del acuífero al cual pertenecen, este valor corresponde a 168 datos, alrededor de 4% de las inscripciones totales.

Posterior a la identificación de las inscripciones correspondientes a cada uno de los acuíferos, se identificaron aquellas transacciones que se consideran dentro del Mercado del Agua, las cuales corresponden a aquellas que tienen asignado un precio a la transferencia de un título de dominio, las cuales se denominaron como transacciones de DAA. La División entre Mercado y No Mercado del Agua para cada acuífero se aprecia en la Figura 3.

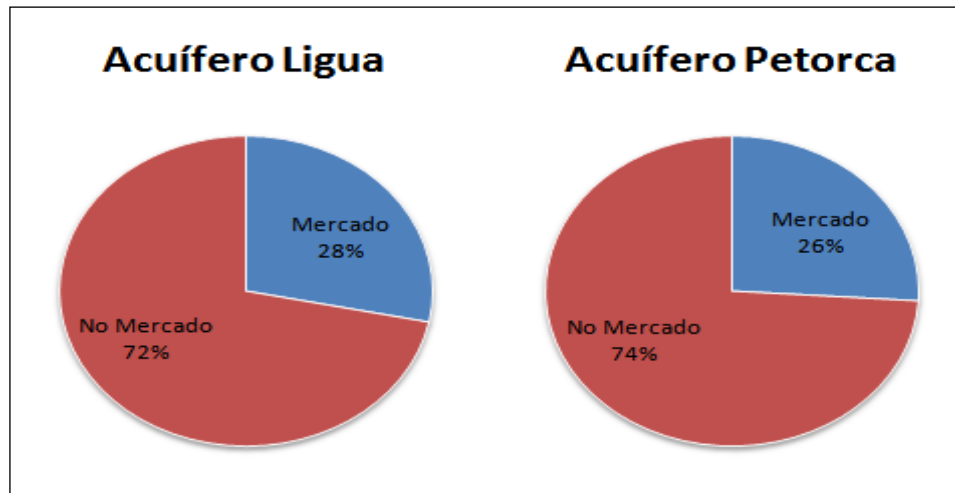


Figura 3. Mercado y No Mercado del Agua en los acuíferos del río La Ligua y Petorca.

Para el acuífero de La Ligua se reconocieron 589 transacciones pertenecientes al Mercado del Agua, las cuales se distribuyen entre Adjudicaciones, Aportes, Compraventas, Asignaciones, Compras en remate, Dación en pago, Distribución de aguas, Fusiones y Permutas. En el acuífero del río Petorca se distinguen 412 transacciones pertenecientes al Mercado del Agua las cuales se dividen en Adjudicaciones, Aportes, Compraventas, Compras en remate y Permutas. Tal como se aprecia en la Figura 3, más de un 70% de las inscripciones en cada acuífero son parte del No Mercado del Agua y aproximadamente un cuarto de ellas son consideradas como transacciones, es decir, parte del Mercado del Agua. Como se dijo anteriormente, ambas cuencas corresponden a áreas de restricción para nuevas extracciones y se esperaría que el Mercado del Agua para estas zonas tuviese mayor representatividad que el No Mercado del Agua debido a la prohibición de constitución de nuevos DAA. Si bien no se otorgaron nuevos Derechos, el CA establece que los DAA que están siendo aprovechados por un usuario y no se encuentren inscritos, podrán regularizarse cuando dicho usuario haya cumplido cinco años de uso ininterrumpido, contados hacia atrás desde la fecha de entrada en vigencia del CA de 1981 (antes del 29 de octubre de 1976) (DGA, 2011), motivo que permite que el No Mercado se mantenga vigente y activo aun cuando los acuíferos correspondan a zonas de prohibición para nuevas extracciones.

Dentro de las transacciones en cada uno de los acuíferos (589 para La Ligua y 412 para Petorca), se identificaron algunas de ellas que no cuentan con la información necesaria para ser utilizados en el presente análisis, éstas son consideradas como “Transacciones con información insuficiente”, tal como lo indica la Figura 4. Para las transacciones pertenecientes al Mercado del Agua en Ligua, corresponden a 390 los datos válidos para el análisis. En el acuífero Petorca, éstas ascienden a 276 transacciones. Se aprecia que la principal razón que motiva la eliminación de datos, en ambos acuíferos, es el caudal expresado en porcentaje. En este tipo de transacción, el caudal transado no es expresado en volumen por unidad de tiempo, sólo se indica el porcentaje de agua vendido o comprado, sin detallar la equivalencia correspondiente al 100%, por lo tanto, el caudal transado no puede ser estimado. El artículo 119 del CA, establece en el numeral 5, que las inscripciones

originarias deben indicar la cuota de Derechos que le corresponde a cada usuario dentro de la fuente de extracción, además el artículo 7 del mismo Código, establece que el DAA se debe expresar en volumen por unidad de tiempo, para el caso de ambos acuífero corresponden a 151 los registros posibles de perfeccionar.⁸ Esto último tiene por objeto aclarar las características esenciales de un DAA que han resultado incompletas o indefinidas en el título de dominio que se inscribe en el RPA de los respectivos CBR⁹, en este caso, debieran perfeccionarse los caudales transados de acuerdo a lo establecido en el artículo 7 del CA.

La segunda causa de eliminación de datos más frecuente en los acuíferos corresponde a la inclusión del valor del inmueble dentro del precio de transacción, siendo imposible (dentro de los alcances de esta investigación) identificar el precio del DAA ya que la transacción incluye, por ejemplo, el precio de propiedades, predios agrícolas y otros bienes raíces, además del precio del agua.

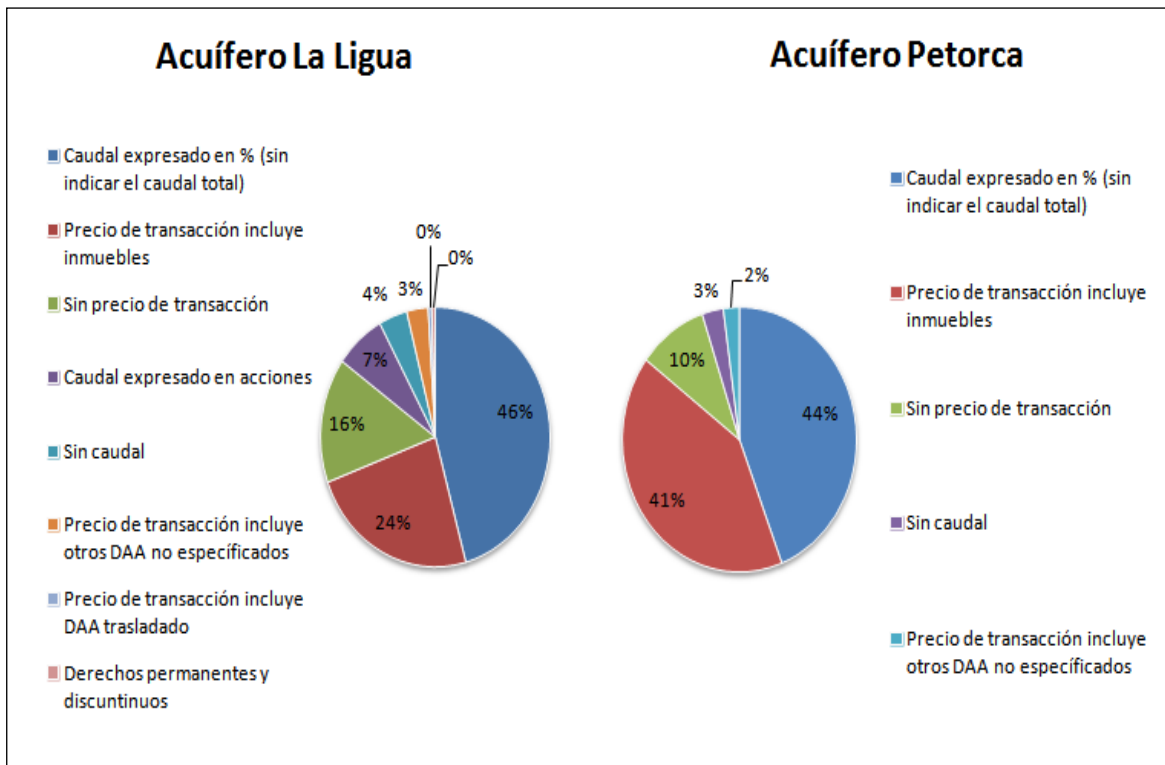


Figura 4. Transacciones con información insuficiente en los acuíferos del río La Ligua y Petorca.

⁸ Decreto con Fuerza de Ley N° 1122. Código de Aguas. Santiago: Ministerio de Justicia, 1981. 70p. [Publicada en Diario Oficial el: 29 de octubre de 1981].

⁹ Decreto Supremo N° 1220. Reglamento del Catastro Público de Aguas. Santiago: Ministerio de Obras Públicas, 1997. 20p. [Publicada en Diario Oficial el 25 de Julio de 1998].

Luego de la eliminación de datos pertenecientes al No Mercado y datos con información insuficiente, indicados anteriormente, se puede establecer que en el caso del acuífero de La Ligua, un 81% de las transferencias iniciales quedó fuera del análisis, las cuales corresponden a 1.697. Para el caso del acuífero de Petorca, el porcentaje de transferencias eliminadas corresponde a un 83%, sumando 1.308 datos, los cuales no fueron considerados en el análisis. Finalmente las transacciones consideradas dentro del análisis corresponden a un 19% para el acuífero de La Ligua y a un 17% para el acuífero de Petorca, las cuales corresponden al Mercado del Agua en ambas cuencas y con factibilidad de analizar. En el Cuadro 1, se aprecia un resumen del tratamiento inicial de los datos.

Cuadro 1. Resumen de tratamiento inicial de datos.

Acuífero	Registros Totales	Registros eliminados: No Mercado	Registros eliminados: Información Insuficiente	Transacciones Válidas (Mercado del Agua)
La Ligua	2.087	1.498 (72 %)	199 (10%)	390 (19%)
Petorca	1.584	1.172 (74 %)	136 (9%)	276 (17%)

Inicialmente, se identificaron para el acuífero de La Ligua los siguientes tipos de transacción: Adjudicaciones, Aportes, Compraventas, Asignaciones, Compras en remate, Dación en pago, Distribución de aguas, Fusiones y Permutas. En el acuífero del río Petorca se distinguieron los siguientes: Adjudicaciones, Aportes, Compraventas, Compras en remate y Permutas. La distribución de las diferentes transacciones se aprecia tal como indica el Cuadro 2.

Cuadro 2. Transacciones presentes en el Mercado del Agua en los acuíferos del río La Ligua y Petorca.

Tipo de transacción	Acuífero La Ligua	Acuífero Petorca
Compraventa	329	246
Adjudicaciones	40	10
Aportes	13	14
Asignaciones	3	0
Distribución de aguas	3	0
Compra en remate	1	4
Permuta	1	2
Total	390	276

En ambas cuencas, el tipo de transacción que domina en el Mercado del Agua corresponde a las compraventas, con cerca del 85% de las inscripciones totales para el acuífero de La Ligua y un 89% para el acuífero de Petorca. A las compraventas les siguen las adjudicaciones y aportes, correspondiendo a los principales mecanismos de transacción de DAA dentro de ambas cuencas. Dado que el resto de mecanismos de transacción son

relativamente bajos en relación a los mecanismos señalados, se dejaron fuera de este estudio, ya que su análisis podría generar resultados poco significativos.

A continuación, en la Figura 5, se aprecia la composición del Mercado del Agua y las transacciones eliminadas por información insuficiente de los acuíferos de La Liga y Petorca.

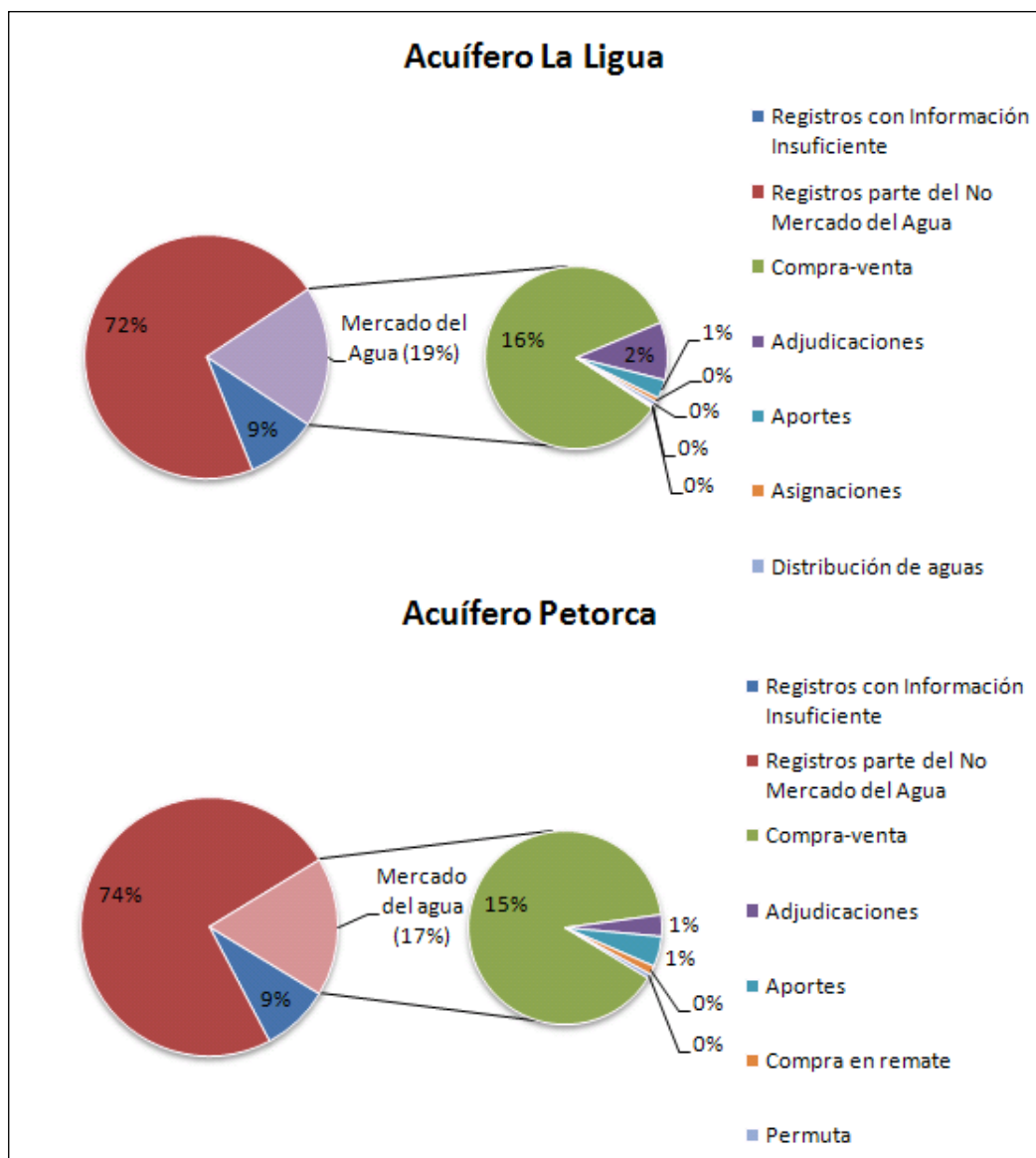


Figura 5. Componentes del Mercado del Agua en el Acuífero de La Liga y Petorca.

Aunque la cantidad de transacciones dentro del Mercado del Agua en el acuífero de La Liga es mayor que en el acuífero de Petorca por 177 unidades, el comportamiento de ambas cuencas es similar en relación a la cantidad de transacciones con información insuficiente (9% para ambos acuíferos) y en el comportamiento del No Mercado del Agua.

Con esta información, se demuestra que el Mercado del Agua, en ambas cuencas, no corresponde al principal mecanismo de adquisición de DAA, ya que cerca del 80% de las inscripciones corresponden a otros tipos de adquisición pertenecientes al No Mercado del Agua.

Para comparar los precios de las diferentes transacciones, se aplicó la Ecuación 1, que permitió conocer el precio de 1 L s^{-1} de agua de todas las transacciones ocurridas. Luego, para realizar un análisis comparativo de los precios en el tiempo, se utilizó la Ecuación 2 (Valor actual), la cual permitió llevar a valor presente los precios registrados. El valor real de los precios experimenta un incremento a lo largo del tiempo desde el año 1982 en el acuífero de La Liga y desde 1998 en el acuífero de Petorca hasta la actualidad (Ver Apéndice I), lo cual se produce como consecuencia de la disminución del valor del dinero, proceso definido como inflación (Mimica, 2007).

3.1.2 Eliminación de valores “outliers” a través de “box plot”

El análisis “box plot” permitió conocer aquellos precios que salen de lo normal dentro del conjunto de datos. El análisis se realizó por año y por cada tipo de transacción por separado (los valores eliminados por cada año se aprecian en el Apéndice II). El Cuadro 3 muestra un resumen de los datos eliminados por tipo de transacción (Adjudicaciones, Aportes y Compraventas) y por acuífero.

Cuadro 3. Valores eliminados a través de “box plot” en ambos acuíferos.

Tipo transacción	Acuífero La Liga			Acuífero Petorca		
	Datos iniciales	Datos eliminados	Datos finales	Datos iniciales	Datos eliminados	Datos finales
Adjudicaciones	40	3	37	10	0	10
Aportes	13	0	13	14	0	14
Compraventas	329	34	295	246	16	230
Total	382	37	346	270	16	254

Se aprecia que la mayor cantidad de datos eliminados se registró en el acuífero de La Liga con 37 “outliers”, concentrándose éstos en las compraventas con 34 transacciones eliminadas. En el acuífero de Petorca el comportamiento es similar, la totalidad de puntos atípicos fueron detectados en las compraventas, pero sólo con 16 valores.

En los aportes no se identificaron “outliers” de precios en ninguna de las dos cuencas, debido al bajo número de transacciones totales, solamente 13 para el acuífero de La Liga y 14 para Petorca, además, un año concentra la mayoría de los aportes (2011), quedando el resto de los años con uno, dos o tres transacciones totales anuales. El comportamiento de las adjudicaciones es similar al de los aportes, fue posible identificar 3 valores atípicos presentes en el acuífero de La Liga. Finalmente, luego de la eliminación de valores

atípicos, el acuífero de La Ligua queda con 346 transacciones totales y el acuífero de Petorca con 254.

Se pudo reconocer dentro de los valores atípicos identificados, algunos valores muy altos que salen de lo común dentro del conjunto de precios, los casos de valores atípicos más llamativos se muestran en el Cuadro 4:

Cuadro 4. Casos de “outliers” eliminados en ambos acuíferos.

Acuífero	Año	Tipo Transacción	Cantidad Transada (L s⁻¹)	Precio Transado (\$)	Precio L s⁻¹ (\$)
La Ligua	2010	Compraventa	0,020	661.500	33.075.000
Petorca	2010	Compraventa	0,003	2.205.000	755.136.986
La Ligua	2009	Compraventa	0,030	1.157.625	42.875.000
La Ligua	2006	Compraventa	0,006	2.144.153	357.358.838
La Ligua	2006	Compraventa	0,060	10.720.765	172.915.567

Sólo se observaron compraventas dentro de los “outliers” con valores altos, cabe mencionar que estas transacciones de compraventa se dan entre personas particulares y con fines de uso agrícola.

Tal como se aprecia en el Cuadro 4, los caudales transados corresponden a pequeñas fracciones de caudal, que son vendidas en altos precios (en relación al conjunto total de transacciones), esto provoca que el valor correspondiente a una unidad de estos caudales alcancen valores altos y que sean reconocidos como valores fuera de lo común en relación al conjunto de transacciones en el análisis “box plot”.

3.2 Variabilidad temporal del precio de los DAA en los acuíferos de los ríos La Ligua y Petorca

3.2.1 Variabilidad temporal según la cantidad de transacciones ocurridas

Los acuíferos de La Ligua y Petorca conservan para el análisis un total de 346 y 254 transacciones respectivamente, los cuales se dividen en adjudicaciones, aportes y compraventas.

Con 295 transacciones, las compraventas obtienen el 85% de los datos válidos dentro del Mercado del Agua en el acuífero de La Ligua y con 230 transacciones, correspondientes al 91% de los valores válidos en el acuífero de Petorca (Figura 6).

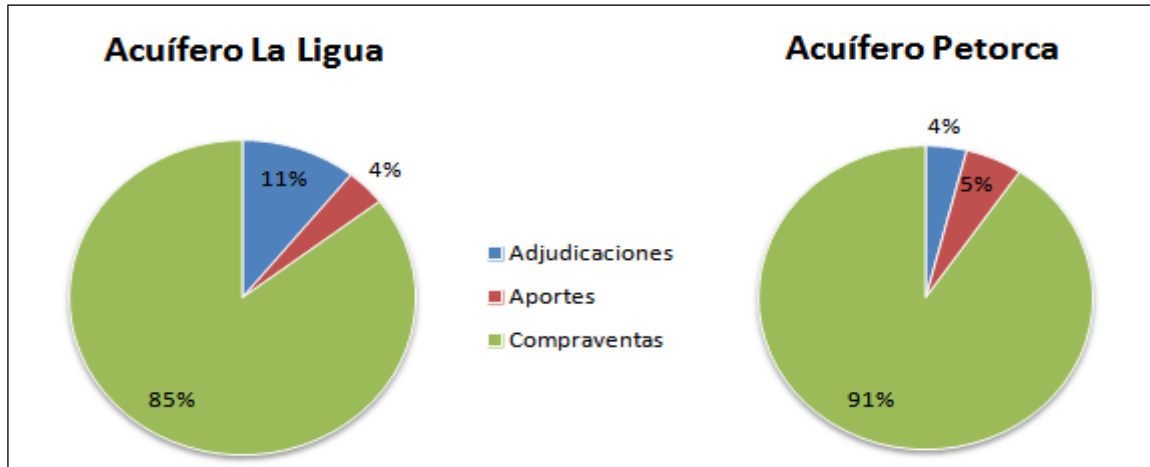


Figura 6. Total transacciones por acuífero.

La Figura 7 muestra la comparación entre la cantidad de transacciones ocurridas en el acuífero de La Ligua por tipo de transacción y para cada año en que ocurrió cada una de ellas.

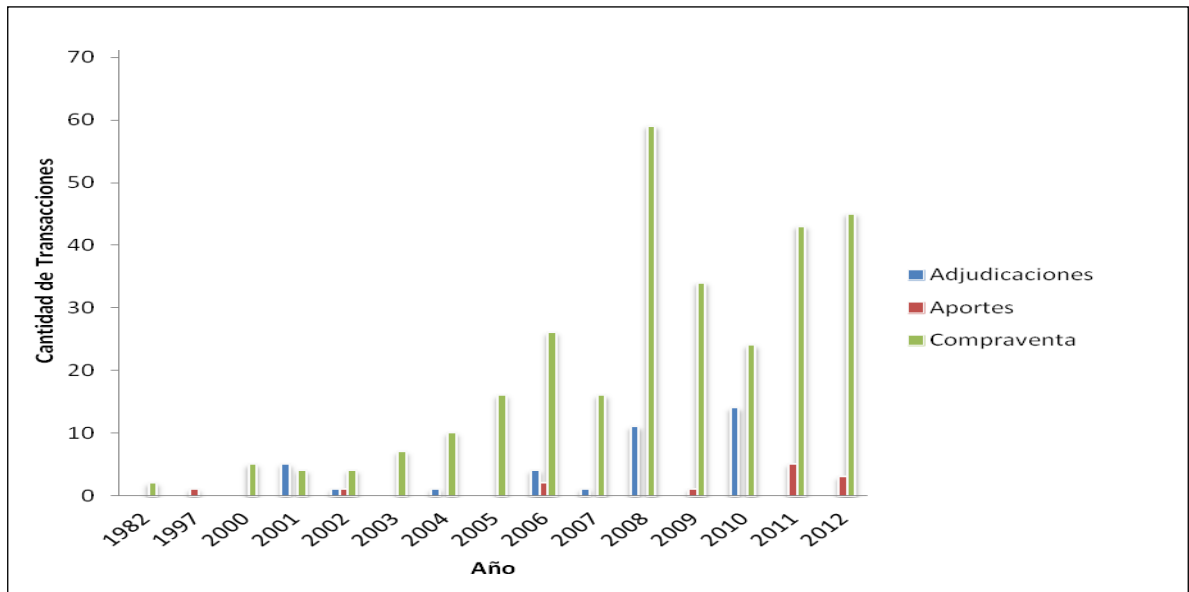


Figura 7. Cantidad de transacciones por año y por tipo en el acuífero del río La Ligua.

Acá se aprecia cómo es el comportamiento de las transacciones a través del tiempo y que son las compraventas las que dominan el Mercado de los DAA en este acuífero. Por otro lado, se aprecia que las adjudicaciones y aportes tienen un comportamiento irregular en el tiempo, existiendo años en que ocurrieron compraventas como único tipo de transacción.

Por otro lado, las compraventas tienen una notable tendencia a aumentar en el tiempo, un caso especial es el año 2008 en que ocurrió la mayor cantidad de transacciones válidas con 59 datos, seguida del año 2012 con 45 valores.

La Figura 8 muestra la comparación entre cantidad de transacciones ocurridas en el acuífero de Petorca por año y por tipo de transacción.

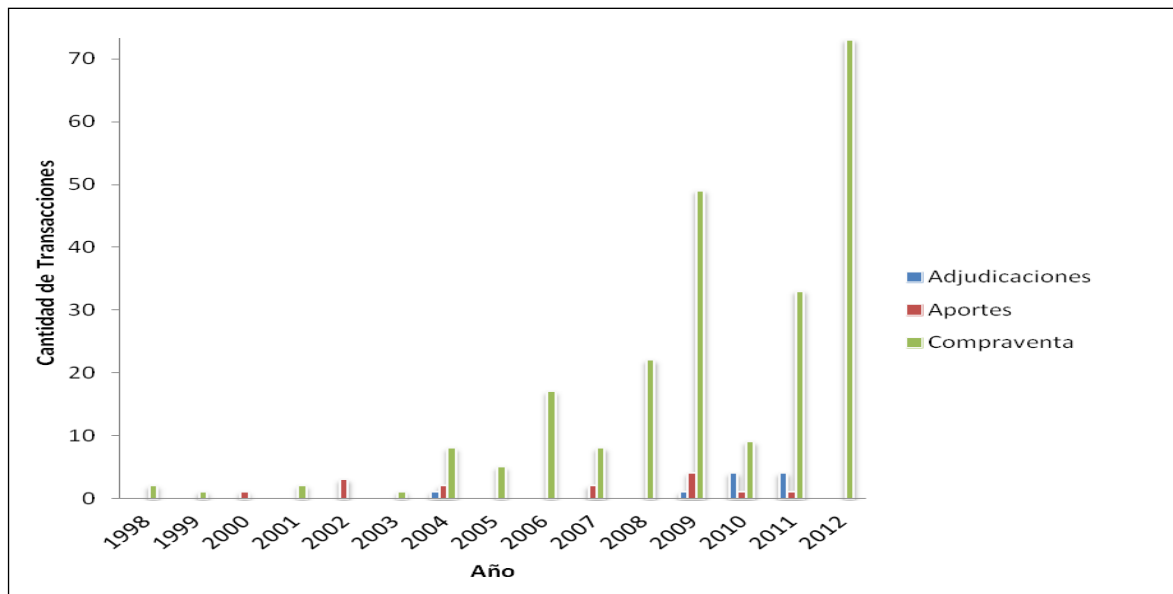


Figura 8. Cantidad de transacciones por año y por tipo en el Acuífero del río Petorca.

Al igual que el acuífero de La Ligua, son las compraventas las que dominan el Mercado del Agua en este acuífero, sobresaliendo el año 2012 en que la cantidad de transacciones corresponden a 73, siendo la mayor cantidad registrada en relación a ambos acuíferos. Acá también se aprecia una tendencia al alza en la cantidad de transacciones dentro del Mercado del Agua.

Las modificaciones al CA, específicamente la introducción del cobro de patentes por no uso, pudo generar que los usuarios que no utilizaban sus Derechos, los transaban en el Mercado a través de compraventa u otro tipo de transacción. Esta modificación ocurrió el año 2005 y por lo tanto, podría explicar en parte el aumento de las transacciones en los años siguientes. En este mismo año, el Mercado de las paltas tuvo una tendencia a la baja y por lo tanto, no se explica que aumente de esta manera la cantidad de compraventas, considerando que es uno de los principales mercados económicos dentro de la provincia (Budss, 2012). Por otro lado, este supuesto no sería lo suficientemente consistente, ya que según Valenzuela (2011) y Valenzuela *et al.*, (2013), se estableció que las patentes por no uso del agua no corresponderían a un desincentivo eficaz para conservar un DAA sin uso, es decir, que aquellas personas con Derechos sin uso efectivo, prefieren pagar una patente por este motivo en vez de hacer uso de ellos o transarlos en el Mercado.

Los acuíferos de Petorca y La Ligua fueron declarados como áreas de restricción en 1997 y 2004, respectivamente. Esta es una herramienta legal que, según el artículo 65 del CA, corresponde a aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los cuales

existe un riesgo grave de disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de DAA de terceros ya establecidos en él, convirtiéndose en una de los pocos instrumentos para la protección de los acuíferos. Luego de la declaración, la DGA está facultada para otorgar DAA sólo en calidad de provisionales (Prieto, 2011). Para los años posteriores a la declaración de área de restricción en ambos acuíferos, se espera entonces un aumento en la cantidad de transacciones, ya que la forma de adquirir Derechos de agua es limitada, y el Mercado se transforma en la principal vía para la obtención de éstos. En la Figura 8, se aprecia cómo el Mercado para el acuífero de Petorca se inicia en 1998, un año después de ser declarado zona de restricción. Si bien en el acuífero de La Ligua el Mercado comienza el año 1982, desde el 2004, año en que fue declarado zona de restricción, se aprecia un notable aumento en la cantidad de transacciones. Además, considerar los años en que los acuíferos fueron declarados áreas de restricción es un factor importante en el aumento de la cantidad de transacciones dentro del Mercado del Agua, “ya que en el momento de la declaración, ambos acuíferos se encontraban sobre-otorgados, existiendo problemas por parte de los usuarios de agua para ejercer el derecho”¹⁰.

Además de lo anterior y sumado al largo periodo de escasez hídrica que se vive en la cuenca, se puede establecer que: “la principal razón que mueve el Mercado del Agua en esta provincia, en donde existe baja competencia de usos de suelo, son las inversiones agrícolas a largo plazo. Para los paltos se debe tener más de cuatro años de seguridad de agua. Es por esto que en épocas de escasez la gente comienza a comprar Derechos. En estas épocas los pequeños propietarios no pueden invertir en nuevas infraestructuras o mejorar la infraestructura existente y se ve obligado a vender. En cambio, los grandes agricultores tienen la capacidad de profundizar pozos y hacer nuevas infraestructuras y por lo tanto compra a los pequeños propietarios. Es por esto que el Mercado del Agua se activa en periodos de escasez hídrica y esto ocurre de forma reactiva, es decir, se recurre al Mercado del Agua cuando ya se declaró la escasez y no antes”¹¹.

3.2.2 Variabilidad temporal de precios de transacciones de DAA

La Figura 9 corresponde a los “box plot” de las compraventas para ambos acuíferos luego de la eliminación de valores extremos, acá se aprecia la variación de medianas entre los precios para cada año, además se aprecia que aún luego de la eliminación de “outliers”, siguen apareciendo otros valores extremos, demostrando la gran variabilidad de precios dentro de los diferentes años¹².

¹⁰ Ureta, N. 2014, Ene. Mercado del Agua en los acuíferos del río La Ligua y Petorca. [Entrevista personal]. Santiago, Dirección General de Aguas.

¹¹ Ibid.

¹² Los diagramas “box plot” para adjudicaciones y aportes de los acuífero de La Ligua y Petorca se encuentran en el Apéndice IV.

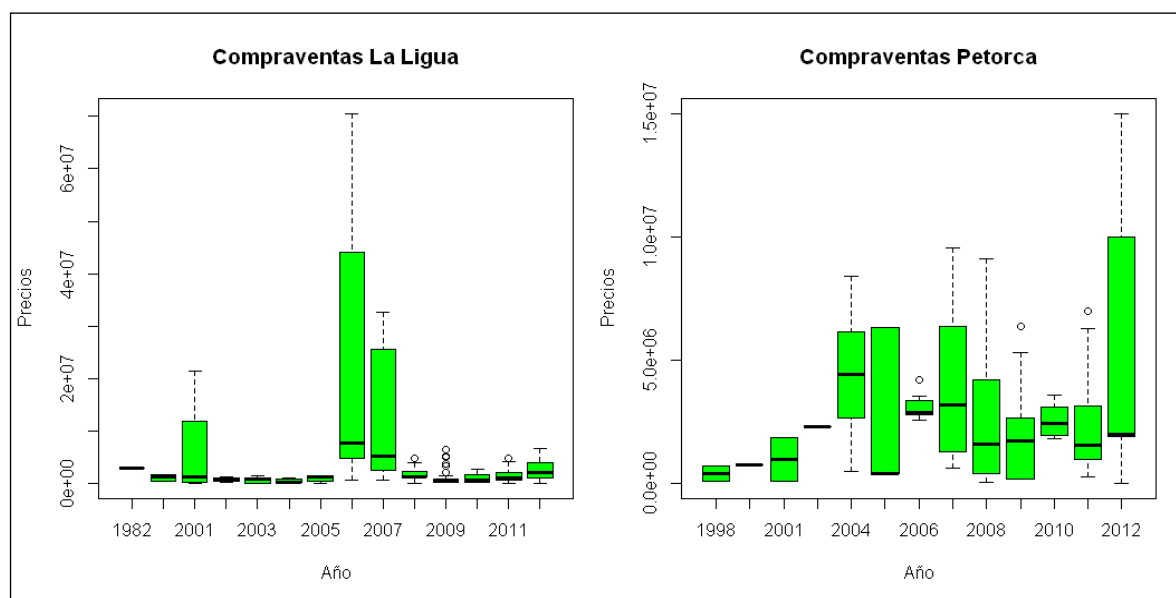


Figura 9. Diagramas “box plot” para compraventas en ambos acuíferos.

Los Cuadro 5 y Cuadro 6¹³ muestran la variabilidad entre los valores de media y mediana para el conjunto de datos anuales. Además, la desviación estándar (Sx) denota la variabilidad de precios obtenidos para cada año, sumado a la diferencia de precios entre los valores mínimos y máximos dentro de un mismo año, con esto, se confirma la hipótesis de la heterogeneidad de ellos dentro del Mercado del Agua.

Cuadro 5. Precios anuales de compraventa en el acuífero de La Liga.

Compraventa Acuífero La Liga						
Año	n	Media Precios (\$)	Mediana Precios (\$)	Desviación Estándar (\$)	Mínimo (\$)	Máximo (\$)
1982	2	2.895.701	2.895.701	0	2.895.701	2.895.701
2000	5	1.108.025	1.346.174	587.830	441.894	1.667.581
2001	4	5.986.349	1.248.869	10.302.611	68.414	21.379.242
2002	4	747.501	735.083	398.436	313.249	1.206.589
2003	7	1.069.408	775.664	1.270.623	80.049	3.878.321
2004	10	433.693	236.560	370.977	21.922	1.083.467
2005	16	979.914	1.179.150	562.441	3.893	1.550.000
2006	26	19.833.295	7.735.434	20.868.448	572.646	70.531.350
2007	16	11.964.723	5.105.126	11.559.013	617.432	32.736.794
2008	59	1.670.922	1.228.168	1.002.854	68.287	4.862.025
2009	34	1.196.905	332.238	1.681.923	207.779	6.366.938
2010	24	970.796	718.239	848.133	110.250	2.756.250
2011	43	1.580.917	1.131.466	1.326.582	9.283	4.725.000

¹³ Sólo se muestran en este apartado compraventas del Acuífero La Liga y Petorca. Adjudicaciones y Aportes de ambos acuíferos se presentan en el Apéndice V.

2012	45	2.363.021	2.000.000	1.748.258	68.493	6.666.667
------	----	-----------	-----------	-----------	--------	-----------

Cuadro 6. Precios anuales de compraventa en el acuífero de Petorca.

Compraventa Acuífero Petorca						
Año	n	Media Precios	Mediana Precios	Sx	Mínimo	Máximo
1998	2	392.230	392.230	445.320	77.341	707.118
1999	1	754.260	754.260	-	754.260	754.260
2001	2	977.956	977.956	1.231.864	106.896	1.849.016
2003	1	2.326.992	2.326.992	-	2.326.992	2.326.992
2004	8	4.421.835	4.432.366	2.679.725	505.074	8.416.219
2005	5	2.779.806	422.130	3.242.676	390.865	6.331.952
2006	17	3.082.346	2.900.640	431.541	2.593.733	4.221.090
2007	8	3.988.380	3.190.704	3.177.000	638.141	9.572.112
2008	22	2.317.539	1.580.158	2.263.653	65.116	9.116.586
2009	49	1.626.882	1.736.438	1.440.303	208.373	6.366.938
2010	9	2.568.305	2.425.500	644.471	1.812.825	3.583.125
2011	33	2.246.324	1.575.000	1.687.656	262.500	7.000.000
2012	73	4.274.504	2.000.000	3.948.145	10.000	14.998.098

En relación a los precios obtenidos del reciente análisis, se puede establecer que al año 2012 el precio de 1 L s^{-1} de agua tenía un valor promedio de \$2.363.021 en el acuífero de La Ligua, mientras que este mismo valor para el acuífero de Petorca ascendía a los \$4.274.504.

El Cuadro 7 muestra la media de precios para cada tipo de transacción en los diferentes acuíferos independiente del año, con las respectivas desviaciones estándar. Se aprecia que el precio de transacción más alto corresponde al acuífero de La Ligua, a través de las compraventas, seguido por los Aportes en el acuífero de Petorca. Por otro lado, las transacciones con menor cantidad de dinero involucrado, corresponde a las adjudicaciones en el acuífero de Petorca, coincide también, con la menor cantidad de transacciones de este tipo en el acuífero.

Cuadro 7. Precios medios anuales por tipo de transacción.

Acuífero	Tipo transacción	Media Precios (\$)	Desviación estándar (\$)
La Ligua	Adjudicación	2.738.156	5.086.671
La Ligua	Aporte	2.577.052	2.764.519
La Ligua	Compra-venta	3.742.850	5.555.608
Petorca	Adjudicación	676.748	678.327
Petorca	Aporte	3.410.484	1.044.797
Petorca	Compra-venta	2.442.874	1.169.172

Con el fin de conocer la existencia de variabilidad temporal de los precios, se realizó un análisis descriptivo de los precios a través de un análisis de regresiones lineales. Se optó por este tipo de análisis, principalmente por la gran variabilidad de precios dentro de un mismo año, además de la irregularidad en la cantidad de datos en los diferentes años, variando de años en que se cuenta con aproximadamente 70 transacciones y otros que poseen sólo una.

Se realizó un test de normalidad (test de Shapiro-Wilk) para conocer el tipo de distribución que tiene el precio en función del tiempo. Se obtuvo que los datos para todos los tipos de transacción y de ambos acuíferos, no presentan una distribución normal y por lo tanto la forma de tratarlos es a través de un test no paramétrico, sin embargo, la utilización de éste tipo de test no es apropiado para el conjunto de datos a analizar. Finalmente se optó por el análisis de regresiones lineales, siguiendo el principio de simplicidad (o parsimonia), el cual establece que en igualdad de condiciones, la explicación más sencilla suele ser la correcta, de varias explicaciones posibles a un fenómeno o problema dado, la opción más sencilla es la que con toda probabilidad sería la más correcta¹⁴.

Los resultados de las regresiones lineales realizadas se aprecian en la Figura 10 y sus resultados en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Resultados estadísticos asociados a la regresión lineal de precios.

Acuífero	Tipo Transacción	m (\$)	R²	p-valor
La Ligua	Adjudicación	657.708	0,178	0,346
La Ligua	Aporte	138.333	0,084	0,579
La Ligua	Compraventa	29.653	0,002	0,893
Petorca	Adjudicación	15.484	0,005	0,929
Petorca	Aporte	125.091	0,255	0,247
Petorca	Compraventa	175.723	0,367	0,028 *

Sólo los precios de las compraventas en el acuífero Petorca son estadísticamente significativos, es decir, ambas variables tienen una relación lineal, ya que p-valor es menor a 0,05 con 95% de nivel de confianza, por otro lado el valor de R² es el más cercano a 1 en comparación con los demás resultados, por lo tanto, es la recta que mejor describe la relación de los años con sus respectivos precios. Evaluando la pendiente de esta recta de regresión, es posible indicar que las compraventas en Petorca tienen un comportamiento creciente, es decir, que los precios tienden a aumentar en el tiempo y a una tasa de \$175.723 el L s⁻¹ de agua por año.

¹⁴ Bown, H. 2013, ago. Análisis Estadísticos para Precios de Transacciones en los Acuíferos del Río Ligua y Petorca. [Entrevista personal]. Departamento Gestión Forestal y su Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

En relación al resto de Tipos de transacciones, se puede establecer que no son estadísticamente significativas, ya que el p-valor es mayor a 0,05 con 95% de nivel de confianza, es decir que no existe relación lineal entre las variables año y precio de transacción, este tipo de resultado puede atribuirse a la gran dispersión de precios en el tiempo o que la serie de datos contenga pocos valores de precios para el análisis.

Pese a que las compraventas, aportes y adjudicaciones del acuífero La Ligua y los aportes y adjudicaciones del acuífero de Petorca no arrojan resultados significativos, en todos los casos la pendiente es positiva y diferente de cero, por lo tanto, se puede establecer que los precios tienden a aumentar con los años, pero sin que se pueda establecer la tasa de crecimiento anual¹⁵.

¹⁵ Sin bien los datos de precios anuales de transacción no son normales, la aplicación de una regresión lineal para el análisis no es recomendable, sin embargo, se realizó el mismo análisis pero con el logaritmo de los precios en relación a los años. En este caso los datos sí obtienen una distribución normal y por lo tanto se realizó el análisis de regresión lineal para los nuevos datos. Con esto se obtuvo los mismos resultados que el análisis de los precios sin la aplicación de logaritmo, es decir, significancia estadística para compraventas en Petorca y no así para el resto de las transacciones.

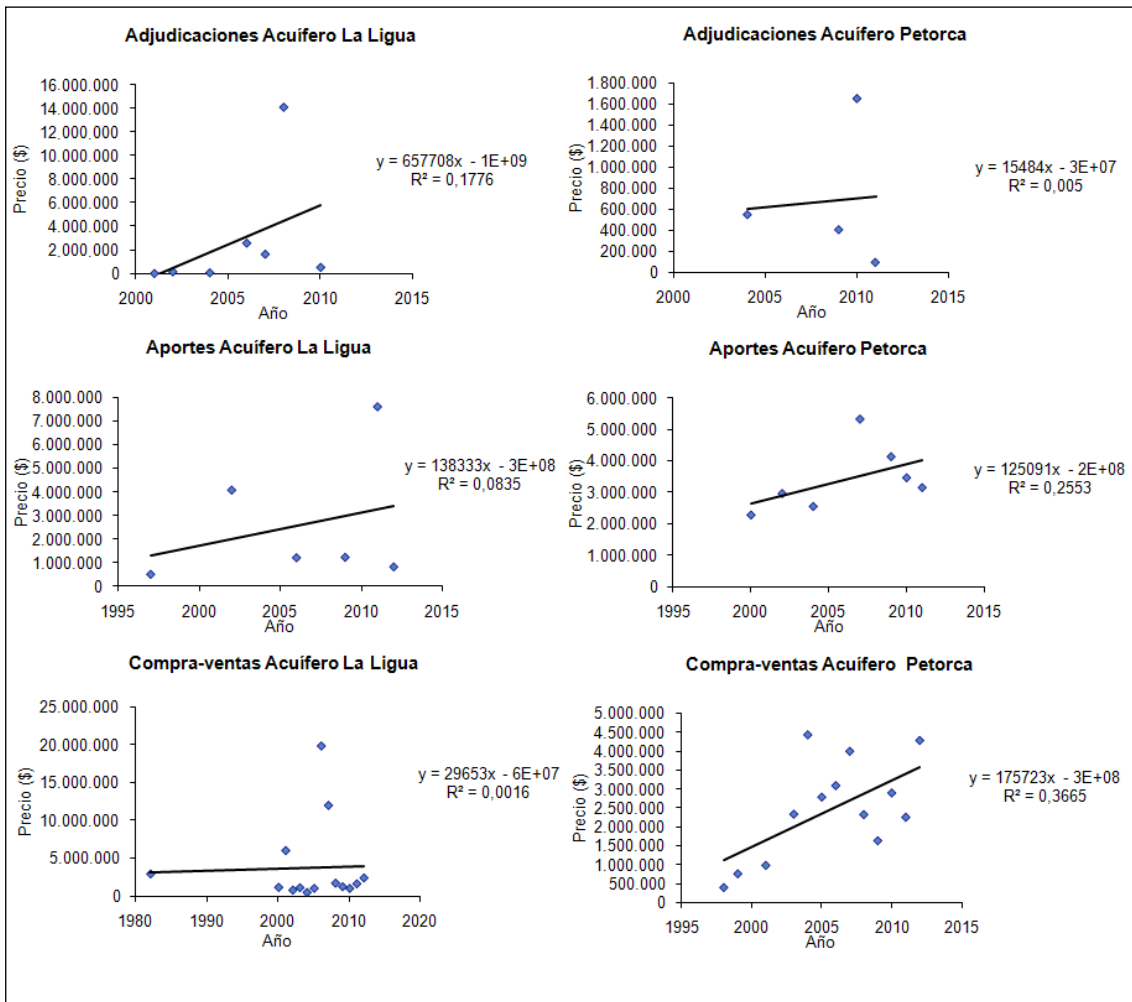


Figura 10. Regresiones lineales de precios para las diferentes transacciones.

A continuación se muestran los precios medios anuales de cada tipo de transacción y en cada uno de los acuíferos (Figura 11, Figura 12 y Figura 13).

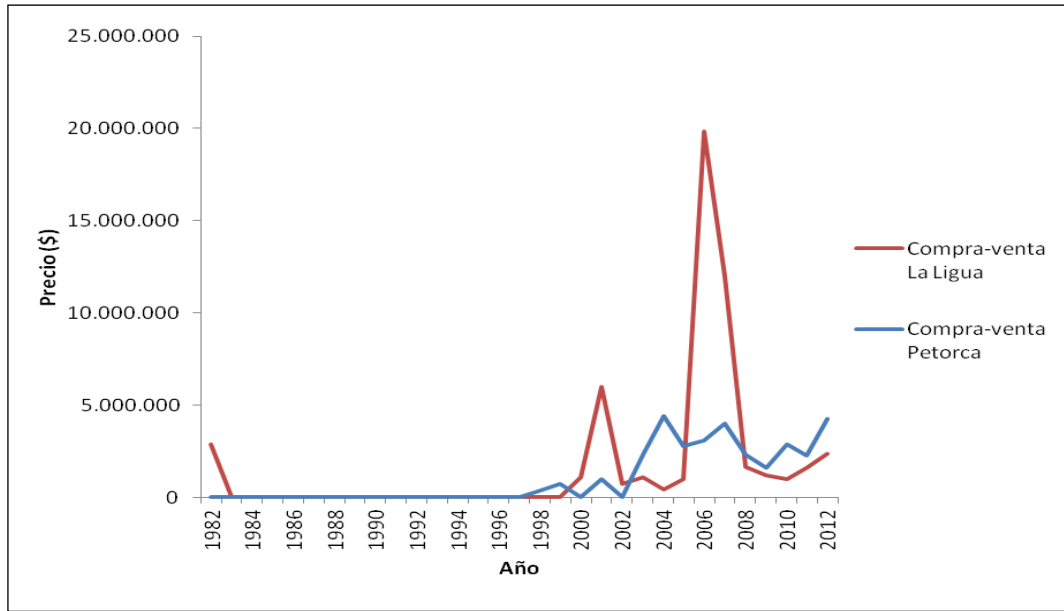


Figura 11. Medias anuales para Compraventas en el acuífero de La Ligua y Petorca.

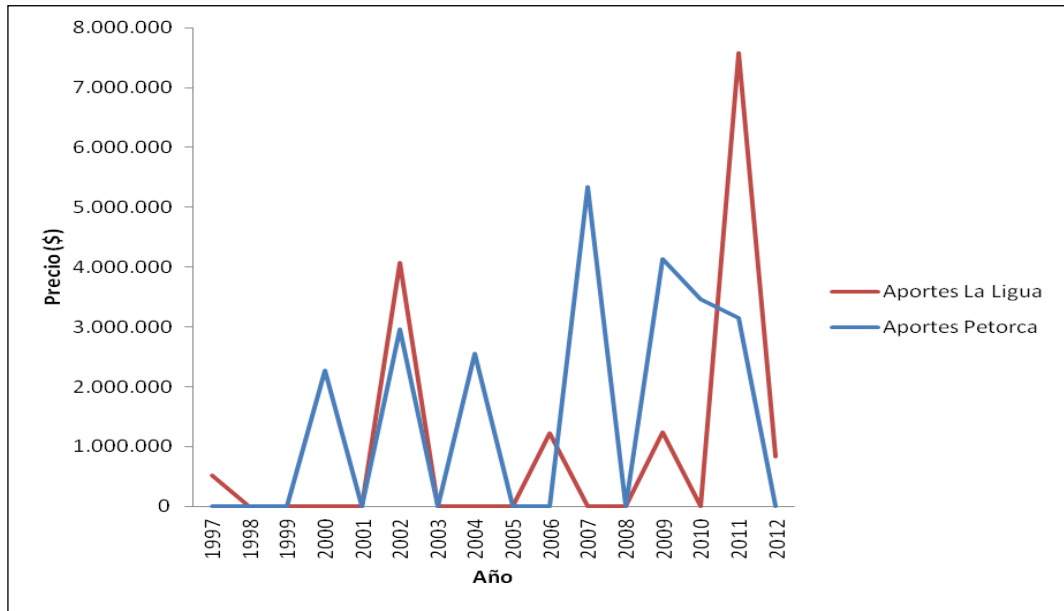


Figura 12. Medias anuales para Aportes en el acuífero de La Ligua y Petorca.

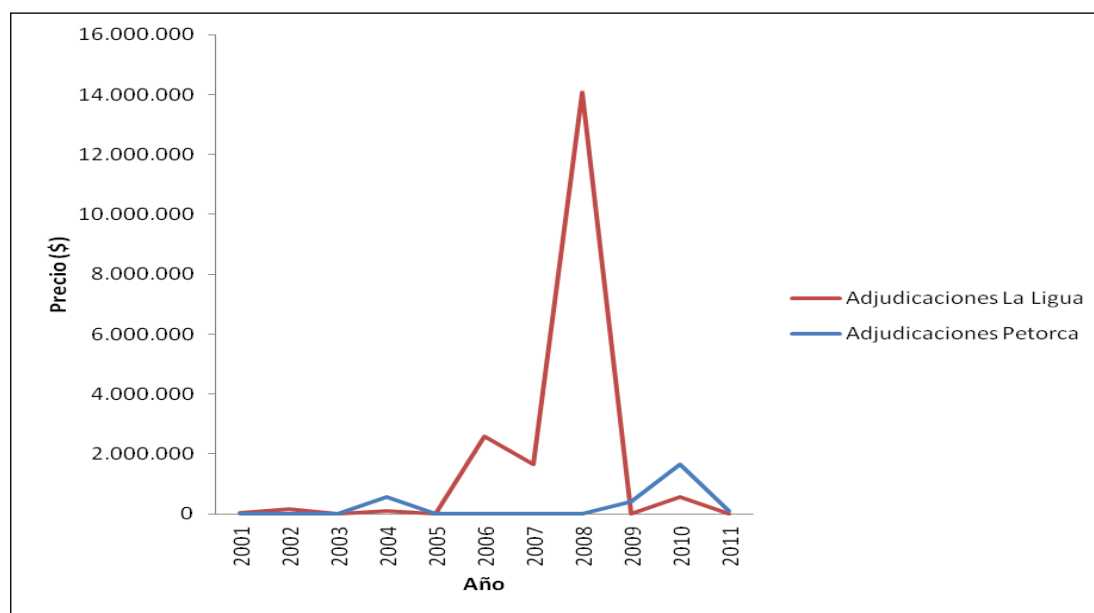


Figura 13. Medias anuales para Adjudicaciones en el acuífero de La Ligua y Petorca.

En la Figura 11 se puede apreciar que la compraventa más antigua, se registró en el acuífero de La Ligua en el año 1982. Luego de esta transacción, no existe registro de otra compraventa hasta el año 2000. La inexistencia de compraventas vigentes en la cuenca por 18 años aproximadamente, no implica que no se desarrollaron contratos de compraventa u otro tipo de transacción, sólo demuestra que no existen transacciones vigentes que se hayan realizado entre estos años (1982-2000). Para el acuífero de Petorca, la primera compraventa fue registrada en el año 1998, luego el año 2000 y 2002 no existen compraventas vigentes. El comportamiento general de ambas curvas es a aumentar el precio con el paso del tiempo, pero es notorio que el precio obtenido por un litro por segundo de agua subterránea en el acuífero de La Ligua alcanza “peaks” de valores más elevados que el acuífero de Petorca, sobre todo el “peak” que alcanza en el año 2006, en cambio el acuífero de Petorca tiene un comportamiento más estable en el tiempo.

En la cuenca del río La Ligua y Petorca, desde principios de la década de los 90, nuevos agricultores adquirieron tierras, principalmente en laderas de cerros, para la producción de frutales (paltos y cítricos principalmente)¹⁶. Es por esto, que en este período hubo un aumento en las excavaciones de pozos, debido a la demanda por el agua destinada al riego de las plantaciones y debido también a que las aguas superficiales ya habían sido asignadas en su totalidad (Budds, 2012). En este periodo, el mecanismo de obtención de DAA no fue el Mercado, ya que se incrementó el número de solicitudes por nuevo Derechos en la DGA, razón que explica la inexistencia de transacciones en este periodo (Budds, 2012)

Hacia el año 1996, la misma institución realizó un estudio de disponibilidad de agua subterránea, ya que la cantidad de solicitudes se había incrementado, dejando las nuevas

¹⁶ Ver Anexo II.

solicitudes en lista de espera hasta confirmar el estado del acuífero. A pesar de esta situación, aún era posible regularizar los DAA históricos, y por lo tanto, la regularización se transformó en el principal mecanismo de adquisición de Derechos, pero este proceso significaba un gran tiempo de espera, ya que se necesitaba analizar la veracidad de las pruebas que validaba el uso histórico del agua. En esta situación el Mercado del Agua se transforma en la principal forma de obtención de DAA, pero esto no se refleja en los registros obtenidos del CBR. Según Budds (2012), esto se debió a que los usuarios no querían vender sus DAA subterráneos (principalmente por la especulación en torno al precio del recurso), además existían muchos de ellos que no estaban legalizados, y por lo tanto no podían ser vendidos. Por otro lado, en aquellas ocasiones en donde los DAA eran puestos en venta, el precio de transacción era demasiado alto. Por todo esto, los agricultores optaban por regularizarlos, esperar que la DGA distribuyera nuevos Derechos o utilizar pozos sin Derechos debidamente constituidos en vez de recurrir a la compra de ellos (Budds, 2012).

Así también lo confirma un estudio realizado por CNR (2011), que indica que a partir de la década del 90, se produjo un aumento en la construcción de captaciones de aguas subterráneas en ambas cuencas, crecimiento que estuvo ligado al aumento de áreas agrícolas en toda la zona. Para estas nuevas captaciones se solicitaban nuevos DAA a la DGA, los cuales eran otorgados sin mayor inconveniente. Esto ocurrió hasta que los acuíferos fueron considerados como áreas de restricción para nuevos Derechos el año 1997 en el acuífero de Petorca y hasta 2004 en La Ligua.

La provincia de Petorca atraviesa por un largo período de escasez (DGA, 2012b), la cual se asocia a fenómenos naturales y antrópicos. En relación a los primeros, se identifica a la sequía como el principal factor en relación al agotamiento de las fuentes superficiales de agua. Desde el año 2009 aproximadamente, no existe escurrimiento superficial en la parte media y baja de la cuenca y en los últimos 20 años las precipitaciones han experimentado una disminución constate, además de la ocurrencia de ciclos de sequías más extensos que años anteriores. Como fenómenos antrópicos causantes de la escasez hídrica se identifica el acaparamiento de agua por parte de los grandes agricultores, el exceso de DAA otorgados por parte de la DGA y el aumento explosivo de las áreas agrícolas en la zona (DGA, 2012b y CNR, 2011).). Esto último genera una mayor demanda de agua que debe ser suplida por la misma cantidad de agua que el sistema provee (incluso menos debido a la sequía).

Una forma de explicar de manera temporal el efecto de la escasez sobre el precio del agua subterránea en las cuencas es a través de la declaración de zonas de escasez hídrica por parte del Ministerio de Obras Públicas¹⁷. Ambas cuencas han sido declaradas en siete

¹⁷ Esta declaración se ejecuta en épocas de extraordinaria sequía por períodos máximos de seis meses no prorrogables, además la DGA puede redistribuir las aguas con el fin de reducir los daños producidos por la sequía, permite extracciones (superficiales y subterráneas) desde cualquier punto sin necesidad de tener derechos constituidos y sin considerar el caudal ecológico mínimo (Prieto, 2011).

oportunidades¹⁸ como zonas de escasez desde el año 1997, coincidiendo con el año en que el acuífero de Petorca fue declarado como área de restricción. Posterior a esto, ambas cuencas fueron declaradas el año 2008, dos veces el 2011 y 2012 y una vez el año 2013. Para estos años en específico (2008, 2011, 2012 y 2013) no se aprecia un aumento de precios considerable en el acuífero de La Ligua (Ver Figura 11), pero a través del análisis de regresiones anterior se puede afirmar que los precios sí tienden a aumentar en el tiempo, debido a esto, se puede señalar que el alza de precios se relacionaría con la escasez del recurso, la cual está corroborada por el aumento de declaraciones de zona de escasez hídrica en ambas cuencas. En el acuífero de Petorca los años 2007 y 2012 se generan los “peaks” más altos de precios, coincidiendo que el año 2012 se declaran dos decretos de zonas de escasez, además a comienzos del año 2008 se declara un nuevo decreto debido a la extraordinaria sequía que afecta la zona, justificando también para esta cuenca un alza en los precios debido a la escasez del recurso. Algo similar señala Donoso (1995) citado por Hadjigeorgalis y Riquelme (2002), en cuanto a que una creciente escasez debiera generar un incremento en el valor real de los DAA en el tiempo.

3.3 Variabilidad espacial de precios en cada una de las cuencas del río La Ligua y Petorca

Para realizar el análisis espacial, se utilizaron sólo las transacciones de compraventa ya que con la cantidad de adjudicaciones y aportes registradas para las cuencas, no es posible apreciar su distribución en el espacio. Para el caso de las compraventas en el acuífero de La Ligua, de un total de 329 datos, en 95 de ellos no fue posible obtener sus coordenadas geográficas, quedando 234 transacciones para el análisis espacial de esta cuenca. En el caso del acuífero de Petorca, con 246 datos totales, 69 de ellos no poseían información sobre las coordenadas geográficas del punto de extracción, resultando sólo 177 transacciones válidas para el análisis espacial. La Figura 14 muestra la distribución de datos con y sin coordenadas geográficas de las compraventas en cada uno de los acuíferos.

¹⁸ Decreto MOP N° 245 del 5 de mayo 1997; Decreto MOP N° 125 del 12 de Marzo 2008; Decreto MOP N° 223 del 29 de Julio 2011; Decreto MOP N° 416 del 30 de Diciembre 2011; Decreto MOP N° 225 del 9 de Agosto 2012; Decreto MOP N° 362 del 13 de Diciembre 2012; Decreto MOP N° 289 del 11 de Octubre 2013.

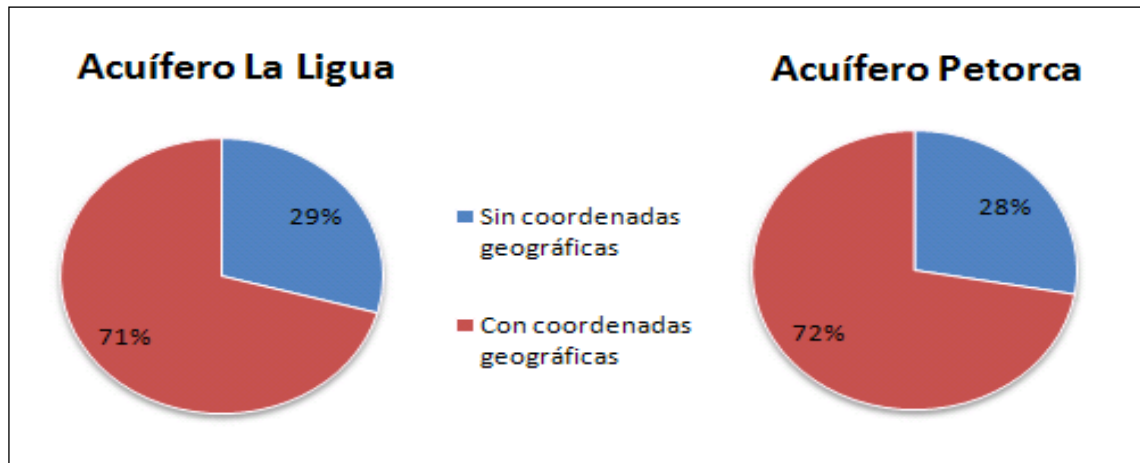


Figura 14. Compraventas con presencia y ausencia de coordenadas geográficas.

El CA establece en el artículo 119, 140 y 149¹⁹, que las inscripciones originarias, solicitudes de Derechos y el acto administrativo de constitución deben individualizar el o los puntos donde se captará el agua, ubicación de su dispositivo y el modo en que se extraerá el recurso. Si bien el CA no establece la forma en que deben establecerse los puntos de captación, es el Reglamento sobre normas de exploración y explotación de aguas subterráneas, en el artículo 19, el cual establece que los puntos de captación se deben indicar mediante coordenadas expresadas en el sistema UTM, utilizando el Datum WGS84²⁰.

A continuación, con los datos válidos para este análisis, se utilizó la herramienta Índice de Moran para las compraventas de cada uno de los acuíferos. Para los precios en el acuífero de La Ligua se obtuvo un Índice de Moran positivo (0,279) esto implica que los valores tienden a agruparse, los precios altos se agrupan cerca de otros precios altos y precios bajos se agrupan cerca de otros precios bajos. El p-valor obtenido es estadísticamente significativo (menor a 0,05 con un 95% de nivel de confianza), esto se traduce en el rechazo de la hipótesis nula, que suponía un resultado aleatorio de la distribución espacial de los precios. La puntuación z arroja resultados positivos, por lo tanto la distribución espacial de los valores altos y los valores bajos está más agrupada espacialmente de lo que se esperaría si los procesos espaciales fueran aleatorios. Los valores mencionados y el resultado del Índice de Moran se aprecia en la Figura 15.

¹⁹ Decreto con Fuerza de Ley N° 1122. Código de Aguas. Santiago: Ministerio de Justicia, 1981. 70p. [Publicada en Diario Oficial el: 29 de octubre de 1981].

²⁰ Decreto Supremo N° 203. Reglamento sobre normas de exploración y explotación de aguas subterráneas. Santiago: Ministerio de Obras Públicas, 2013. 18p. [Publicada en Diario Oficial el: 07 de marzo de 2014].

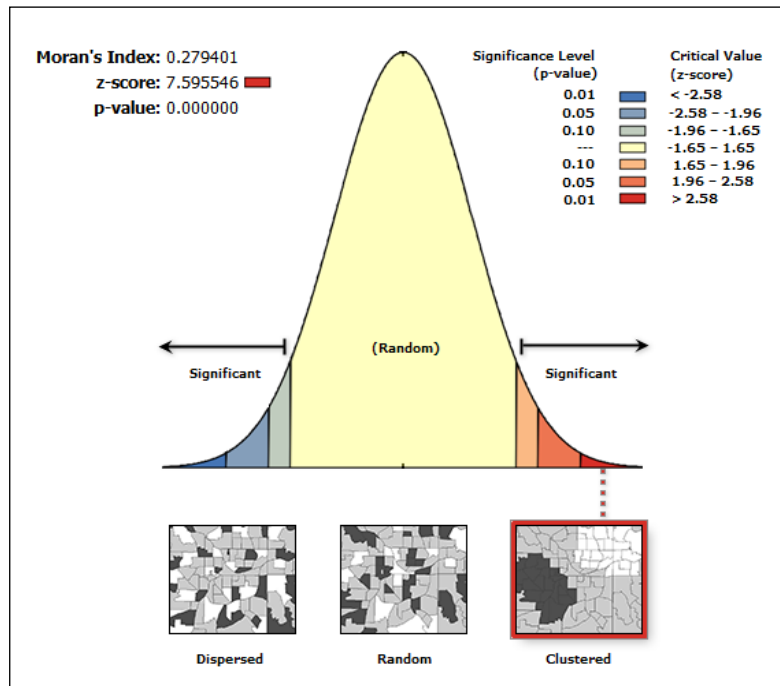


Figura 15. Índice de Moran para precios de compraventa en acuífero La Ligua.

Como los precios en el acuífero de La Ligua sí forman agrupaciones en relación a su ubicación en el espacio, se realizó un análisis de “Cluster”, para conocer la distribución de los precios dentro de la cuenca. Esta herramienta estadística identifica los valores de precios bajos y altos llamados puntos fríos o puntos calientes respectivamente, a través de las puntuaciones z y p valor. Una puntuación z alta y un valor p pequeño para una entidad indican un “cluster” espacial de valores altos, representados en color rojo. Una puntuación z negativa y un valor p pequeño indican un “cluster” espacial de valores bajos, representados en color azul. Mientras más alta (o más baja) sea la puntuación z, más intenso será el “cluster”.

La Figura 16 muestra el resultado obtenido a partir del análisis de puntos calientes. Inicialmente se aprecia que la mayoría de los pozos se ubican cercano al cauce del río La Ligua y en parte de sus principales afluentes. Los pozos de color rojo representan los precios más altos en relación al conjunto de datos y éstos se encuentran ubicados en el centro del valle. Los precios más bajos se encuentran ubicados en la parte baja de la cuenca, representados por un color azul claro.

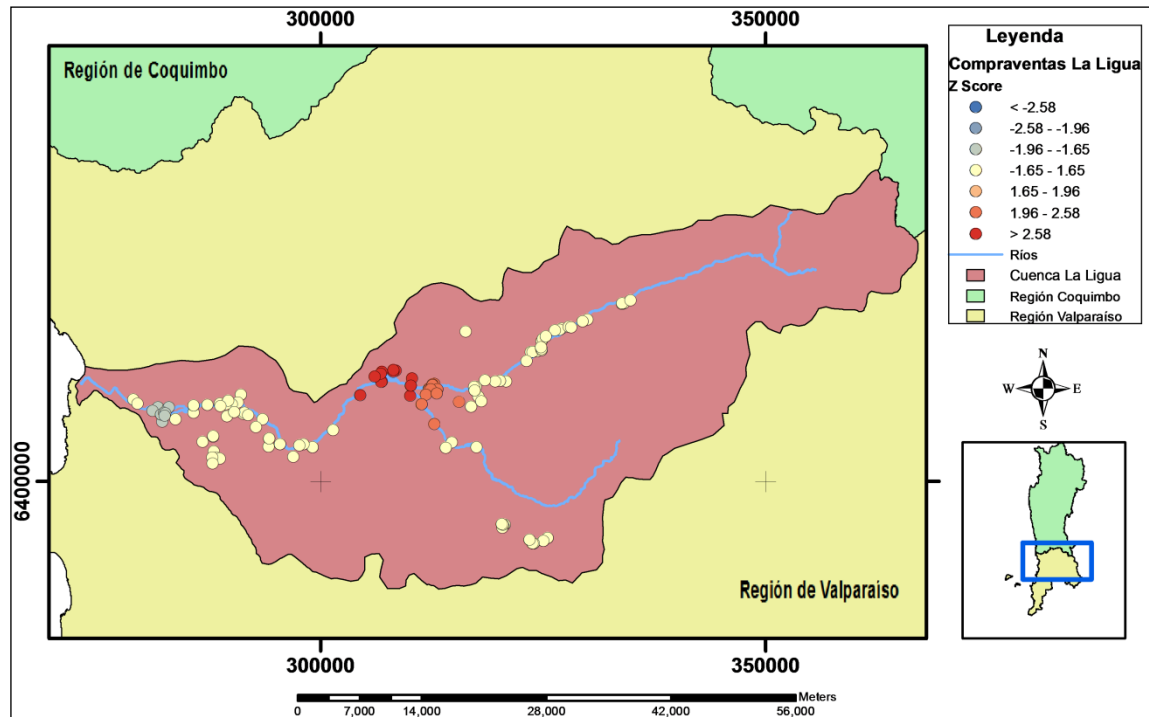


Figura 16. Distribución espacial de precios, acuífero La Ligua.

En relación a los resultados obtenidos sobre la distribución espacial de precios en el acuífero de La Ligua, se esperaría que los precios fuesen más altos en la parte baja de la cuenca, ya que, según Budds (2012) en la parte baja del valle se teme que el flujo de la corriente se vea reducido y que los niveles freáticos bajen como resultado del uso de aguas subterráneas en la parte alta del valle para regar las nuevas plantaciones existentes, aumentando la presión sobre el recurso. En forma opuesta ocurre en la cuenca de La Ligua, donde los precios más bajos se encuentran justamente en la parte baja de la cuenca, lo que quizás se podría asociar a un mayor riesgo de que el DAA adquirido en la parte baja no tenga el respaldo de agua en el acuífero. Por otro lado, el precio del agua en la parte alta de la cuenca debiesen ser más altos en comparación con la parte baja de la cuenca ya que la presencia y comportamiento del agua es menos variable, reduciendo el riesgo de que un derecho no tenga el respaldo físico de agua en el acuífero, a diferencia de lo que ocurriría en la parte baja de la cuenca, donde se generaría una mayor incertidumbre en relación a su comportamiento.

En la parte alta de ambas cuencas aún existe agua superficial y la población no sólo depende del agua subterránea, contrario a lo que ocurre en el resto de la cuenca. Esto explicaría que el agua subterránea en la parte alta puede adquirir valores relativos más bajos, ya que su demanda puede ser suplida en parte por el agua superficial. En la parte baja de la cuenca, la disponibilidad de agua queda reducida solamente al agua subterránea, esta incertidumbre tiene un costo en el Mercado, este DAA, que sería variable en el tiempo, no será valorado en el Mercado en relación a los DAA de la parte alta de la cuenca (DGA, 2012b).

“Por otro lado, en la parte media de la cuenca se concentran la mayor cantidad de explotaciones de agua (para minería y agricultura) y en esta zona aún hay presencia de agua si se profundizan los pozos, esto implica mayor competencia por el recurso, lo que aumentaría los precios. Hacia la parte alta de la cuenca, el paisaje presenta un encajonamiento, por lo tanto, existen menor cantidad de predios agrícolas y menor competencia por los DAA. En la parte baja de la cuenca no hay agua disponible, pero es ahí donde se pedían los DAA para luego ser trasladados a otros puntos, esto se podía realizar debido a que el acuífero se consideraba una misma fuente en toda su extensión, el precio de los Derechos comprados con estos fines, tendrían precios más bajos ya que existe el riesgo que la DGA no autorice el cambio de punto de captación”²¹. Este tipo de prácticas podía ocurrir hasta Marzo del año 2014, ya que nuevos estudios realizados por DGA, delimitan ambos acuíferos, conformando 12 nuevos sectores acuíferos, estos se dividen en 5 sectores en el acuífero de Petorca y 7 en el acuífero de La Ligua, con esta nueva sectorización el cambio de punto de captación no se realizaría a toda la cuenca como anteriormente ocurría, sino que queda limitada por los nuevos sectores hidrogeológicos (DGA, 2014). Esta práctica tiene sustento legal en el Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas que indica en su artículo 42 que la DGA podrá autorizar el cambio de punto de captación de aguas subterráneas en un mismo sector hidrogeológico de aprovechamiento común siempre que la solicitud sea legalmente procedente²².

Para el acuífero de Petorca se aplicó también el Índice de Moran el cual arrojó valores negativos, es decir que precios con valores altos se encuentran cerca de precios con valores bajos o viceversa. En este caso el p valor es estadísticamente significativo (menor a 0,05 con un 95% de nivel de confianza) al igual que con los precios del acuífero de La Ligua, pero en este acuífero la puntuación z es negativa. Esto se traduce en que se rechaza la hipótesis nula, la distribución espacial de los valores altos y los valores bajos, está más dispersa espacialmente de lo que se esperaría si los procesos espaciales fueran aleatorios. Por lo tanto, los precios de compraventa en el acuífero de Petorca no tienden a formar “cluster” y tienen un comportamiento disperso en el espacio (ver Figura 17).

²¹ Ureta, N. 2014, Ene. Mercado del Agua en los acuíferos del río La Ligua y Petorca. [Entrevista personal]. Santiago, Dirección General de Aguas.

²² Decreto Supremo N° 203. Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas. Santiago: Ministerio de Obras Públicas, 2013. 18p. [Publicada en Diario Oficial el: 07 Marzo 2014].

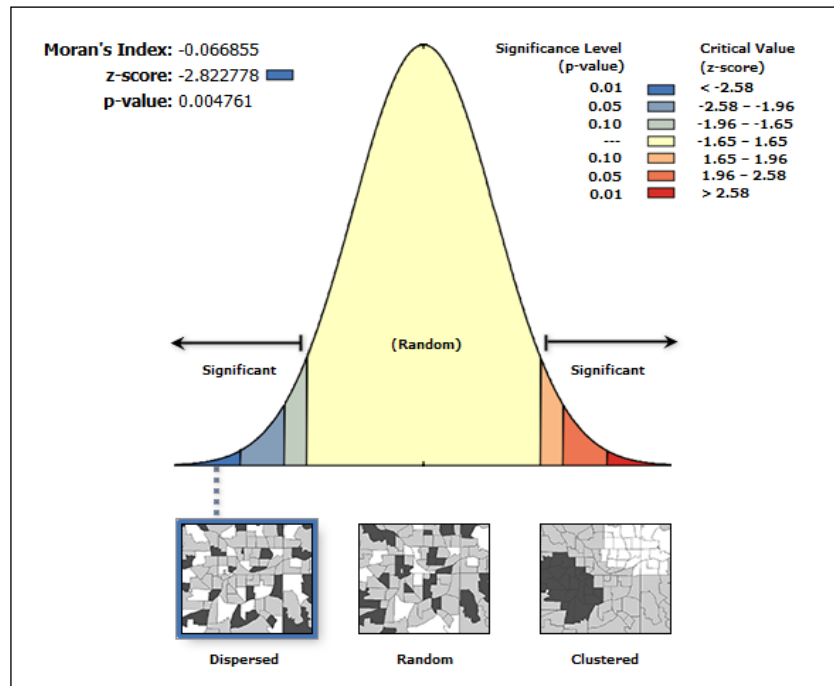


Figura 17. Índice de Moran para precios de compraventa en acuífero Petorca.

El análisis de puntos calientes en el acuífero de Petorca confirma la inexistencia de “cluster” de precios altos o bajos dentro del valle, por lo tanto no existen patrones de distribución espacial en la cuenca que permitan inferir en que ubicación las extracciones toman valores de precios altos o bajos (Figura 18).

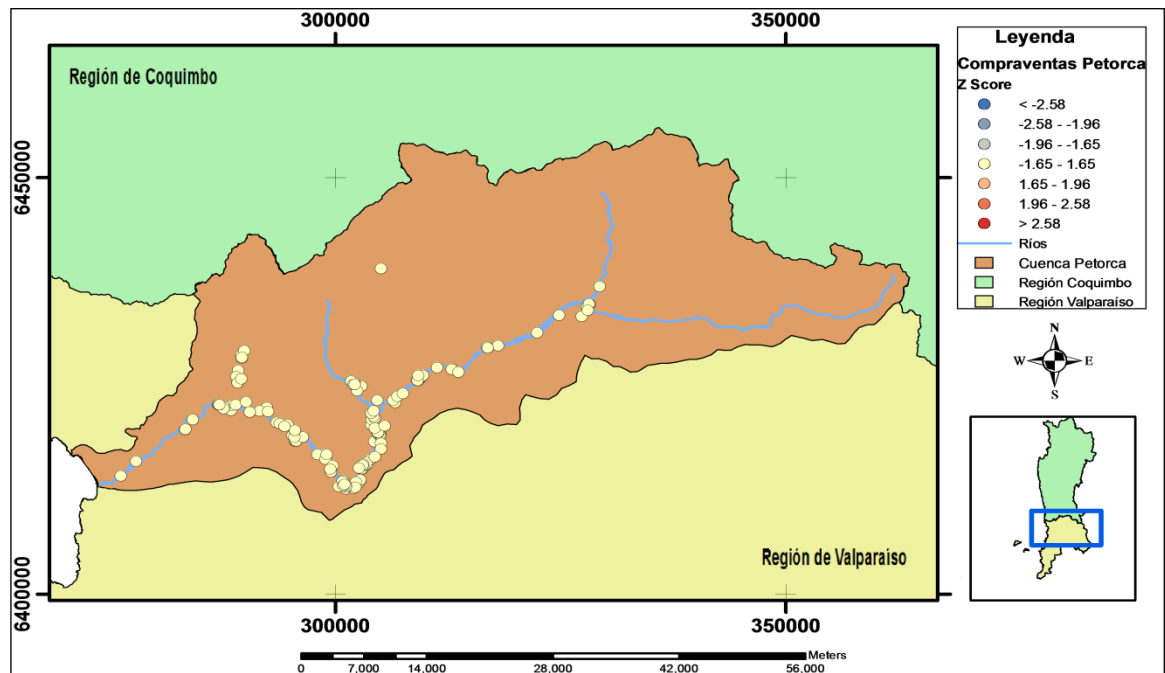


Figura 18. Distribución espacial de precios, acuífero Petorca.

Castro y Espinoza (2008) establecen que la mayoría de las plantaciones de paltos en la cuenca de Petorca, se encuentran en la parte media de la cuenca, zona en la cual existe el mayor déficit hídrico en relación a la distribución de las precipitaciones en el cuenca. Por otro lado se establece que sólo existe disponibilidad del recurso en la parte baja de la cuenca, contrario a lo que sucede en la cuenca del río La Ligua, con esto se espera que el comportamiento de los precios de los DAA sean más altos en la parte media de la cuenca ya que existe mayor competencia por el recurso que en la parte baja de la cuenca, en donde la competencia es menor y aún existe disponibilidad. Ambas opciones no se ven reflejadas en los resultados obtenidos ya que el análisis espacial no indica patrones de distribución.

4. CONCLUSIONES

El estudio del Mercado del Agua en Chile resulta un análisis complejo, principalmente por la información incompleta y formatos variables que presentan los títulos de dominio en los respectivos CBR. Si bien el CA y el reglamento del Catastro Público de Aguas establecen las características básicas que individualizan los títulos de dominio, tales como: nombre del titular; ubicación del acuífero del cual se extrae el recurso; caudal expresado en volumen por unidad de tiempo, ubicación precisa del punto de captación de las aguas, entre otros, obliga a los titulares de los respectivos Derechos a perfeccionarlos, recayendo la responsabilidad de la información presente en los títulos de dominio en cada usuario de agua.

La principal limitación derivada de la falta de información en los títulos de dominio, corresponde a la falta de precisión en relación al caudal total otorgado en DAA subterránea de ambos acuíferos, en cuanto sus inscripciones no especifican el caudal transado o estos son descritos a través de acciones o porcentajes, sin establecer las respectivas equivalencias. Esto es un aspecto crítico para el funcionamiento del Mercado de Agua o para la aplicación de diferentes planes de gestión que se desee hacer en los acuíferos.

A través del análisis temporal se pudo establecer que la cantidad de transacciones aumenta en el tiempo y lo hacen desde el momento en que ambas cuencas fueron declaradas zonas de restricción para nuevos DAA. Los precios medios anuales de las transacciones de Derechos también tienden a aumentar en el tiempo, siendo las compraventas del acuífero de Petorca las únicas en el que se puede establecer su tasa de crecimiento anual. En ambos casos se concluye que el principal factor que motiva el aumento en la cantidad y precio de cada transacción en ambos acuíferos, tendría relación con la escasez del recurso, en este caso asociada a una escasez legal con la declaración de restricción para nuevos DAA y con el crecimiento de la demanda, principalmente agrícola.

Los precios promedios de transacción obtenidos al año 2012, representan el estado actual del funcionamiento del Mercado del Agua en estas cuencas, el análisis de la variación temporal de los precios refleja irregularidad en el comportamiento de éste, no siendo posible establecer pronósticos sobre el comportamiento futuro del precio del agua, ya que ambas cuencas han demostrado ser dinámicas en el tiempo. Cambios en relación a la forma de gestionar el recurso, cambios en el CA vigente y las diferentes propuestas por parte de la administración son factores determinantes en el desarrollo de ambos acuíferos.

El análisis espacial arroja como resultado la presencia de patrones de distribución de precios de los DAA en el acuífero de La Ligua, con valores más altos en la parte media de la cuenca y precios más bajos en la parte baja de la cuenca, este comportamiento estaría dado por dos factores: por un lado la concentración geográfica de las extracciones de agua

en la cuenca y por otro la disponibilidad de agua dentro de ella. En el acuífero de Petorca no se encontraron patrones de distribución espacial de los precios de los DAA, el precio de transacción presenta un comportamiento uniforme en toda la cuenca. La inclusión de cartografías con usos de suelo e información recolectada en terreno (usos del agua en los puntos de extracción, cambios de punto de captación, entre otros), podría arrojar resultados mayormente concluyentes.

El presente estudio demuestra como las diferentes medidas adoptadas por la institucionalidad relacionada al manejo y gestión de los recursos hídricos, afecta el comportamiento del Mercado, ya que es éste, el que luego de la declaración de zonas de restricción o prohibición, el que permite reasignar Derechos entre diferentes usuarios y usos. El Mercado del agua no presenta regulaciones estatales y su funcionamiento queda en manos de privados que transan sus Derechos sin considerar el bien común.

Varios autores plantean que la dispersión de precios dentro del Mercado del Agua es motivo de falta de información pública de precios y de transacciones con información asimétrica (Donoso, 2006; Hadjigeorgalis y Riquelme, 2002). Por otro lado, la dispersión de los precios se puede explicar en relación al uso que se le da al recurso, al transar un DAA no siempre es para utilizarlo en un mismo fin, puede ser agrícola, minero, o doméstico, y cada uno de ellos determinará el precio de la transacción, el que puede estar marcado por la necesidad o rentabilidad que se le da al recurso. Sin embargo, son múltiples los factores que pueden influir en el precio de un DAA y esto depende de las características de cada cuenca, de su historia, características climáticas o de su evolución en el tiempo.

5. BIBLIOGRAFÍA

Banco Mundial. 2011. Chile: Diagnóstico de la Gestión de los Recursos Hídricos. Chile: Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe. 92p.

Budds, J. 2012. La Demanda, Evaluación y Asignación del Agua en el Contexto de Escasez: un Análisis del Ciclo Hidrosocial del Valle del Río La Ligua, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (52):167-184.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 1995. Mercados de Derechos de Agua: Entorno Legal. [s.l.]: División de Recursos Naturales y Energía. 23p.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 1999. Debate sobre el Código de Aguas en Chile. Valparaíso, Chile: CEPAL. 26p.

CNR (Comisión Nacional de Riego), Chile. 1995. Estudio a Nivel Diagnóstico del Proyecto Aconcagua, V Región. Volumen I. Chile: CNR. 249p.

CNR (Comisión Nacional de Riego), Chile. 2011. Estudio Diagnóstico de los Recursos Subterráneos en el Sistema Hídrico Ligua y Petorca. Chile: CNR. 261p.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2004a. Diagnostico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivo de Calidad: Cuenca La Ligua. Santiago, Chile: DGA. 88p.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2004b. Diagnostico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivo de Calidad: Cuenca Petorca. Santiago, Chile: DGA. 142p.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2006. Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales de las Cuencas de los Ríos Petorca y La Ligua V° Región. Santiago, Chile: DGA. 60p.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2011. Guía para la Presentación de Solicitudes de Regularización de Derechos de Aprovechamiento de Aguas. Santiago, Chile: DGA. 2p.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2012a. Ministerio de Obras Públicas Decreta Zonas de Escasez Hídrica a las Comuna de La Ligua, Petorca y Cabildo. [En línea].

Santiago, Chile. Recuperado en: <http://www.dga.cl/noticias/Paginas/DetalledeNoticias.aspx?item=173>>. Consultado el: 14 de octubre de 2012.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2012b. Informe Final: Programa de Diagnóstico de Titulares de Derechos de Aprovechamiento de Aguas de los Acuíferos de Río La Ligua y Petorca. Santiago, Chile: DGA. 178p.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2013. Actualización Informe Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales de las Cuencas del Río Petorca y Río La Ligua, Región de Valparaíso. Santiago, Chile: DGA. 109p.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2014. Definición sobre los Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas Provisionales en las Áreas de Restricción La Ligua y Petorca, Región de Valparaíso. Santiago, Chile: DGA. 116p.

Donoso, G. 2006. Water Markets: Case Study of Chile`s 1981 Water Code. *Ciencia e Investigación Agraria*, 33(2): 157-171.

Donoso, G.; J. Cancino; O. Melo; C. Rodríguez y H. Contreras. 2010. Análisis del Mercado del Agua de Riego en Chile: Una Revisión Crítica a través de la Región de Valparaíso. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 142p.

Fernández, B.; G. Donoso; M. Luraschi; D. Orphanopoulos y C. Salazar. 1999. Estimación del Impacto Económico Asociado a Sequías Hidrológicas. Chile: Dirección General de Aguas y Pontificia Universidad Católica de Chile. 25p.

Field, B. 1995. Economía Ambiental: Una Introducción. Ed. M. Suárez; Trad. L. Cano. Colombia: McGraw-Hill Interamericana. 587p.

Fuster, R.; L. González; L. Morales; C. Cerda; J. Hernández y D. Sotomayor. 2009. Estudio Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Chile: Resumen Ejecutivo. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 43p.

Global Rates. 2013. Inflación Chile, Índice de Precios al Consumo. [En línea]. Ciudad de Los Países Bajos. Recuperado en: <http://es.global-rates.com/estadisticas-economicas/inflacion/indice-de-precios-al-consumo/ipc/chile.aspx>>. Consultado el: 31 de abril de 2014.

Hadjigeorgalis, E. y C. Riquelme. 2002. Análisis de los Precios de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas en el Río Cachapoal. *Ciencia e Investigación Agraria*. 29 (2): 91-100.

INE Valparaíso (Instituto Nacional de Estadísticas). 2011. Boletín Estadístico Provincial de Valparaíso. [En línea]. Recuperado en: <

<http://www.inevalparaiso.cl/archivos/files/pdf/provincial/BoletinProvincial2011.pdf>>. Consultado el: 14 de octubre de 2012.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2013. Índice de Precios al Consumidor (IPC), Base Anual 2013. Santiago, Chile: INE. 112p.

Lewin, P. 2003. Análisis de la Eficiencia del Mercado de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Chile. Santiago, Chile: [s.n.]. 21p.

METEOCHILE. 2013. Descripción Climatológica, Región de Valparaíso. [En línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <http://www.meteochile.cl/climas/climas_quinta_region.html>. Consultado el: 10 de marzo de 2013.

Mimica, E. 2007. Evaluación Integrada de Proyectos de Inversión. Cambridge Resources International, Inc. South America. [s.l]: CEPAL. 24p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura), Chile. 2011. Informe Final: Estimación del Precio de Mercado y Precio Social de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas. Santiago, Chile: MINAGRI. 143p.

Prieto, M. 2011. Las Áreas de Restricción como Mecanismo de Protección de los Recursos Hídricos Subterráneos. Tesis de Grado Magíster en Derecho Ambiental. Santiago, Chile: Facultad de Derecho, Universidad de Chile. 88p.

Rustom, A. 2012. Estadística Descriptiva, Probabilidad e Inferencia: Una Visión Conceptual y Aplicada. Ed. P. Calandra. Santiago, Chile: Departamento de Economía Agraria, Universidad de Chile. 196p.

SURHGE (Sustentabilidad Hídrica de la Provincia de Petorca bajo los Escenarios de Cambio Climático), Chile. 2012. Descripción de la Cuenca de Petorca: Oferta y Demanda Hídrica. Chile: SURHGE. 55p.

Valenzuela, C. 2011. Efectos de la Aplicación de la Patente por No-Utilización de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas. Memoria de Título Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 77p.

Valenzuela, C; R. Fuster; A. León. 2013. Chile: ¿Es Eficaz la Patente por no Uso de Derechos de Aguas? *Cepal*. (109): 175-198.

Vicuña, S.; I. Losada; L. Cifuentes y J. Beyá. 2013. Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. 156p.

6. GLOSARIO

Adjudicación: La del objeto adjudicado en acto de partición, por escritura pública en que conste la adjudicación y haberla aceptado el adjudicatario. Pertenecen a esta clase las sentencias de adjudicación en juicios divisorios, y los actos legales de partición. El partidor se conformará en la adjudicación de los bienes a las reglas de este título; salvo que los co-asignatarios acuerden legítima y unánimemente otra cosa²³.

Aporte: Consisten, generalmente, en los bienes (muebles o inmuebles) o Derechos que forman el patrimonio inicial de una sociedad o persona jurídica o comunidad²⁴.

Asignaciones: Una asignación es la adjudicación de un bien determinado, ya sea porque así lo dispuso una resolución judicial (sentencia) en el caso de la liquidación de los bienes de una sociedad, de una comunidad, etc. o bien, porque así lo dispuso un causante que expresó su voluntad respecto del destino de sus bienes para cuando ocurriera su fallecimiento mediante un testamento y en este caso correspondería a la partición de los bienes de una comunidad hereditaria (herencia o asignaciones por causa de muerte). Las asignaciones a título universal se llaman herencias, y las asignaciones a título singular, legados. El asignatario de herencia se llama heredero, y el asignatario de legado, legatario. Si la asignación se destinare a un objeto de beneficencia expresado en el testamento, sin determinar la cuota, cantidad o especies que hayan de invertirse en él, valdrá la asignación y se determinará la cuota, cantidad o especies, habida consideración a la naturaleza del objeto, a las otras disposiciones del testador, y a las fuerzas del patrimonio, en la parte de que el testador pudo disponer libremente²⁵ (artículo 953 y 954 del Código Civil).

Cambio de punto de Captación: Procedimiento por medio del cual se obtiene la autorización de la Dirección General de Aguas, para el cambio de un punto de captación de un Derecho de Aprovechamiento de Aguas subterráneas dentro de un mismo sector hidrogeológico de aprovechamiento común²⁶ (artículo 42 del Reglamento sobre Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas).

²³ Decreto con Fuerza de Ley N° 1. Código Civil. Santiago, Chile: Ministerio de Justicia, 2000. 427p. [Publicada en Diario Oficial el: 30 de mayo de 2000].

²⁴ Jiménez, R. 2013, sep. Tipos de Transacción de DAA. [Entrevista personal]. Departamento de Economía Agraria, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

²⁵ Decreto con Fuerza de Ley N° 1. Código Civil. Santiago, Chile: Ministerio de Justicia, 2000. 427p. [Publicada en Diario Oficial el: 30 de mayo de 2000].

²⁶ Decreto Supremo N° 203. Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas. Santiago: Ministerio de Obras Públicas, 2013. 18p. [Publicada en Diario Oficial el: 07 Marzo 2014].

Compraventa: La compraventa es un contrato en que una de las partes se obliga a dar una cosa y la otra a pagarla en dinero. Aquélla se dice vender y ésta comprar. El dinero que el comprador da por la cosa vendida, se llama precio²⁷ (artículo 1793 del Código Civil).

Compra en remate: se aplica el mismo concepto señalado anteriormente para la compraventa, pero se entiende que el modo de adquirir dichos DAA fue en pública subasta en el que un martillero público adjudicó ese bien determinado a cierta persona natural o jurídica (debidamente representada), que adquirió dicho bien ya sea por que ofertó más en la puja de la subasta, o bien, porque cumplió todas la condiciones establecidas en las bases de remate (en este caso puede tratarse de un remate judicial o administrativo determinado por dos solicitudes de DAA pedidas dentro de seis meses sobre un mismo cauce y caudal) o bien que fue el único oferente y que por lo tanto se le adjudicó sólo a él. Actualmente, si dos o más presentaciones solicitan la misma extensión de bienes nacionales para explorar aguas subterráneas dentro del plazo de seis meses, la adjudicación de estas solicitudes se resolverá mediante un remate entre los solicitantes. A la subasta de aguas subterráneas, podrán concurrir las personas que hubieren presentado las solicitudes dentro del plazo señalado, el Fisco y cualquiera de las instituciones del sector público, en igualdad de condiciones²⁸.

Constitución de Derecho: Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del Código de Aguas. El Derecho de Aprovechamiento es un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe el Código de Aguas. El Derecho de Aprovechamiento sobre las aguas es de dominio de su titular, quien podrá usar, gozar y disponer de él en conformidad a la ley²⁹ (artículo 5 y 6 del Código de Aguas).

Dación en pago: Es un acuerdo entre el acreedor y el deudor en virtud del cual se permite que se cumpla la obligación con un objeto distinto al que se debía. La obligación debe cumplirse de acuerdo con el tenor de lo convenido, ni el acreedor ni el deudor puede estar obligado a recibir o dar una cosa distinta de la debida. La dación en pago no está consagrada en ninguna disposición del Código Civil, sino que se llega a ella a través de una interpretación del art. 1569 inciso 2., porque si el acreedor no puede ser obligado a recibir una cosa distinta, nada impide para que éste consienta en ello³⁰.

Distribución de aguas: a través de un contrato, un acuerdo verbal, o una resolución de la DGA, en que se establece que el derecho no obstante ser consuntivo, no es continuo sino

²⁷ Decreto con Fuerza de Ley N° 1. Código Civil. Santiago, Chile: Ministerio de Justicia, 2000. 427p. [Publicada en Diario Oficial el: 30 de mayo de 2000].

²⁸ Jiménez, R. 2013, sep. Tipos de Transacción de DAA. [Entrevista personal]. Departamento de Economía Agraria, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

²⁹ Decreto con Fuerza de Ley N° 1122. Código de Aguas. Santiago: Ministerio de Justicia, 1981. 70p. [Publicada en Diario Oficial el: 29 de octubre de 1981].

³⁰ Ibid.

que discontinuo o alternado.³¹ Son Derechos de ejercicio continuo los que permiten usar el agua en forma ininterrumpida durante las veinticuatro horas del día. Los Derechos de ejercicio discontinuo sólo permiten usar el agua durante determinados períodos. Los Derechos de ejercicio alternado son aquellos en que el uso del agua se distribuye entre dos o más personas que se turnan sucesivamente³² (artículo 19 del Código de Aguas).

Dominio: Los modos de adquirir el dominio son la ocupación, la accesión, la tradición, la sucesión por causa de muerte, y la prescripción³³ (artículo 588 del Código Civil).

Donación: El contrato de donación es aquel por el cual una persona transfiere gratuita e irrevocablemente una parte de sus bienes a otra persona, que la acepta. Es un contrato gratuito, a la inversa del mandato retribuido que es oneroso, porque ambas partes se gravan en beneficio de la otra. La donación entre vivos, supone esencialmente que uno de los contratantes, el donante, se desprenda de algo de su patrimonio, en forma que le signifique un empobrecimiento y a su vez que este algo, vaya efectivamente a enriquecer el patrimonio de la otra parte, el donatario. Estas condiciones son esenciales, en términos tales, que si faltan no se estará frente a un contrato de esta especie³⁴.

Fusión: se debe tener en cuenta lo que establece el Código Civil sobre el particular. Cuando concurren en una misma persona las calidades de acreedor y deudor se verifica de derecho una confusión que extingue la deuda y produce iguales efectos que el pago³⁵.

Herencia: Las asignaciones a título universal se llaman herencias, y las asignaciones a título singular, legados. El asignatario de herencia se llama heredero, y el asignatario de legado, legatario. El artículo 953 del Código Civil, indica que se llaman asignaciones por causa de muerte las que hace la ley, o el testamento de una persona difunta, para suceder en sus bienes. Con la palabra asignaciones se significan en este Libro las asignaciones por causa de muerte, ya las haga el hombre o la ley. Asignatario es la persona a quien se hace la asignación³⁶ (artículo 954 del Código Civil).

Permuta: Cuando el precio consiste parte en dinero y parte en otra cosa, se entenderá permuta si la cosa vale más que el dinero; y venta en el caso contrario³⁷ (artículo 1794 del Código Civil).

³¹ Decreto con Fuerza de Ley N° 1122. Código de Aguas. Santiago: Ministerio de Justicia, 1981. 70p. [Publicada en Diario Oficial el: 29 de octubre de 1981].

³² Ibid

³³ Decreto con Fuerza de Ley N° 1. Código Civil. Santiago, Chile: Ministerio de Justicia, 2000. 427p. [Publicada en Diario Oficial el: 30 de mayo de 2000].

³⁴ Jiménez, R. 2013, sep. Tipos de Transacción de DAA. [Entrevista personal]. Departamento de Economía Agraria, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

³⁵ Ibid

³⁶ Decreto con Fuerza de Ley N° 1. Código Civil. Santiago, Chile: Ministerio de Justicia, 2000. 427p. [Publicada en Diario Oficial el: 30 de mayo de 2000].

³⁷ Ibid

Regularización: Los DAA inscritos que estén siendo utilizados por personas distintas de sus titulares a la fecha de entrar en vigencia el Código de Aguas de 1981, podrán regularizarse cuando dichos usuarios hayan cumplido cinco años de uso ininterrumpido, contados desde la fecha en que hubieren comenzado a hacerlo, en conformidad con las reglas siguientes:

- a) La utilización deberá haberse efectuado libre de clandestinidad o violencia, y sin reconocer dominio ajeno;
- b) La solicitud se elevará a la DGA ajustándose en la forma, plazos y trámites a lo prescrito en el párrafo 1° del Título I del Libro II de ese Código;
- c) Los terceros afectados podrán deducir oposición mediante presentación que se sujetará a las reglas señaladas en la letra anterior, y
- d) Vencidos los plazos legales, la DGA remitirá la solicitud y todos los antecedentes más la oposición, si la hubiere, al Juez de Letras en lo Civil competente, quien conocerá y fallará de acuerdo al procedimiento establecido en el artículo 177 y siguientes de ese Código. El mismo procedimiento se aplicará en los casos de las personas que, cumpliendo todos los requisitos indicados en el inciso anterior, solicitaren inscribir DAA no inscritos, y aquellos que se extraen en forma individual de una fuente natural³⁸ (artículo 2° transitorio del Código de Aguas).

³⁸ Decreto con Fuerza de Ley N° 1122. Código de Aguas. Santiago: Ministerio de Justicia, 1981. 70p. [Publicada en Diario Oficial el: 29 de octubre de 1981].

7. APÉNDICES

Apéndice I. Variación de precios del valor presente a valor real

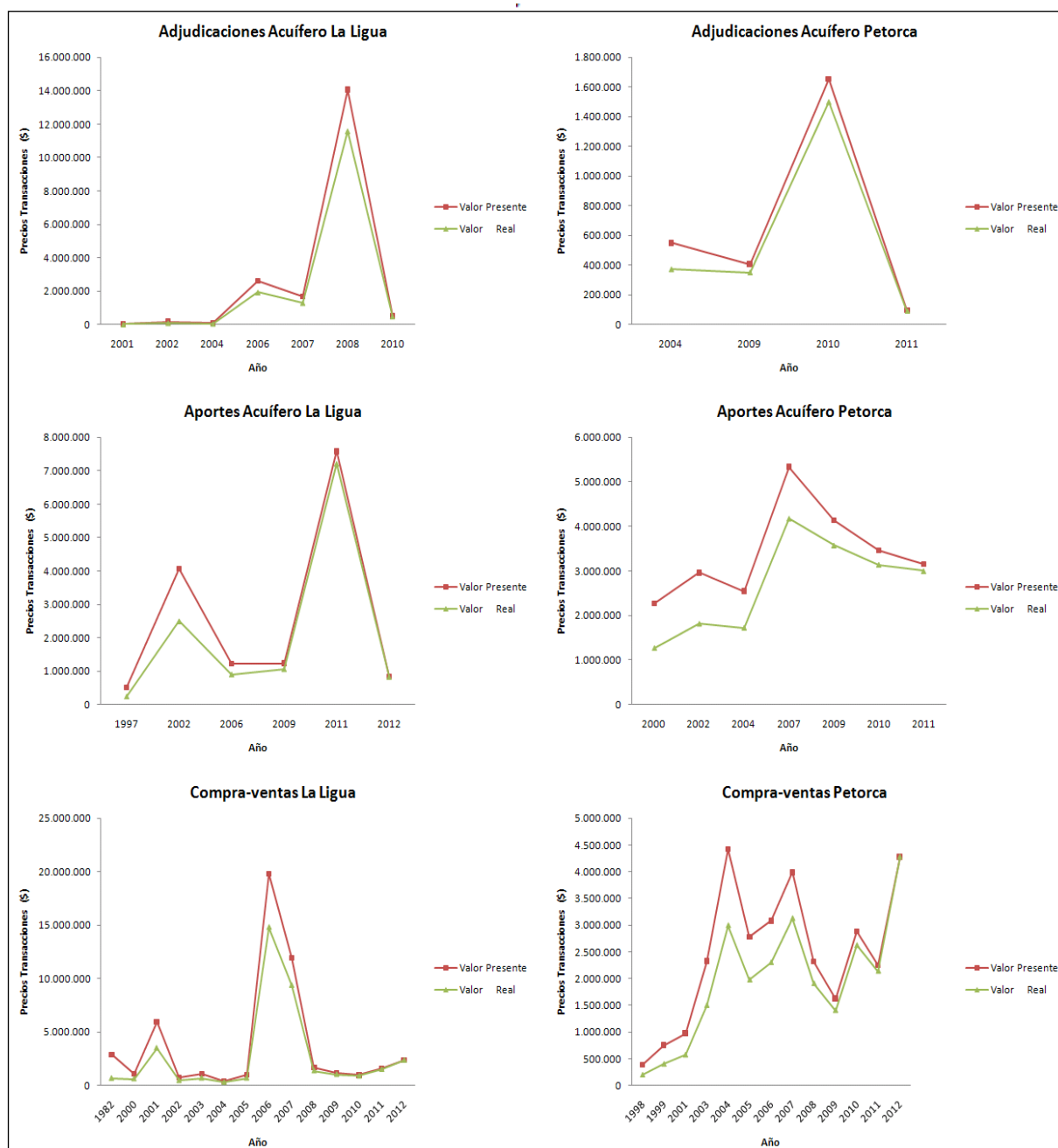


Figura 19. Variación de los precios promedios anuales del valor presente y valor real.

Apéndice II. Precios eliminados a través de análisis “box plot”

Cuadro 9. Adjudicaciones eliminadas a través de análisis “box plot” en Acuífero La Ligua.

Año Transacción	Transacciones Totales	Transacciones Eliminadas	Valores Eliminados (\$)
Adjudicaciones			
2010	16	2	1.572.083 68.906
2008	11	0	-
2007	1	0	-
2006	4	0	-
2004	1	0	-
2002	1	0	-
2001	6	1	114.023

Cuadro 10. Aportes eliminados a través de análisis “box plot” en Acuífero La Ligua.

Año Transacción	Transacciones Totales	Transacciones Eliminadas	Valores Eliminados (\$)
Aportes			
2012	3	0	-
2011	5	0	-
2009	1	0	-
2006	2	0	-
2002	1	0	-
1997	1	0	-

Cuadro 11. Compraventas eliminadas a través de análisis “box plot” en Acuífero La Ligua.

Año	Transacciones	Transacciones	Valores
Transacción	Totales	Eliminadas	Eliminados (\$)
Compraventas			
2012	47	2	10.107.423
			12.800.000
2011	50	7	18.900.000
			13.650.000
			10.500.333
			9.722.222
			9.545.344
			9.283.233
			9.163.124
2010	29	5	33.075.000
			12.862.500
			11.025.350
			9.450.000
			6.360.577
			42.875.000
2009	40	6	21.214.151
			11.576.250
			11.576.250
			10.852.734
			10.852.734
			11.467.040
2008	66	7	10.129.219
			6.598.463
			6.077.531
			6.077.531
			5.929.299
			5.226.677
2007	16	0	-
2006	28	2	357.358.838
			172.915.567
2005	17	1	8.040.574

(Continúa)

Cuadro 11. Compraventas eliminados a través de análisis “box plot” en Acuífero La Ligua (Continuación).

Año Transacción	Transacciones Totales	Transacciones Eliminadas	Valores Eliminados (\$)
2004	12	2	4.136.875 2.967.149
2003	9	2	3.878.321 9.546.635
2002	4	0	-
2001	4	0	-
2000	5	0	-
1982	2	0	-

Cuadro 12. Adjudicaciones eliminadas a través de análisis “box plot” en Acuífero Petorca.

Año Transacción	Transacciones Totales	Transacciones Eliminadas	Valores Eliminados (\$)
Adjudicaciones			
2011	4	0	-
2010	4	0	-
2009	1	0	-
2004	1	0	-

Cuadro 13. Aportes eliminados a través de análisis “box plot” en Acuífero Petorca.

Año Transacción	Transacciones Totales	Transacciones Eliminadas	Valores Eliminados (\$)
Aportes			
2011	1	0	-
2010	1	0	-
2009	4	0	-
2007	2	0	-
2004	2	0	-
2002	3	0	-
2000	1	0	-

Cuadro 14. Compraventas eliminadas a través de análisis “box plot” en Acuífero Petorca.

Año Transacción	Transacciones Totales	Transacciones Eliminadas	Valores Eliminados (\$)
Compraventas			
2012	73	0	-
			16.905.453
2011	36	3	10.500.888
			10.500.000
2010	11	2	5.771.253
			755.136.986
			21.695.784
			18.007.501
2009	55	6	14.470.771
			14.470.771
			9.003.750
			9.003.750
2008	23	1	14.586.075
2007	8	0	-
			446.699
2006	21	4	670.048
			670.048
			800.057
2005	5	0	-
2004	8	0	-
2003	1	0	-
2001	2	0	-
1999	1	0	-
1998	2	0	-

Apéndice III. Transacciones medias mensuales en ambos acuíferos

Cuadro 15. Transacciones medias mensuales en acuífero La Ligua y Petorca.

Acuífero La Ligua		Acuífero Petorca	
Mes	Cantidad	Mes	Cantidad
Enero	11	Enero	9
Febrero	18	Febrero	22
Marzo	25	Marzo	12
Abril	34	Abril	59
Mayo	49	Mayo	32
Junio	25	Junio	16
Julio	24	Julio	30
Agosto	45	Agosto	10
Septiembre	24	Septiembre	17
Octubre	5	Octubre	11
Noviembre	19	Noviembre	6
Diciembre	17	Diciembre	6

Apéndice IV. “Box Plot” de adjudicaciones y aportes en el acuífero de La Ligua y Petorca

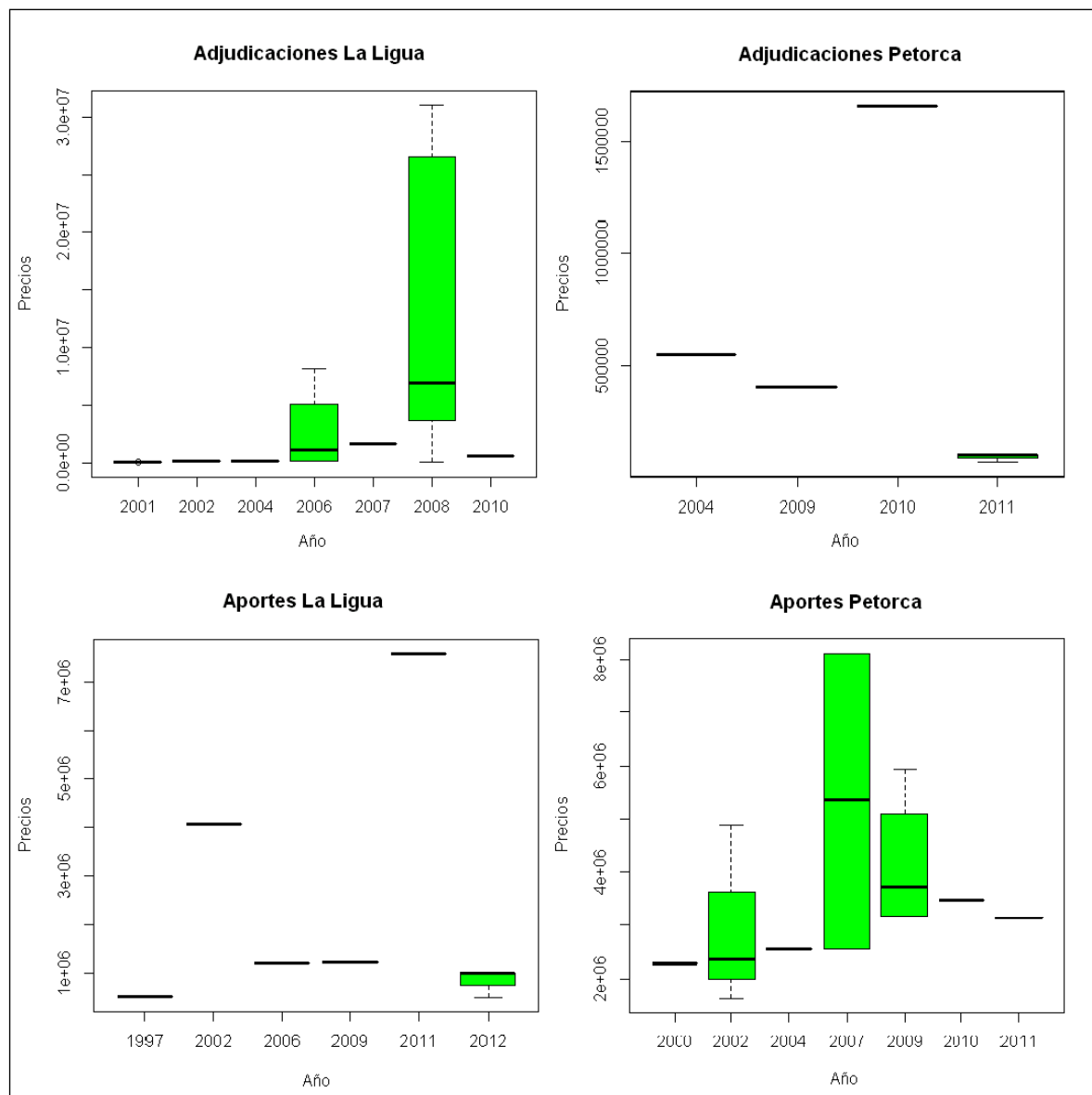


Figura 20. “Box plot” de adjudicaciones y aportes en el acuífero de La Ligua y Petorca.

Apéndice V. Precios anuales de transacción en el acuífero del río La Ligua y Petorca

Cuadro 16. Precios anuales de adjudicaciones en el acuífero de La Ligua.

Adjudicaciones Acuífero La Ligua						
Año	n	Media Precios	Mediana Precios	Sx	Mínimo	Máximo
2001	5	20.092	16.458	9.070	12.754	35.826
2002	1	173.749	173.749	-	173.749	173.749
2004	1	92.341	92.341	-	92.341	92.341
2006	4	2.598.687	1.057.718	3.788.431	134.010	8.145.302
2007	1	1.664.686	1.664.686	-	1.664.686	1.664.686
2008	11	14.066.289	6.912.832	12.861.423	1.264	31.012.449
2010	14	551.250	551.250	-	551.250	551.250

Cuadro 17. Precios anuales de adjudicaciones en el acuífero de Petorca.

Adjudicaciones Acuífero Petorca						
Año	n	Media Precios	Mediana Precios	Sx	Mínimo	Máximo
2004	1	550.145	550.145	-	550.145	550.145
2009	1	406.846	406.846	-	406.846	406.846
2010	4	1.653.750	1.653.750	0	1.653.750	1.653.750
2011	4	96.250	105.000	17.500	70.000	105.000

Cuadro 18. Precios anuales de aportes en el acuífero de La Ligua.

Aportes Acuífero La Ligua						
Año	n	Media Precios	Mediana Precios	Sx	Mínimo	Máximo
1997	1	519.732	519.732	-	519.732	519.732
2002	1	4.072.237	4.072.237	-	4.072.237	4.072.237
2006	2	1.218.263	1.218.263	0	1.218.263	1.218.263
2009	1	1.235.809	1.235.809	-	1.235.809	1.235.809
2011	5	7.582.938	7.582.938	0	7.582.938	7.582.938
2012	3	833.333	1.000.000	288.675	500.000	1.000.000

Cuadro 19. Precios anuales de aportes en el acuífero de Petorca.

Aportes Acuífero Petorca						
Año	n	Media Precios	Mediana Precios	Sx	Mínimo	Máximo
2000	1	2.275.853	2.275.853	-	2.275.853	2.275.853
2002	3	2.959.159	2.361.897	1.709.046	1.628.895	4.886.684
2004	2	2.547.337	2.547.337	0	2.547.337	2.547.337
2007	2	5.337.177	5.337.177	3.938.039	2.552.563	8.121.792
2009	4	4.138.864	3.716.580	1.298.747	3.185.759	5.936.538
2010	1	3.465.000	3.465.000	-	3.465.000	3.465.000
2011	1	3.150.000	3.150.000	-	3.150.000	3.150.000

Apéndice VI. Precio transacciones medias mensuales en ambos acuíferos

Cuadro 20. Precio transacciones medias mensuales en acuífero La Ligua y Petorca.

Acuífero La Ligua		Acuífero Petorca	
Mes	Precio	Mes	Precio
Enero	\$ 10.119.080	Enero	\$ 3.228.217
Febrero	\$ 2.469.685	Febrero	\$ 1.983.249
Marzo	\$ 2.814.520	Marzo	\$ 1.295.657
Abril	\$ 1.050.318	Abril	\$ 4.083.106
Mayo	\$ 5.328.275	Mayo	\$ 3.805.552
Junio	\$ 2.483.890	Junio	\$ 2.897.472
Julio	\$ 15.637.193	Julio	\$ 1.597.123
Agosto	\$ 923.985	Agosto	\$ 1.043.601
Septiembre	\$ 2.225.426	Septiembre	\$ 2.124.000
Octubre	\$ 635.608	Octubre	\$ 3.629.908
Noviembre	\$ 1.266.816	Noviembre	\$ 4.794.238
Diciembre	\$ 1.601.080	Diciembre	\$ 3.160.275

Apéndice VII. Relación de precios y precipitaciones en cada una de las cuencas

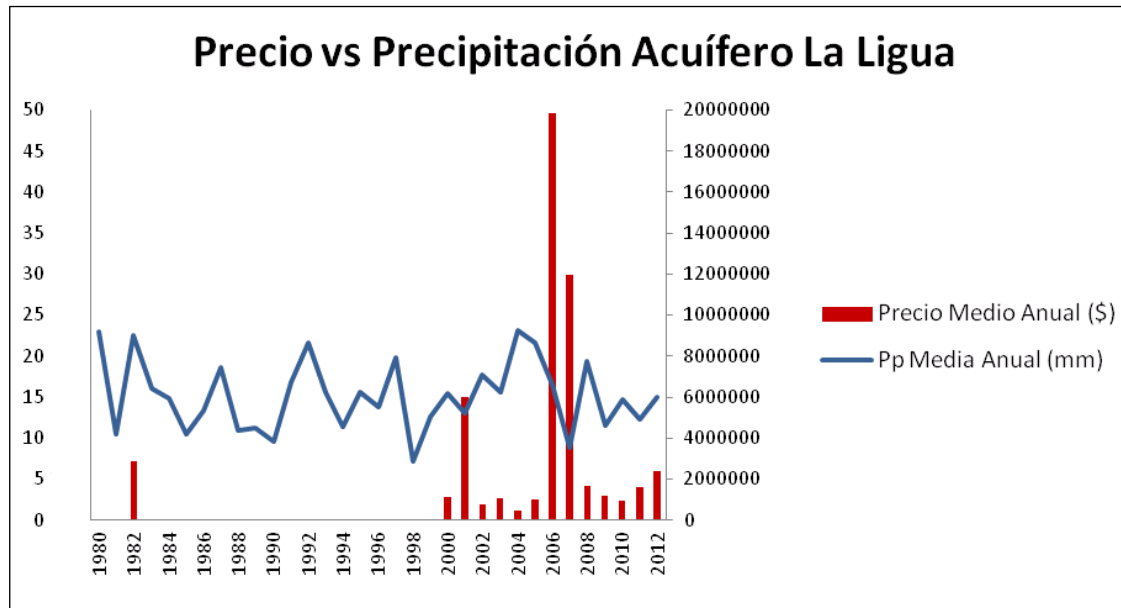


Figura 21. Relación de precios y precipitaciones, acuífero de La Liga.

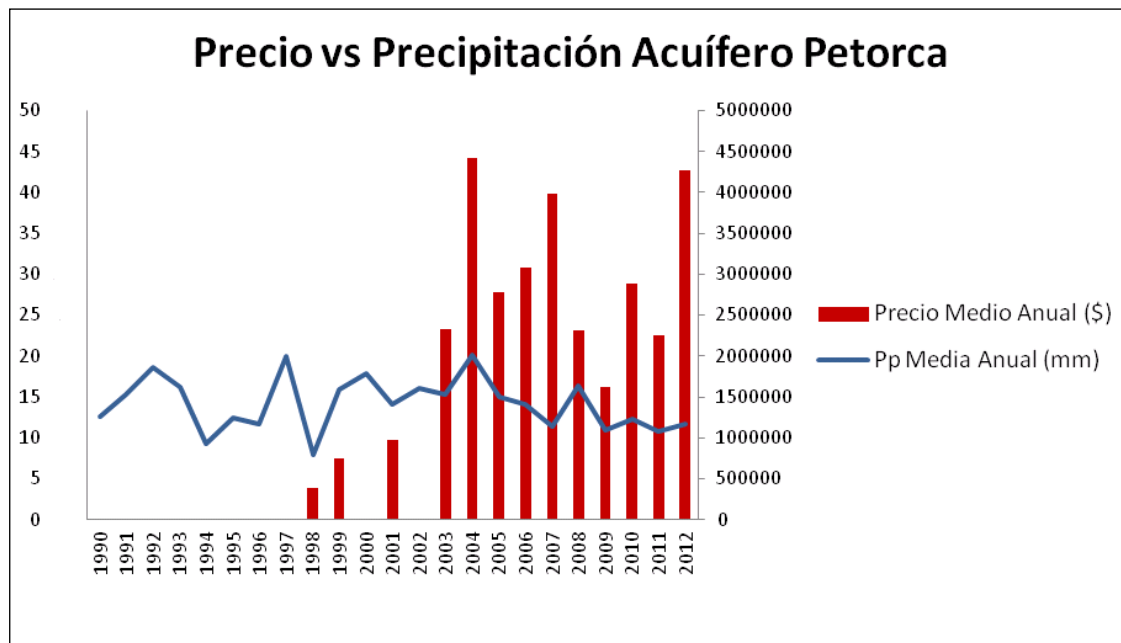


Figura 22. Relación de precios y precipitaciones, acuífero de Petorca.

Utilizando la precipitación media anual de cada estación de monitoreo en cada una de las cuencas, se obtuvo la precipitación media para cada año. Se realizó un análisis de éstas en

relación al precio promedio para cada año, concluyendo que la precipitación media anual no explicaría la variación de precios de transacción de los DAA en el tiempo.

Apéndice VIII. Cantidad de transacciones mensuales ocurridas en los acuíferos del río Ligua y Petorca

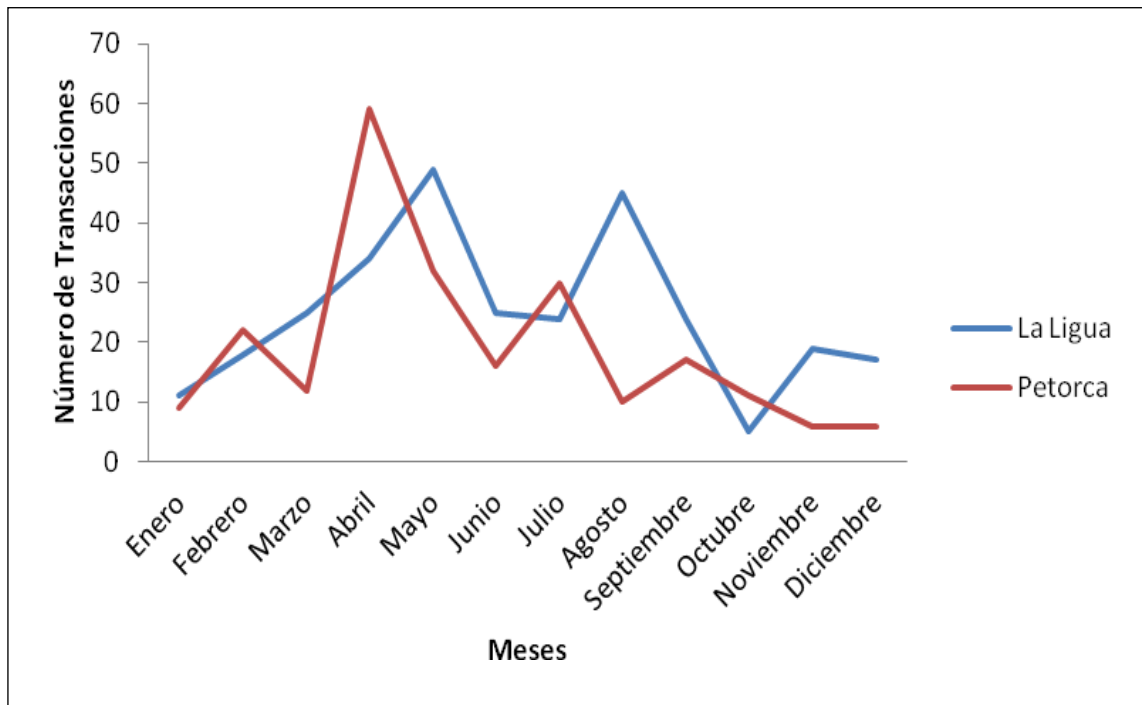


Figura 23. Cantidad de transacciones mensuales ocurridas en cada acuífero.

La Figura 23 corresponde a la cantidad de transacciones ocurridas mensualmente en cada uno de los acuíferos. Si bien la existencia de variabilidad no es clara, se aprecia que en los meses invernales existe un aumento en la cantidad de transacciones a diferencia de la época estival en que éstas se ven disminuidas. La mayor cantidad de transacciones ocurre en el mes de Mayo para el acuífero de La Ligua y en el mes de Abril para Petorca.

Apéndice IX. Precio promedio de transacciones mensuales ocurridas en los acuíferos del río Ligua y Petorca

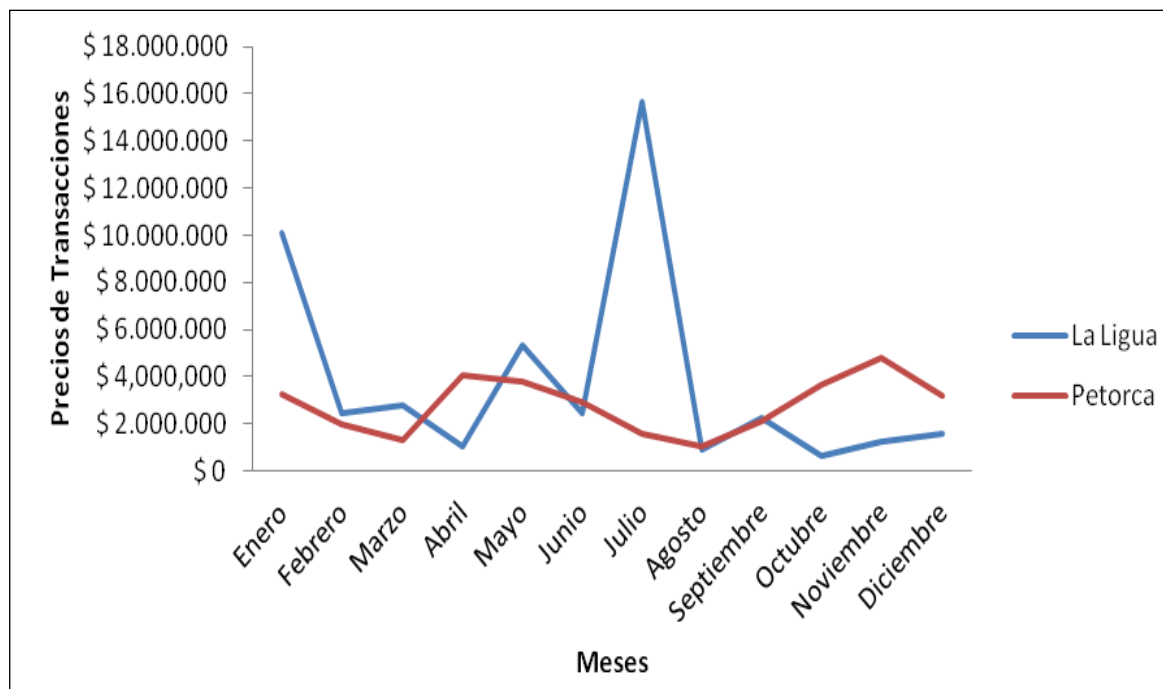


Figura 24. Precios medios mensuales en ambos acuíferos.

La Figura 24 muestra el comportamiento de los precios a nivel mensual en ambos acuíferos. En el caso del acuífero de La Ligua se aprecian valores más elevados en el mes de Julio seguido por Enero, por lo tanto no hay presencia de estacionalidad interanual en los precios en este acuífero. En el caso de Petorca los precios más elevados corresponden a Noviembre seguido por el mes de Abril, además, los precios no muestran gran variación interanual y al igual que el acuífero de la Ligua, éste no presenta estacionalidad en los precios de las transacciones.

Apéndice X. Fotografías del área de estudio

Figura 25. Estero De La Patagua en carretera E-35 antes de junta con el río La Ligua.



Figura 26. Plantaciones de paltos en laderas de cerros, comuna de Cabildo.



Figura 27. Plantaciones de paltos en laderas de cerros, comuna de Cabildo.



Figura 28. Plantaciones de paltos rodeados por tocones de palto como medida paliativa frente a la escasez del recurso, medida que se repite en toda el área de estudio.

8. ANEXOS

Anexo I. Variaciones IPC históricas

Cuadro 21. Variaciones IPC periodo 1992-2012.

Periodo	Inflación (%)
Abril 2012	3,52
Abril 2011	3,21
Abril 2010	0,92
Abril 2009	3,14
Abril 2008	8,30
Abril 2007	2,49
Abril 2006	3,77
Abril 2005	2,95
Abril 2004	2,43
Abril 2003	1,07
Abril 2002	2,82
Abril 2001	2,64
Abril 2000	4,53
Abril 1999	2,31
Abril 1998	4,67
Abril 1997	6,05
Abril 1996	6,63
Abril 1995	8,20
Abril 1994	8,95
Abril 1993	12,24
Abril 1992	12,69
Promedio	4,93

Fuente: Global Rates, 2014

Anexo II. Evolución de hectáreas plantadas en la cuenca de Petorca

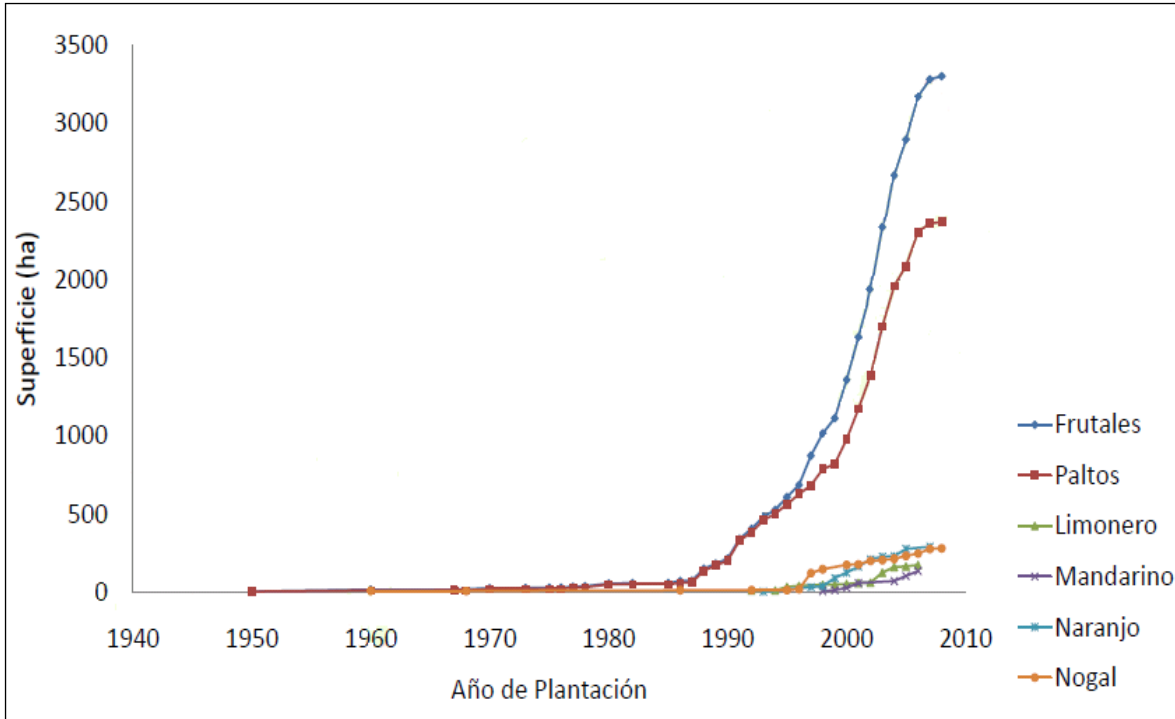


Figura 29. Evolución de hectáreas plantadas, cuenca de Petorca.
Fuente: CIREN, 2008 citado por SURHGE, 2012.

La información corresponde al Catastro Frutícola de la Región de Valparaíso realizado el año 2008, Se aprecia el aumento de las hectáreas plantadas en el tiempo en la cuenca de Petorca, Con esto se demuestra el aumento de hectáreas plantadas desde comienzos de la década del 90, que a mediados del 2000 comienza una etapa de estabilidad.