

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**MODELACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO, PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL
RECURSO EN LA CUENCA DEL RÍO LIMARÍ**

BENJAMIN GABRIEL GONZÁLEZ SUBIABRE

Santiago, Chile

2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**MODELACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO, PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL
RECURSO EN LA CUENCA DEL RÍO LIMARÍ**

**MODELLING THE WATER BALANCE TO IMPROVE RESOURCE MANAGEMENT
IN THE BASIN OF LIMARÍ RIVER**

BENJAMIN GABRIEL GONZÁLEZ SUBIABRE

Santiago, Chile

2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**MODELACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO, PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL
RECURSO EN LA CUENCA DEL RÍO LIMARÍ**

Memoria para optar al Título Profesional de:
Ingeniero Agrónomo

BENJAMIN GABRIEL GONZÁLEZ SUBIABRE

PROFESOR GUÍA	CALIFICACIONES
Fernando Santibañez Quezada Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,8
PROFESORES EVALUADORES	
Cristian Kremer Fariña Ingeniero Agrónomo, Dr.	5,0
Rodrigo Callejas Rodríguez Ingeniero Agrónomo, Dr.	4,0

Santiago, Chile

2017

AGRADECIMIENTOS

Quiero partir agradeciendo a mis padres Ana y Gabriel, mis hermanos Rodrigo y Ana por su compañía y apoyo incondicional todos estos años como estudiante.

A su vez estoy agradecido del Centro de Agricultura y Medio Ambiente, especialmente a Fernando Santibañez, mi profesor guía y a Pablo Perry, quienes me guiaron en la realización de esta memoria. También quisiera agradecer a personal del Instituto Nacional de Estadística, quienes hicieron los esfuerzos para poder conseguir la información que solicité.

Finalmente agradecer a 4 generaciones de tutorados, quienes me recordaron que en un contexto de inequidad de oportunidades se puede perseverar logrando disminuir la brecha de oportunidades con dedicación y esfuerzo, todos ellos han sido importantes en mi formación como profesional.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. ANTECEDENTES.....	11
2.1. Situación hídrica regional.....	11
2.2. Condiciones creadas por el Código de Aguas vigente.....	15
2.3. La gestión actual del agua en las cuencas.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODO.....	17
3.1.a. Lugar de estudio.....	17
3.1.b. Materiales.....	18
3.2. Métodos.....	18
3.2.1. Variables del modelo.....	19
3.2.1.a Precipitación efectiva.....	20
3.2.1.b. Capacidad de retención de agua en el suelo.....	21
3.2.1.c. Evapotranspiración de referencia.....	21
3.2.1.e. Evapotranspiración real.....	22
3.2.1.f. Balance hídrico integrado.....	23
3.2.g. Oferta de agua y derechos de aprovechamiento.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Resultados.....	26
4.1.1. Demanda histórica del recurso hídrico en la cuenca.....	26
4.2. Discusión.....	31
4.2.1. Oferta versus demanda, derechos de aprovechamientos de agua.....	31
4.2.2. Impactos del actual Código de aguas.....	35

5. CONCLUSIONES.....	37
6. BIBLIOGRAFÍA	38
7. ANEXOS	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de los embalses en Elqui, 2010- 2016	12
Figura 2. Evolución de los embalses en Limarí, 2010- 2016	12
Figura 3. Evolución de los embalses en Choapa, 2010- 2016.	13
Figura 4. Evolución de precipitaciones para el mes de junio	14
Figura 5. Evolución de caudales para el mes de enero	14
Figura 6. Mapa del área de estudio.....	17
Figura 7. Diagrama de la estructura del modelo de balance hídrico utilizado.	20
Figura 8. Superficie total regada en la cuenca del río Limarí.....	26
Figura 9. Superficie frutal regada en los periodos 1965-2007.	27
Figura 10. Demanda de agua mensual neta integrada de la cuenca.	27
Figura 11. Requerimiento de riego mensual integrado de la cuenca.....	28
Figura 12. Demanda acumulada durante la temporada.	29
Figura 13. Demanda anual de agua de riego en la cuenca.....	29
Figura 14. Requerimiento de riego acumulado durante la temporada.....	30
Figura 15. Requerimiento anual de riego.	30
Figura 16. Oferta versus demanda, 1 ^{er} decil.	32
Figura 17. Oferta versus demanda, 5 ^{to} decil.	32
Figura 18. Oferta versus demanda 10 ^{mo} decil.....	33

RESUMEN

En este trabajo se revisa la problemática que relaciona el cambio climático con la agricultura en la región de Coquimbo, donde el recurso hídrico es un factor principal, con demandas de agua cada vez mayores, mientras se proyecta una disminución en la oferta del recurso dentro de las próximas décadas.

Se modeló un balance hídrico en búsqueda de disponer de una herramienta para ayudar a una mejor gestión hídrica en el norte chico de nuestro país, específicamente la cuenca del río Limarí, modelando el balance hídrico de la zona, a partir de registros obtenidos en los censos agropecuarios de 1965, 1976, 1997 y 2007 de los cuales se obtuvo la información sobre la superficie bajo riego cultivada en las comunas de Ovalle, Combarbalá, Monte Patria, Punitaqui y Río Hurtado. Esta información se procesó a través de un modelo computacional (Cuencas) diseñado en el Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED) perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile; con el objeto de calcular la demanda integrada de agua en la cuenca en los cuatro escenarios planteados. Adicionalmente se contrastó la información de demanda con la oferta del recurso y los derechos de aprovechamientos de tipo consuntivo, los cuales representan a la demanda potencial de la cuenca. La demanda neta mensual de agua por la agricultura de la cuenca fue determinada en base al uso del suelo reportado en los censos agropecuarios y forestales en cuatro diferentes periodos desde 1965 y el uso de este modelo con capacidad para integrar espacialmente las demandas netas de agua. Además, se estimaron los cambios en la tecnología de riego durante los últimos 4 censos, lo que permitió estimar las demandas de riego en los 4 periodos analizados. Posteriormente para obtener la relación oferta/demanda del recurso, se recurrió a datos de caudales históricos y derechos de aguas concedidos en la cuenca que datan de los últimos 50 años, según registros de la Dirección General de Aguas. El total derechos del tipo consuntivo marcan un límite superior en la demanda del recurso, representando la demanda potencial por agua en la cuenca. En cuanto a la oferta, esta se establece en 3 escenarios, uno no restrictivo, uno medio y uno restrictivo. Finalmente se integraron las curvas de demanda, demanda de agua neta mensual de los cuatro censos, de demanda potencial de la cuenca y de oferta de agua en los tres escenarios de disponibilidad hídrica.

Los resultados sugieren que la cuenca está sometida a una sobredemanda de agua, aún por sobre los derechos otorgados. Esta situación es especialmente notable en los escenarios 1976 y 2007, donde la curva de demanda pasa claramente por sobre el techo de los derechos otorgados durante el periodo del año de mayor consumo. La respuesta o estrategias de mitigación frente a estas situaciones de riesgo, deben sustentarse en un marco legal que facilite su ejecución, sin embargo, la actual normativa es insuficiente al momento de enfrentar crisis hídricas, no solo en la cuenca del Limarí, sino, en el total de cuencas del país en las que existen conflictos referidos al manejo del recurso agua. Debe existir voluntad política para realizar los cambios que permitan fortalecer a las instituciones encargadas de la gestión del recurso, promover transferencia tecnológica, capacitaciones técnicas y fortalecer las juntas de vigilancias como algunas medidas que debiesen ser consideradas en el corto plazo.

Palabras claves: cambio climático, gestión integrada de cuencas, eficiencia de uso del agua, código de aguas.

ABSTRACT

This study reviews the problems related to climate change with agriculture in the Coquimbo region, where water resources are a major factor, with increasing water demands, while a reduction in the supply of the resource is projected within the next decades.

A water balance was designed in search of a tool to help a better water management in the small north of our country, specifically the Limarí river basin, modeling the water balance of the area, from records obtained in the censuses And 1965, 1976, 1997 and 2007, of which information was obtained on the area under irrigation cultivated in the communes of Ovalle, Combarbalá, Monte Patria, Punitaqui and Río Hurtado. This information was processed through a computational model (Cuencas) designed in the Center of Agriculture and Environment (AGRIMED) belonging to the Faculty of Agronomic Sciences of the University of Chile; With the purpose of calculating the integrated demand of water in the basin in the four scenarios. Additionally, the demand information was contrasted with the supply of the resource and the consumptive harvesting rights, which represent the potential demand of the basin. The monthly net demand for water by the agriculture of the basin was determined based on the land use reported in the agricultural and forestry censuses in four different periods since 1965 and the use of this model with the capacity to spatially integrate the net water demands. In addition, changes in irrigation technology were estimated during the last four censuses, which allowed the estimation of irrigation demands in the four periods analyzed. Subsequently, to obtain the supply / demand ratio of the resource, historical data and water rights granted in the basin that date back to the last 50 years were used, per records of the General Water Directorate. The total rights of the consumptive type mark an upper limit on the resource demand, representing the potential demand for water in the basin. As for the offer, this is set in 3 scenarios, one non-restrictive, one medium and one restrictive. Finally, the curves of demand for monthly net water demand for the four censuses were integrated with the potential demand of the basin and the supply of water in the three scenarios of water availability.

The results suggest that the basin is subject to over-water demand, even over the rights granted. This situation is especially notable in the 1976 and 2007 scenarios, where the demand curve clearly passes over the ceiling of the rights granted during the period of the year of greatest consumption. The response or mitigation strategies to these risk situations must be based on a legal framework that facilitates their execution, however, the current legislation is insufficient when faced with water crises, not only in the Limarí basin, but also in The total of basins of the country in which there are conflicts related to the management of the water resource. There must be political will to make changes to strengthen the institutions responsible for resource management, promote technology transfer, technical training and strengthen monitoring boards as some measures that should be considered in the short term.

Key words: climate change, integrated watershed management, water use efficiency, water code.

1. INTRODUCCIÓN

Desde comienzo del siglo XXI, La Tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida incluyendo más de seis mil millones de seres humanos, se enfrenta a una preocupante crisis de agua (UNESCO, 2013). La situación ya es crítica en varios países y regiones, debido a que tanto la población como los recursos están distribuidos irregularmente (FAO, 2002), lo que genera un escenario bastante desfavorable, teniendo en cuenta tanto el crecimiento de la población como la demanda por recursos hídricos.

Según el Banco Mundial, la disponibilidad global de agua per cápita es cercana a los 154.000 m³/hab/año, sin embargo, la mayoría de la población vive en zonas áridas y semiáridas, donde la disponibilidad per cápita es menor a los 1000 m³/hab/año (Valdés-Pineda et al. 2014). Este problema se ve potenciado por los efectos del cambio climático, un fenómeno que se viene estudiando por décadas debido a los evidentes cambios en los patrones climáticos producto del calentamiento global (Bascopé, 2013). Las drásticas disminuciones estacionales del hielo en los polos terrestres, la elevación del nivel del mar, los cambios de los regímenes de precipitaciones que ocasionan importantes sequías o inundaciones, así como el incremento de la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, son sólo algunos de los efectos del calentamiento global (UNESCO, 2010). Los países en vías de desarrollo son más vulnerables al cambio climático que los países desarrollados, debido a que en su mayoría estos dependen de la actividad agrícola, además poseen menos recursos para implementar medidas de adaptación y en muchos casos están expuestos a eventos climáticos extremos (López, 2015).

Para la actividad agrícola chilena, el clima es una variable fundamental, por lo que se espera que este sector sea uno de los grandes afectados por las consecuencias que produce el cambio climático. Esto genera inquietud en la disponibilidad futura del recurso agua, debido a que la variabilidad natural combinada con el aumento de gases de efecto invernadero genera un ascenso en la temperatura media global, lo que hace elevarse a la isoterma 0°C, reduciendo la acumulación de nieve en la montaña y, por lo tanto, una menor disponibilidad de agua en la época estival (Valdés-Pineda et al., 2014). En Chile el principal usuario del agua es el sector agrícola, ocupando alrededor de un 73% del recurso mientras que la minería y los usos industriales comparten un 21% (Ministerio del Medio Ambiente, 2012). Se prevé que hacia el año 2050 la temperatura promedio aumente, disminuyendo las precipitaciones a la vez que aumentando la frecuencia de tormentas y nubosidad. Por su parte el territorio sufrirá modificaciones debido a la menor disponibilidad de agua y al avance del desierto, trasladando los cultivos que hasta ahora se establecen en la zona central, algo más al sur (Bascopé, 2013). En algunas regiones y cultivos donde la principal limitación es la baja temperatura, se proyectan importantes aumentos en la productividad, mientras que en otras regiones donde el recurso hídrico es el factor limitante, ya sea como lluvia o agua superficial, se proyectan bajas relevantes en la productividad agrícola, principalmente la zona centro y norte del país. Estos cambios en la productividad deberían crear incentivos para reordenar el patrón de uso de suelo y, por ende, por medio de la adaptación, disminuir los impactos esperados (CEPAL, 2012).

El sostenido crecimiento económico y desarrollo social experimentado por el país a partir de la década del noventa, ha generado demandas cada vez mayores de recursos hídricos, particularmente de la región metropolitana al norte. En estas regiones, las demandas superan al caudal disponible, en tanto la relación demanda disponibilidad se presenta substancialmente más favorablemente entre la VI y IX región, y de la X región al sur la disponibilidad del recurso supera ampliamente la demanda (Steiner, 2011).

Para lograr hacer un uso sustentable y eficiente del recurso hídrico, se necesita conocer la oferta del mismo para las distintas labores a las que se le destine, lo que genera la imperiosa necesidad de entender el comportamiento del sistema hídrico. La comprensión de sistemas hidrológicos a escala de cuencas es de gran importancia para enfrentar eventos extremos, como inundaciones, sequías o lo que concierne a la calidad del agua (Beekwilder et al. 2012). Dada la gran cantidad de variables y las complejas relaciones entre ellas, es recomendable estimar un modelo del sistema que permita simular su comportamiento frente a la variabilidad climática. Debido a la complejidad de la simulación hidrológica a escala de cuencas, un paso importante del proceso de modelación, es la evaluación del modelo contra condiciones históricas observadas dentro de la cuenca estudiada (Beekwilder et al., 2012).

Un modelo de balance hídrico podría abordar desafíos que enfrenta la gestión del recurso hídrico como la incertidumbre en relación con su disponibilidad futura producto de la variabilidad climática. Estando ubicado gran parte del país en una zona de transición climática, puede esperarse que presente una especial sensibilidad a un cambio climático global, especialmente en el paralelo 33° (Steiner, 2011).

En la actualidad la crisis hídrica de ciertas regiones del país se hace insostenible, por lo que es crucial saber cuáles son las causas y consecuencias que conlleva, es por esto que por medio de este trabajo, se busca disponer de una herramienta para ayudar a una mejor gestión hídrica en el norte chico de nuestro país, específicamente la cuenca del río Limarí, modelando el balance hídrico de la zona, buscando mejorar la gestión y uso del recurso y al mismo tiempo, entregando una herramienta para contribuir a la gestión de este recurso escaso.

1.1. Objetivo general.

Evaluar la capacidad de sustentación hídrica de la agricultura en la cuenca del río Limarí, en base a un modelo de demanda y oferta de agua.

1.2. Objetivos específicos.

Disponer de una herramienta para estimar la demanda territorial del recurso, mediante la integración de las demandas parciales por unidad de territorio (comunas)

Establecer la componente humana y natural de la crisis hídrica de una cuenca del norte chico (Limarí).

Disponer de un instrumento que permita establecer escenarios de optimización de la relación oferta y demanda de agua.

2. ANTECEDENTES

El presente capítulo pretende contextualizar sobre la disponibilidad y variabilidad del recurso hídrico en la región de Coquimbo, además de presentar bajo que contexto normativo se distribuyen los derechos de aprovechamiento de agua y de qué forma se gestiona el ejercicio de estos.

2.1. Situación hídrica regional

El clima en la Región de Coquimbo se define como semiárido o mediterráneo inferior árido, se caracteriza por grandes variaciones interanuales e intranuales de las precipitaciones, de las cuales un 60 % se concentran durante los meses de invierno (Pouget et al., 1996), la provincia del Limarí presenta un periodo seco que se extiende por 9 a 11 meses (CEAZA, 2005). Estas características, hacen vulnerable a la Región frente a eventos extremos provocados por fluctuaciones del clima, sobre todo en el ámbito agrícola.

Coquimbo y el resto del país ya han experimentado importantes problemas de sequías, como se ha registrado en los años 1955, 1964, 1975, 1998 entre muchos otros, y el riesgo de sufrir estos eventos sigue siendo alto (Meza et al., 2010). Actualmente la escasez hídrica que afecta a una extensa área del territorio nacional se ha traducido en la declaración de 194 comunas del país como zonas de emergencia agrícola (BCN, 2015). Un estudio realizado por el Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile indica que en la mayoría de las cuencas pilotos que integran el estudio, las demandas actuales superan a la oferta de agua, por lo cual presentan un agotamiento legal y físico, especialmente en la zona centro norte del país (Fuster et al. 2009).

En la IV Región, según el último boletín correspondiente a febrero del 2016, presentado por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), los caudales bajaron sus niveles en enero respecto del mes anterior. Sin embargo, no se alejan de los valores normales. En cuanto al agua embalsada de la Cuenca, el reporte dice que existe una carga en torno al 36.5% de su capacidad máxima, donde Elqui tiene 106 MMm³ de agua en sus embalses, que representa el 44.2% de su capacidad máxima, mientras que Limarí tiene 297.4 MMm³ de agua, correspondiente a un 30% de su capacidad máxima y finalmente Choapa 74.9 MMm³, lo que corresponde al 96.6% de su capacidad máxima, lo cual se puede observar en las figuras 1, 2 y 3 respectivamente (CEAZA. 2016).

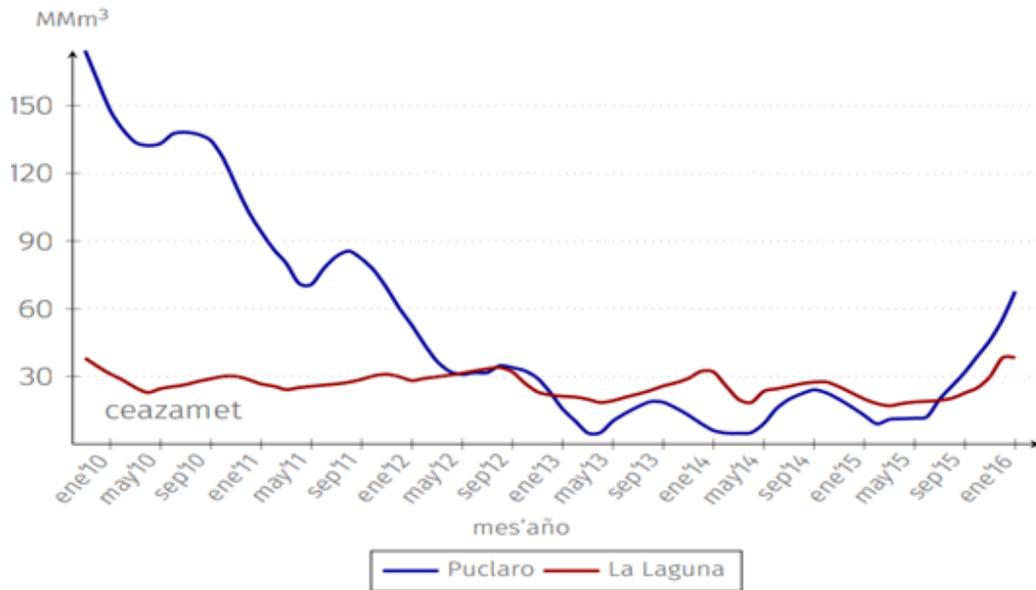


Figura 1. Evolución de los embalses en Elqui, 2010- 2016 (CEAZA. 2016).

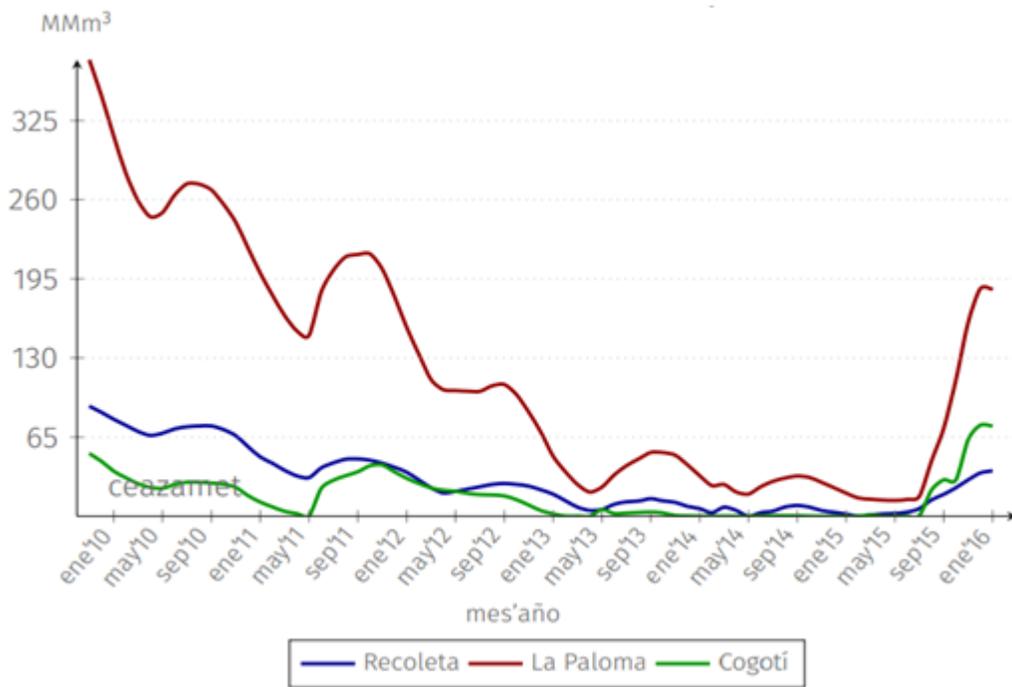


Figura 2. Evolución de los embalses en Limarí, 2010- 2016 (CEAZA. 2016).

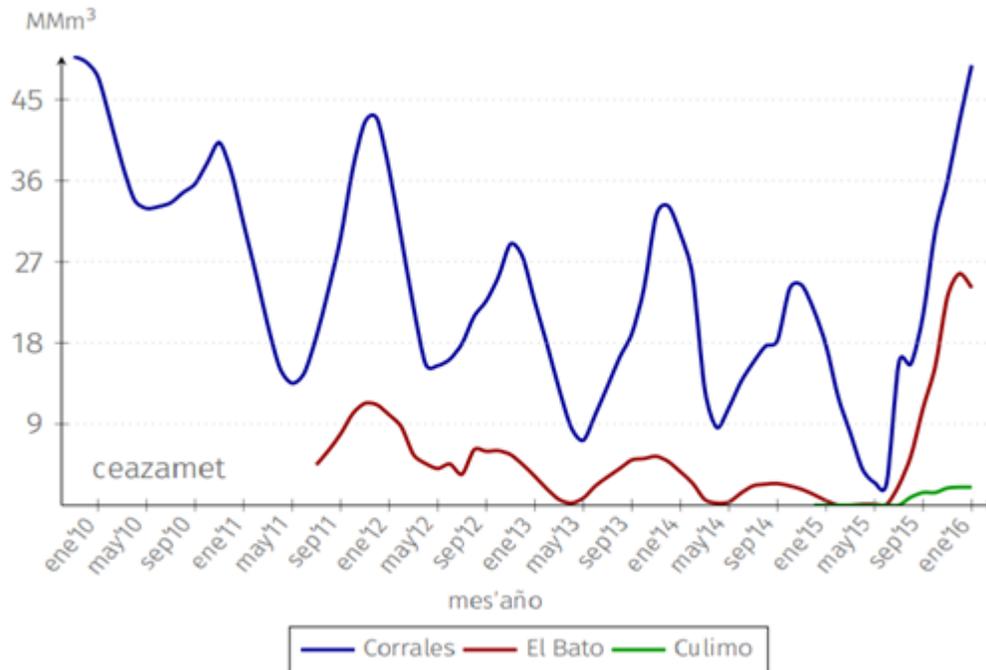


Figura 3. Evolución de los embalses en Choapa, 2010- 2016 (CEAZA. 2016).

Esta recuperación en los caudales promedios y en la capacidad de almacenamiento de los embalses, se debe principalmente a una anomalía positiva del fenómeno de El Niño, que permiten aumentar la cantidad de precipitaciones en la región, sin embargo, este fenómeno se encuentra en retirada, por lo que estos valores deberían volver a sus estados neutrales. (CEAZA. 2016).

Específicamente en la cuenca del río Limarí se observa una tendencia a la baja en las precipitaciones y caudales durante las últimas décadas, tal como se observa en las Figuras 4 y 5 haciendo aún más difícil el escenario actual en la disponibilidad de los recursos hídricos. La gestión de la cuenca hidrográfica juega un papel clave al momento de enfrentar situaciones de escasez.

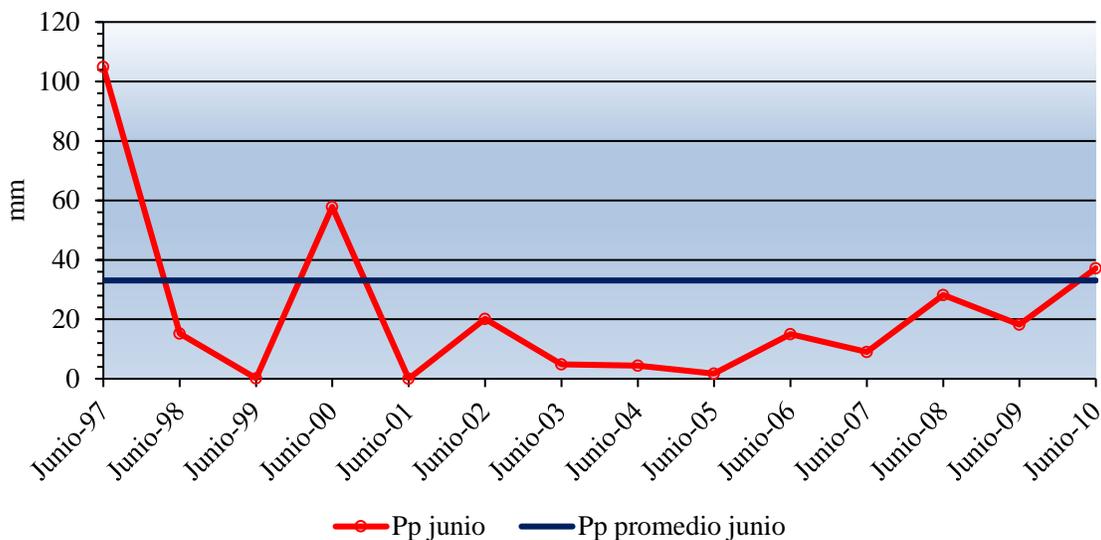


Figura 4. Evolución de precipitaciones para el mes de junio durante el periodo 1997-2010. cuenca del río Limarí (elaboración propia, 2016).

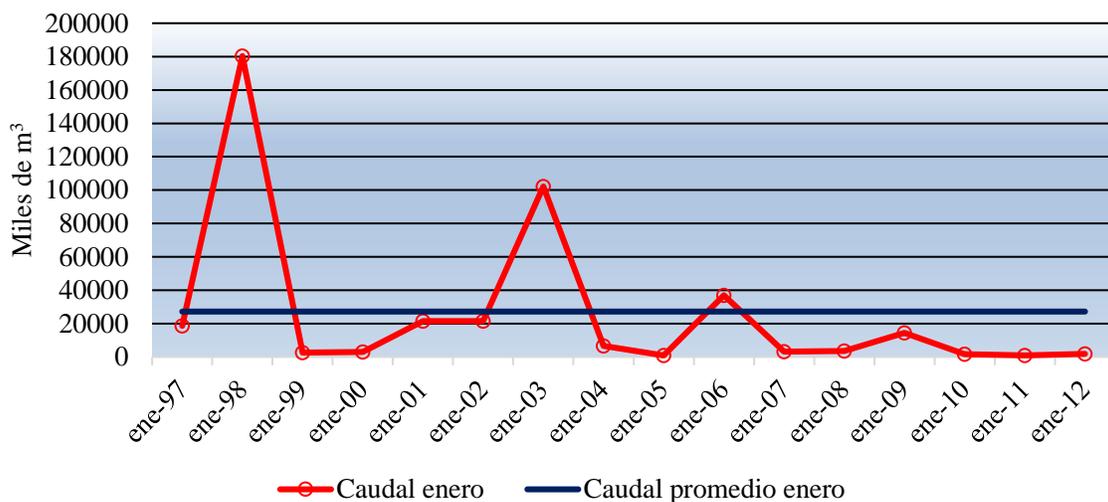


Figura 5. Evolución de caudales en miles de m³ para el mes de enero durante el periodo 1997-2010. cuenca del río Limarí (elaboración propia, 2016).

Se esperan escenarios de restricción hídrica que generan grandes impedimentos en la productividad. Según proyecciones que implican una economía internacional dinámica con un uso intensivo de combustibles fósiles, se estima que la cuenca del río Limarí presente restricciones del recurso de hasta un 49% en la parte alta del río Hurtado para el año 2100 (CEPAL, 2012).

2.2. Condiciones creadas por el Código de Aguas vigente

En el contexto legal, según el artículo 595 del Código civil que adoptó Chile, el agua es definida dentro de los “bienes nacionales de uso público” que implica que el uso de este recurso pertenece a los habitantes de la nación. Tal propiedad no puede ser enajenada del uso público y no debe ser objeto de transacciones legales o privadas. A pesar de esta condición el Código de aguas permite que el gobierno pueda otorgar derechos privados -derechos de aprovechamiento de aguas- (DDA) de uso de esta propiedad pública, de esta forma no se ejerce un mandato directo en la administración del recurso, sino que se plantean normas legales y requisitos para que el mercado emerja de forma espontánea.

Se define el DDA como un derecho real, que dota al recurso hídrico de las mismas garantías constitucionales de la propiedad privada, lo que permite separar los derechos de agua completamente de la propiedad de la tierra, pudiendo ser libremente comprados, vendidos, hipotecados, heredados y transferidos por sus titulares, tal como un bien raíz (Barrientos. 2007). Las libertades privadas son bastantes amplias y la autoridad gubernamental es severamente restringida, si se compara el actual Código de Aguas con legislaciones anteriores (Bauer. 2004). No obstante, lo anterior, es posible que el mercado del agua presente imperfecciones que, en lo medular, significan que la asignación inicial de derechos tiene consecuencias sobre la eficiencia de uso de este recurso. En 1981 se promulgó el Código actual, estableciéndose en su parte medular, que los interesados no requerían justificar el caudal solicitado, que los derechos serían perpetuos y que no habría obligación de uso. Ello representó un cambio importante no solo respecto de la situación previa en Chile, sino que respecto al tratamiento legal que se da a este recurso en el resto del mundo (Gómez-Lobo. 2001).

El organismo público responsable del otorgamiento de estos derechos es la Dirección General de Aguas (DGA), debiendo cumplirse algunos requisitos. La solicitud debe ser “legalmente procedente”, debe constatarse técnicamente que existen recursos de aguas disponibles en la fuente natural y el futuro uso no debe perjudicar a antiguos titulares de derechos de aprovechamiento de aguas vigentes. Los titulares de los derechos tienen la posibilidad de destinar el DDA a los usos que desee pudiendo cambiar libremente el uso que le dé, ya que esta legislación no establece prioridad de uso, solo se exige el respeto a la condición de derecho, sea consuntivo o no consuntivo (Donoso 2003). De esta manera es como se reduce bastante el poder del estado en la gestión y regulación del recurso, favoreciendo políticas de libre mercado (Bauer.1997).

2.3. La gestión actual del agua en las cuencas

Debido a la gran cantidad de usuarios de agua que existen en el país, normalmente agricultores y que han mantenido durante décadas un uso consuetudinario de las aguas, sin mayores títulos justificativos que su costumbre, es por esto que la Dirección General de Aguas ha promovido años la conformación de organizaciones de usuarios de aguas (Ojeda, 2003).

Entre las atribuciones que poseen estas organizaciones de usuarios del agua se encuentra la administración de las fuentes del recurso, en caso de aguas superficiales, los cauces naturales o artificiales, y en caso de aguas subterráneas, la napa, sobre las cuales ejercen obras a través de las cuales estas aguas son captadas, almacenadas y conducidas. Por otra parte, sobre esta administración recae la responsabilidad de distribuir, y excepcionalmente, redistribuir, las aguas entre sus miembros. Adicionalmente, la organización debe ser capaz de resolver conflictos que puedan suscitarse entre sus distintos miembros, relativos a la repartición del agua o al ejercicio de los derechos que posean los integrantes de la organización (Estévez, 2016).

Existen distintos tipos de organizaciones de usuarios de aguas como lo son las Juntas de Vigilancia, las comunidades de aguas y las asociaciones de canalistas. Las Juntas de Vigilancia son organizaciones de usuarios en la cuales sus miembros, en cualquier forma, aprovechan aguas superficiales o subterráneas de una misma cuenca u hoya hidrográfica, o de alguna sección independiente de una corriente natural. Las Comunidades de Aguas son organizaciones en las que dos o más personas que tienen derechos de aprovechamiento sobre las aguas de un mismo canal o embalse, o aprovechan las aguas de un mismo acuífero (Vergara, 2011). Finalmente, las asociaciones de canalistas ejercen competencia sobre cauces artificiales de aguas superficiales y tienen por objetivo tomar las aguas del canal matriz, repartirlas entre los titulares de derechos, construir, explotar, conservar y mejorar las obras de captación, acueductos y otras que sean necesarias para su aprovechamiento (Galleguillos, 2013). Para ser parte de estas comunidades, todos los interesados deben regularizar e inscribir sus derechos de aprovechamiento, evitando cualquier tipo de controversia (Ojeda, 2013).

Actualmente la provincia del Limarí existen juntas de vigilancias tales como la de río Grande y Limarí y sus afluentes, río Hurtado y sus afluentes y río Huatulame y sus afluentes, que mantienen el registro de canales con los derechos permanentes originales y posteriormente concedidos (MOP, 2009). De esta manera, en los canales sometidos a Jurisdicción de cada Junta de vigilancia, existen derechos de aprovechamiento de ejercicio permanente y eventual (Meza et al., 2010).

Esto demuestra que existe un grado de organización entre los usuarios del agua, sin embargo, la norma actual no provee a los agricultores de suficientes herramientas que les permita mejorar la gestión del recurso y resolver conflictos, ya que toda la responsabilidad de la administración recae principalmente en estas organizaciones y por otra parte no existe un organismo que realice una adecuada fiscalización del efectivo ejercicio de los derechos otorgados.

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1.a. Lugar de estudio

Los datos recopilados para el balance hídrico, corresponden a la cuenca del río Limarí en la IV región de Coquimbo, que consta de una superficie de 11.800 Km², y una longitud de 64 Km (DGA. 2004). Se consideró la agricultura de riego para las comunas de Ovalle, Río Hurtado, Monte Patria, Combarbalá y Punitaqui.



Figura 6. Mapa del área de estudio (MOP, 2012).

3.1.b. Materiales

- Series climáticas históricas disponibles en la región (1912-2010)
- Censo agropecuario y forestal, para determinar la demanda hídrica y uso de suelo de la cuenca a nivel de comuna, con un periodo de 40 años (INE)
- Caudales medios mensuales de ríos Grande y Limarí, Hurtado, Huatulame, para el periodo 1963-2012 (DGA)
- Derechos de aprovechamiento de aguas concedidos para la región de Coquimbo (DGA)
- Programas computacionales Visual Basic: “Cuencas”

3.2. Métodos

Se realizó un balance hídrico en la cuenca del río Limarí en cuatro situaciones, correspondientes a los Censos nacional agropecuarios de 1965, 1976, 1997 y 2007 (INE), evaluados para las comunas de Ovalle, Combarbalá, Monte patria, Río Hurtado y Punitaqui. Considerando todos los cultivos bajo riego recuperados desde los censos agropecuarios, se realizó un balance hídrico para cada cultivo en cada comuna, posteriormente se integraron los resultados de modo de establecer la demanda territorial de agua, considerando las cinco comunas. Para esto, se establecieron subsectores correspondientes a las comunas del área de estudio, y así calcular la demanda de agua para cada comuna. Los parámetros a definir fueron el uso de suelo, los cultivos y el clima (evapotranspiración de referencia). Para el cálculo de la demanda hídrica por parte de la superficie cultivada, se utilizó el método de Penman Monteith (Allen, 2006).

Para el balance hídrico de los cultivos se consideraron las precipitaciones y el agua aplicada en el riego como aportes externos y, como pérdidas, la suma del escurrimiento superficial y la percolación profunda. Para simplificar el modelo estos dos últimos términos se integraron en el concepto de eficiencia de riego, el cual se asocia a un valor obtenido desde el conocimiento empírico. El parámetro principal a evaluar, es la demanda de agua a cubrir por el riego por parte del cultivo. Todos los parámetros del balance hídrico fueron ajustados a la realidad de cada sector de la cuenca. Se confeccionó una matriz especie/kc de modo de estimar el uso consumo de cada especie a partir de un balance hídrico entre la siembra y la cosecha de cada especie. En cada comuna se hizo un registro de los cultivos y la superficie ocupada por los mismos, lo que permitió expandir el balance hídrico de cada especie a una demanda hídrica por especie y zona (comuna) dentro de la cuenca. Luego de este barrido especie por especie, comuna por comuna, se integró la demanda de todas las comunas para estimar una demanda global de agua en la cuenca.

3.2.1. Variables del modelo

El balance hídrico se modeló según la siguiente ecuación de balance de masa:

$$Pe + Ri - Etr - (Es + Px) \pm \delta H = 0$$

Donde

Pe: precipitación efectiva

Ri: riego

Etr: evapotranspiración real

Es: Escurrimiento superficial

Px: Percolación profunda

δH : Cantidad de agua almacenada en el suelo

Considerando que bajo condiciones de no déficit hídrico la $Etr = Eto \times kc$ y que durante la temporada de riego no hay cambios significativos en el contenido de agua del suelo, entonces:

$$Ri = (Etr - Pe - (Es + Px)) \times Ef^{-1}$$

La suma del escurrimiento Es y percolación profunda Px , representa al agua en exceso agregada al sistema, por sobre las necesidades de agua del cultivo, lo que hace caer la eficiencia. Se consideró un 60% de eficiencia (Ef) para cultivos regados bajo sistemas gravitacionales y un 90% para cultivos con sistemas de riego tecnificado (goteo).

En la Figura 7 se esquematiza el modelo de balance hídrico con cada una de las variables que integran el cálculo y los factores que las definen.

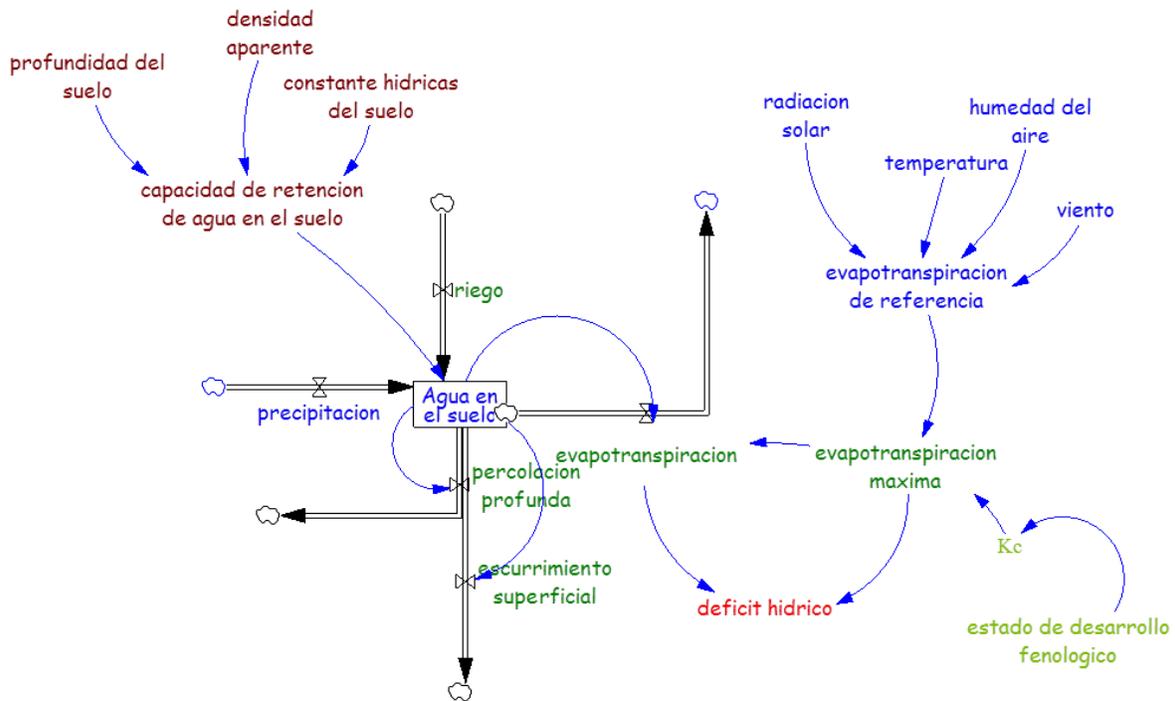


Figura 7. Diagrama de la estructura del modelo de balance hídrico utilizado (elaboración propia, 2016).

3.2.1.a Precipitación efectiva

Este parámetro se define como la fracción de la precipitación total utilizada para satisfacer las necesidades de agua del cultivo; quedan por lo tanto excluidas la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo (FAO, 2000). Es esta porción la que se consideró en el balance de masas, cuyo cálculo se obtuvo a partir de la fórmula presentada a continuación (SIAR, 2000).

$$Pe = 0.6 Pt - 10 \text{ para } Pt < 70 \text{ mm}$$

$$Pe = 0.8 Pt - 24 \text{ para } Pt > 70 \text{ mm}$$

Donde

Pe = Precipitación efectiva (mm)

Pt = Precipitación total (mm)

3.2.1.b. Capacidad de retención de agua en el suelo

Cada perfil de suelo tiene asociada una capacidad de almacenamiento de agua inherente a factores físicos del suelo señalados en el esquema, la profundidad del suelo, densidad aparente y las constantes hídricas capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Esta capacidad de retención se calcula bajo la siguiente fórmula.

$$Ha = (cc - pmp) \times Da \times Z \times 0,1$$

Donde

Ha = Capacidad de retención de agua aprovechable del suelo (mm)

cc = Contenido de humedad a capacidad de campo (%)

pmp = Contenido de humedad a punto de marchitez permanente (%)

Da = densidad aparente del suelo ($\text{g} \times \text{cm}^{-3}$)

Z = profundidad de suelo (cm)

0,1 es el factor de conversión que permite expresar la humedad aprovechable en mm.

3.2.1.c. Evapotranspiración de referencia

Esta variable va depender de la temperatura media, la humedad relativa de la zona, la radiación solar y la velocidad del viento, integrados en la siguiente fórmula:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Donde:

Et_o = evapotranspiración de referencia (mm/día)

R_n = radiación neta en la superficie de cultivo ($\text{MJ M}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

R_a = radiación extraterrestre (mm día^{-1})

G = flujo del calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

T = temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u₂ = velocidad del viento a 2 m de altura (m s^{-1})

e_s = presión de vapor de saturación (kPa)

e_a = presión real de vapor (kPa)

$e_s - e_a$ = déficit de presión de vapor (kPa)

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹)

γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹) (Allen et al. 2006)

3.2.1.d. La evapotranspiración máxima (E_{tm})

Corresponde a la transferencia de agua desde un cultivo hacia la atmósfera, bajo condiciones no estresantes de agua en el suelo. Se determina a partir de la evapotranspiración de referencia (E_{to}) y el K_c (coeficiente de cultivo), que depende de la etapa fenológica del cultivo (Santibáñez et al., 2015). Se puede calcular la E_{tm} a partir de la siguiente fórmula:

$$E_{tm} = K_c \times E_{to}$$

Donde:

E_{tm} = evapotranspiración máxima

E_{to} = evapotranspiración de referencia

K_c = coeficiente de cultivo dependiente de su fase de desarrollo. En este caso se hizo variar mensualmente

3.2.1.e. Evapotranspiración real

Es la transferencia real de agua desde un cultivo a la atmósfera en cualquiera condición de disponibilidad hídrica en el suelo. En condiciones no estresantes, la E_{tr} tenderá a ser igual a la E_{tm}, en condiciones de déficit de agua, la humedad de suelo es insuficiente para satisfacer la demanda atmosférica, por lo tanto, la E_{tr} se verá reducida por debajo de la E_{tm} hasta llegar a 0 en un suelo completamente seco. Por razones de simplicidad, en este balance se ha supuesto que se verá limitada por el contenido de agua disponible en el suelo, por lo cual el valor de E_{tr} será el mínimo entre la E_{tm} y la real disponibilidad de agua en el suelo. Por lo tanto, en este balance se ha supuesto que la E_{tr} toma el valor del contenido de agua del suelo, cuando este es inferior a la E_{tm}.

El contenido de agua en el suelo depende de la capacidad de retención de este, de la precipitación que ingresa en cada intervalo de tiempo y del riego aplicado en el mismo intervalo. Dependiendo si la capacidad de retención de agua el suelo se ve superada, se van a generar pérdidas por percolación profunda y escurrimiento superficial. Estas dos últimas variables dependen fuertemente del sistema de riego usado.

3.2.1.f. Balance hídrico integrado

Se realizaron balances hídricos de las 136 especies agrícolas consideradas, para las 5 comunas de la provincia del Limarí, los cuales se calcularon mes a mes durante toda la temporada, lo que permitió calcular la demanda de riego (R_i) para cada mes del año, para cada cultivo y en cada sector de la cuenca (comuna). Posteriormente se integraron los resultados, mediante la doble suma de los resultados en el tiempo y espacio.

Se utilizó el siguiente protocolo para estimar el requerimiento hídrico integrado de la cuenca:

$$f(x) = \sum_{s=1}^S \sum_{c=1}^c \text{Requerimiento de riego}$$

Donde:

S= sector de riego (Comuna)

C= cultivos

F(x) representa la curva integrada de demanda “territorial” de agua integrando las demandas al interior de cada comuna

Para esto se utilizaron 3 matrices de información a nivel comunal: uso de suelo, clima, y coeficiente de cultivos (k_c), que posteriormente fueron procesadas por el programa “CUENCAS”, diseñado en el Centro AGRIMED.

La matriz de uso de suelo, contiene la superficie regada de cada especie en cada comuna según lo consignado en los censos agropecuarios. Ella incorpora 136 especies agrícolas existentes en Chile. Una segunda matriz, incluye las precipitaciones y la evapotranspiración de referencia para los 12 meses del año, además contiene valores de densidad aparente y las constantes hídricas del suelo (capacidad de campo y punto de marchitez permanente de los suelos de cada comuna). Finalmente, la tercera matriz que ingresa al modelo contiene tabulados los k_c , meses de inicio y termino del ciclo de vida de los cultivos y la profundidad de raíces específicas para cada especie.

Una vez obtenidas y validadas las matrices, estas fueron editadas en formato texto, para procesadas por el programa CUENCAS, donde se generaron matrices de demanda de agua por especie, por comuna para los 12 meses del año en evaluación, los cuales fueron sometidos a un posterior análisis comparativo entre los cuatro escenarios 1965, 1976, 1997 y 2007.

En el cuadro 1 se muestra un ejemplo del balance hídrico que el sistema realiza para cada cultivo y localidad.

Cuadro 1: Balance hídrico realizado por el sistema para las 246.3 hectáreas de ají presentes en la comuna de Ovalle, registrado en 1965 (elaboración propia, 2016).

Mes	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Fenologia	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Praíz	22	31	39	46	50	50	50	50	50	50	50	50
PP	8	4	1	0	0	0	1	8	17	40	32	21
Pe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	9	3
Eto	87	117	144	159	162	150	123	96	69	57	57	66
Kc	0.78	1.05	1.00	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Etm	68	123	144	127	16	15	12	10	7	6	6	33
R1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12
Hd	0	0		0	0	0	0	0	0	14	18	14
Etr	0		0	0	0		0	0	0	6	6	14
R30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12	0
Déficit	68	123	144	127	16	15	12	10	7	0	0	19
Exced	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Praiz: profundidad de la raíz (cm)

Pe: precipitación efectiva (mm)

R1: retención de agua en el suelo el día 1 (mm)

Pp: precipitación (mm)

Hd: humedad de déficit (mm)

Excedente de agua (mm)

Etm: evapotranspiración máxima (mm)

Cret: capacidad de retención (cm)

Eto: evapotranspiración de referencia (mm)

R30: retención de agua en el suelo el día 30 (mm)

Déficit de agua en el suelo (mm)

3.2.g. Oferta de agua y derechos de aprovechamiento

Para poder contrastar la demanda de agua integrada, se calculó la sumatoria de los caudales medios mensuales de los principales cauces presentes en la cuenca y a su vez, se cuantificó la totalidad de derechos de aprovechamiento de agua del tipo consuntivo concedidos correspondientes a la provincia del Limarí. La oferta hídrica mensual en la cuenca se calculó a partir de la suma caudales medios mensuales de caudales correspondientes a los ríos Huatulame, Hurtado y Grande comprendidos entre los años 1963 y 2012 (DGA).

Una vez obtenidos los valores de oferta hídrica total para cada año recopilado, estos fueron ordenados en deciles desde los periodos menos lluviosos, a los que presentaban mayores precipitaciones para luego proponer 3 escenarios de disponibilidad de agua durante la temporada, uno no restrictivo, uno medio y uno restrictivo, correspondientes al valor mayor del primer decil, el valor medio del quinto decil y al valor inferior del décimo decil respectivamente. La intención fue comparar el comportamiento de la demanda con la estacionalidad de la oferta de agua en base a los caudales.

Por otra parte, utilizando los registros de la DGA relativo a los derechos de aprovechamiento de agua otorgados en la región de Coquimbo, se realizó una sumatoria de la media anual de cada derecho de tipo consuntivo presente en la provincia del río Limarí, con la finalidad de obtener un valor que represente a la demanda de agua potencial en la cuenca.

El objetivo de la obtención de estos valores es generar tres curvas, de oferta de agua, de demanda potencial de agua y otra de demanda real de agua en la cuenca, para poder integrarlas y realizar un posterior un análisis que permita esquematizar el escenario hídrico en el que se encuentra la agricultura de riego en la cuenca del Limarí. Los datos se establecieron a escala mensual, con el objeto de simplificar los resultados y así poder comparar los distintos escenarios que se plantean a partir de censos agropecuarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Demanda histórica del recurso hídrico en la cuenca

Los resultados de este estudio muestran cómo ha evolucionado la demanda de agua en función de la superficie agrícola de riego cultivada, desde el año 1965 al año 2007, último censo nacional agropecuario. En la Figura 8 está representada la variación de la superficie agrícola de riego cultivada durante los años de estudio, donde se observa un claro quiebre en la tendencia entre los años 1976 y 1997, atribuible por un lado a la falta de información debido a la ausencia de un censo nacional agropecuario para la década del 80, y por otra parte a un cambio en el mercado de las explotaciones agrícolas, donde los cultivos anuales, que fueron de gran relevancia hasta los 70 perdieron rentabilidad, mientras que los huertos frutales fueron los más rentables de las últimas décadas, debido al impacto que generó la apertura hacia el mercado internacional (CORFO, 1998). Esto puede verse reflejado en los resultados donde para 1976, la superficie de huertos frutales correspondía a 4.445 hectáreas (incluyendo uva de mesa y huertos caseros), mientras que en el caso de 1997 ya existían 15.117 hectáreas, indicando un aumento del 352% (Figura 9).

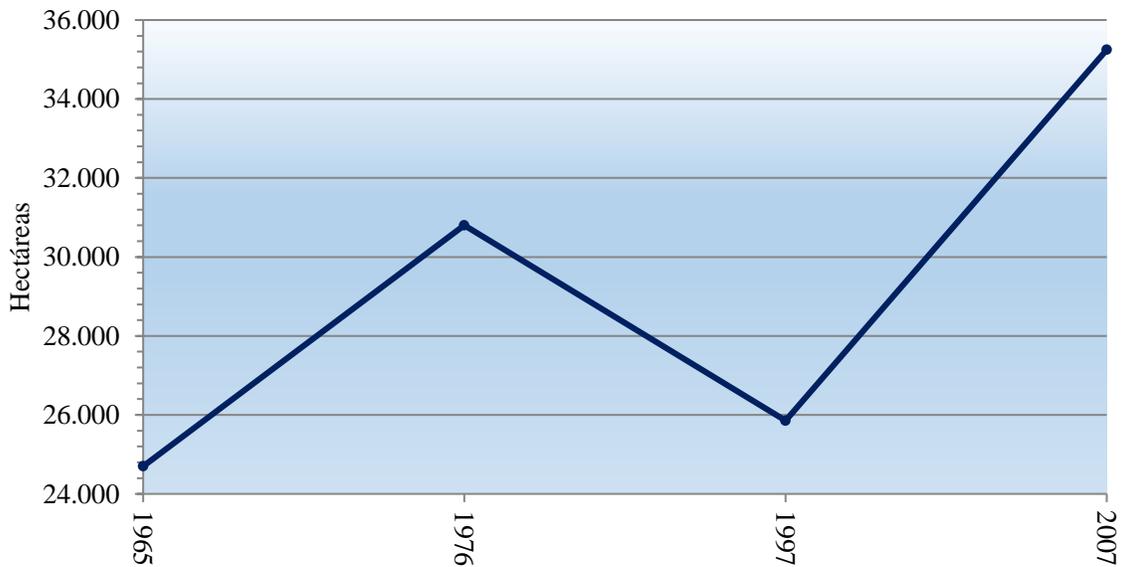


Figura 8. Superficie total regada en la cuenca del río Limarí desde el año 1965 al 2007 (elaboración propia, 2016)

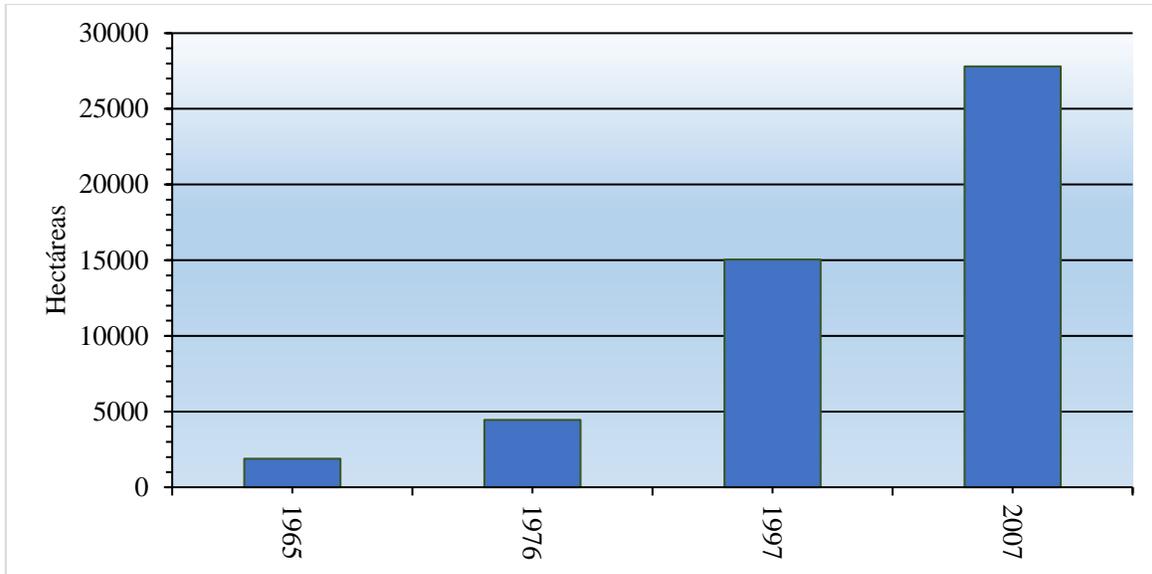


Figura 9. Superficie frutal regada en los periodos 1965-2007 (elaboración propia, 2016)

Los valores del último censo registrado en 2007, indican que la demanda neta ha aumentado considerablemente con respecto al registro de 1965, existiendo una demanda de 15.000 miles de m³ por sobre este último en el mes de diciembre (Figura 10). Por otra parte, la predominancia de huertos frutales que existe en los últimos dos registros, es tal que genera un cambio en los patrones de demanda, reflejado durante la temporada.

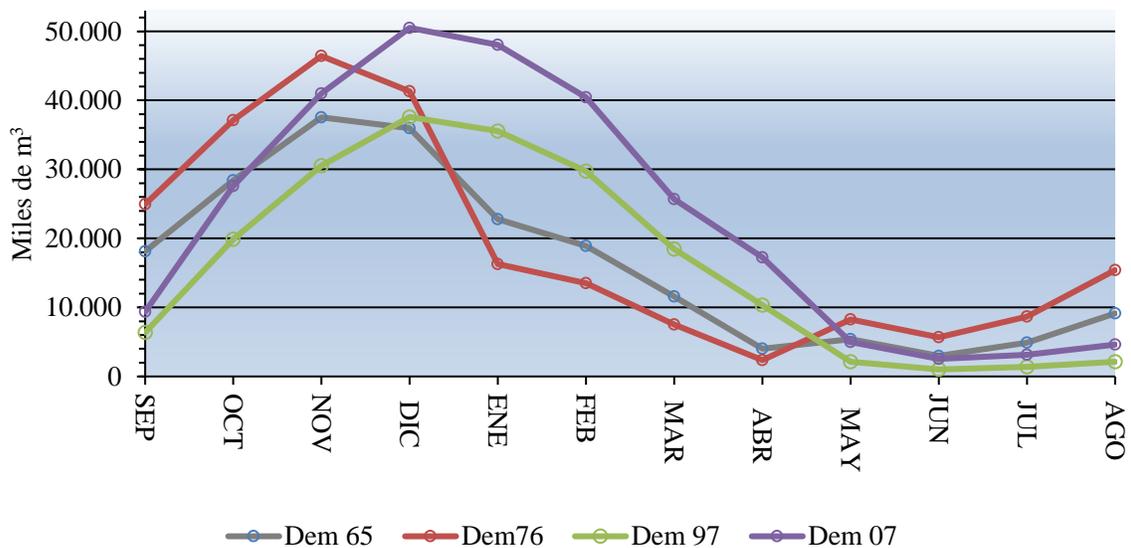


Figura 10. Demanda de agua mensual neta integrada de la cuenca (elaboración propia, 2016).

Respecto al riego la situación es un poco distinta, ya que este cambio en las explotaciones agrícolas trajo consigo una adaptación tecnológica que permitió aumentar la eficiencia de riego (Jaramillo, 2001), por lo que en este trabajo los cultivos fueron ponderados con una eficiencia del 60%, lo que implica una mayor lámina bruta a aplicar en comparación a los riegos tecnificados utilizados en frutales, la cual consta de un 90% de eficiencia, lo cual implica una menor cantidad adicional del recurso hídrico para cubrir la demanda.

En la Figura 11 se aprecia que entre septiembre y enero el riego a aplicar es mayor en el caso del escenario 1976 en comparación con el escenario 2007, superando los 70000 miles de m³ en el mes de noviembre. Sin embargo, el cambio que se observa en las curvas 65-76 a 97-07 indica una extensión del periodo de mayor demanda del agua para regadío en los últimos registros, detalle que debe ser analizado con la estacionalidad de oferta del recurso durante la temporada. Esta extensión que va desde septiembre a marzo en los escenarios 1997 y 2007 debido a la predominancia del establecimiento frutícola en la cuenca, según datos del Censo nacional agropecuario y forestal (INE).

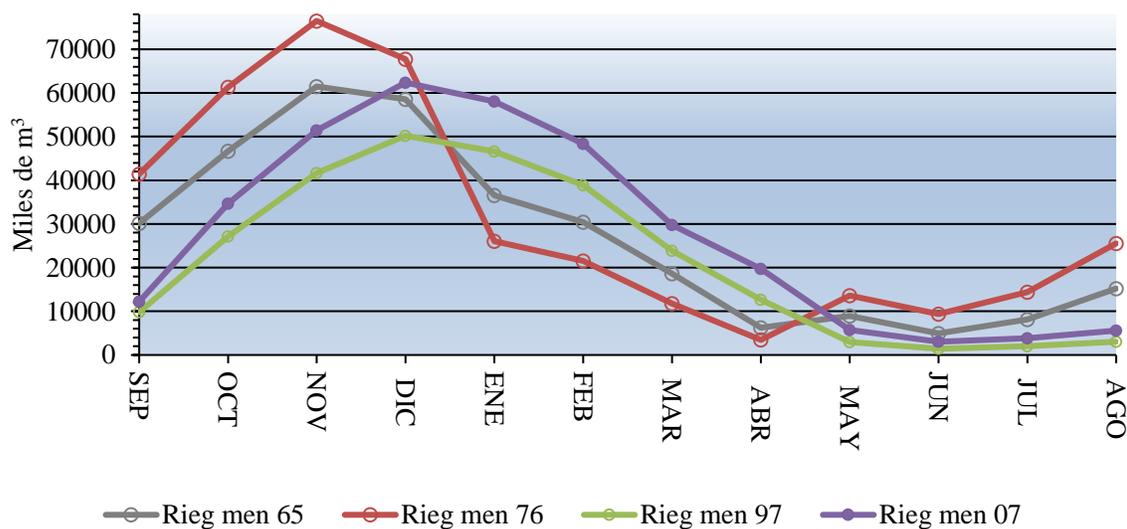


Figura 11. Requerimiento de riego mensual integrado de la cuenca (elaboración propia, 2016).

Las Figuras 12 y 13 representan la demanda acumulada mensual e integrada respectivamente. Se observa que, a lo largo de la temporada, la demanda neta de agua es mayor en los escenarios más actuales donde existe una predominancia de establecimientos frutícolas.

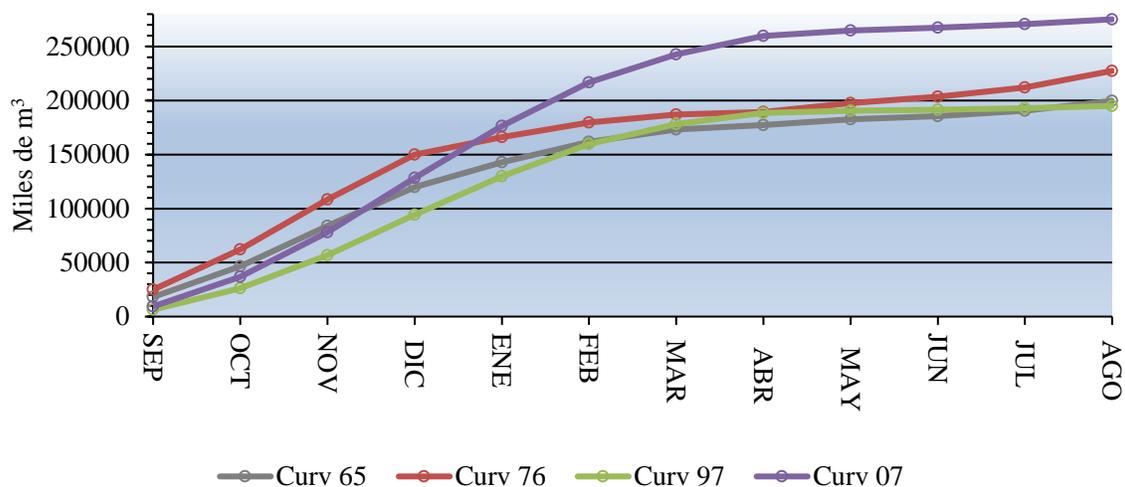


Figura 12. Demanda acumulada durante la temporada (elaboración propia, 2016).

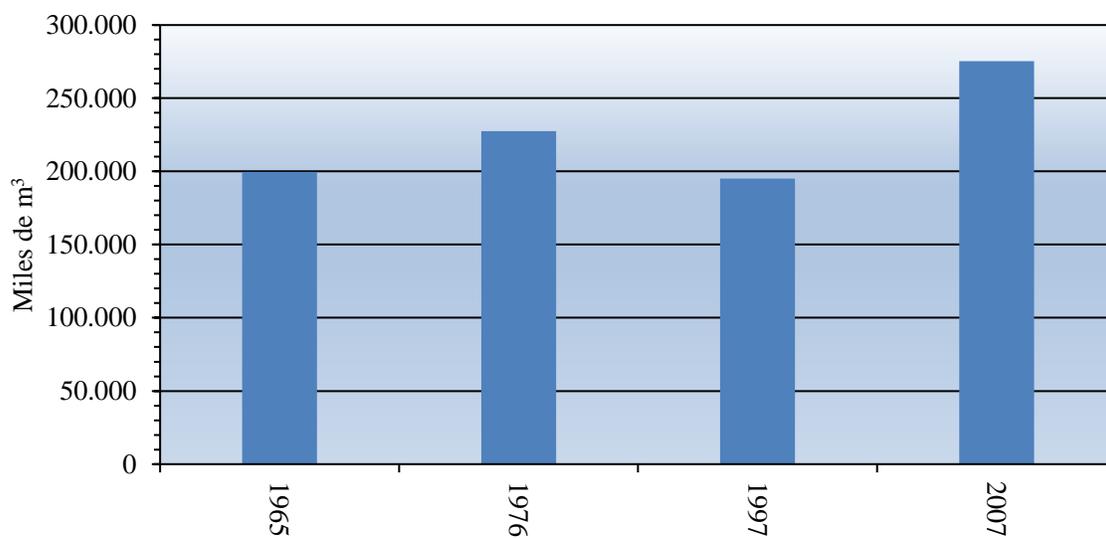


Figura 13. Demanda anual de agua de riego en la cuenca (elaboración propia, 2016).

Las Figuras 14 y 15 presentan la situación de riego acumulado, donde las principales diferencias entre los escenarios 65-76 y 97-07, es el desarrollo tecnológico relativo a la eficiencia de riego, donde el caso de 2007 con 35.247,3 hectáreas cultivadas tiene un menor uso del recurso en comparación al escenario 1976, el cual, con 31.056,63 hectáreas de superficie cultivada, su consumo supera los 350.000 miles de m³ durante la temporada.

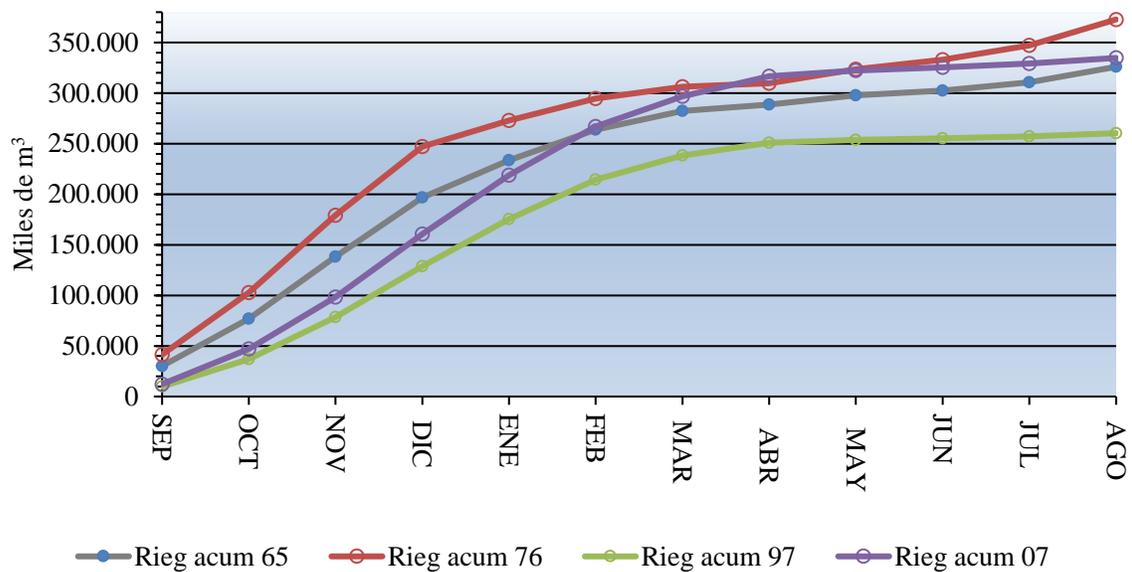


Figura 14. Requerimiento de riego acumulado durante la temporada (elaboración propia, 2016).

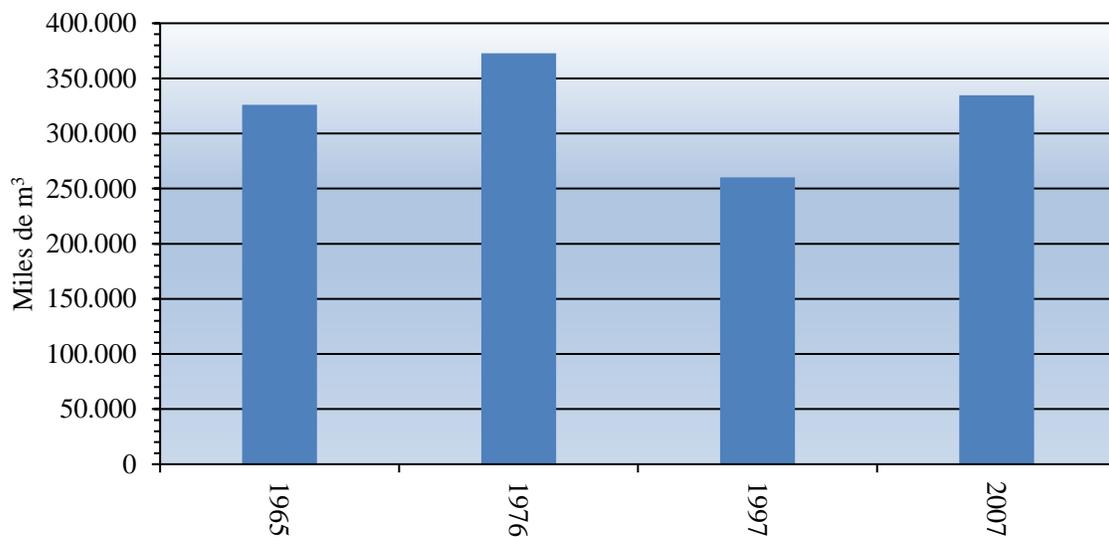


Figura 15. Requerimiento anual de riego (elaboración propia, 2016).

4.2. Discusión

4.2.1. Oferta versus demanda, derechos de aprovechamientos de agua

La demanda neta mensual de agua por la agricultura de la cuenca fue determinada en base al uso del suelo reportado en los censos agropecuarios y forestales en cuatro diferentes periodos desde 1966 y el uso de un modelo con capacidad para integrar espacialmente las demandas netas de agua. Adicionalmente, se estimaron los cambios en la tecnología de riego durante los últimos 4 censos, lo que permitió estimar las demandas de riego en los 4 periodos analizados. Para hacer un análisis más preciso sobre la relación oferta/demanda del recurso, se recurrió a datos de caudales históricos y derechos de aguas concedidos en la cuenca que datan de los últimos 50 años, según registros de la Dirección General de Aguas. El total derechos del tipo consuntivo marcan un límite superior en la demanda del recurso, representando la demanda potencial por agua en la cuenca. En cuanto a la oferta, esta se establece en 3 escenarios, uno no restrictivo, uno medio y uno restrictivo, descritos en la sección de método del presente trabajo.

Los resultados sugieren que la cuenca está sometida a una sobredemanda de agua, aún por sobre los derechos otorgados. Esta situación es especialmente notable en los escenarios 1976 y 2007, donde la curva de demanda pasa claramente por sobre el techo de los derechos otorgados durante el periodo del año de mayor consumo (Figuras 16, 17 y 18). Esta situación puede deberse mayormente a dos causas. La primera de ellas puede originarse en el suplemento en la disponibilidad de agua que representan los pozos no inscritos o bien, sobreexplotados más allá de sus derechos. La segunda causa puede radicar en la práctica de un subriego en aquellos rubros más rentables que soportan un cierto deficit hidrico sin quedar fuera de competitividad. Probablemente ambas causas operan para explicar este desajuste entre demanda real y derechos de agua. Esta situación empeora si se evalúan los números más actuales, donde en el escenario de 2007 se extiende el periodo en el que la demanda de agua supera a la demanda potencial de la cuenca, más aún cuando actualmente la oferta del recurso es escasa en la región y muy variable año a año. Esto demuestra una disparidad entre el desarrollo de la agricultura y el desarrollo de un marco legal que regule una efectiva distribución de los recursos hídricos, lo cual podría ser una gran desventaja para enfrentar los cambios climáticos pronosticado para la proxima mitad de siglo.

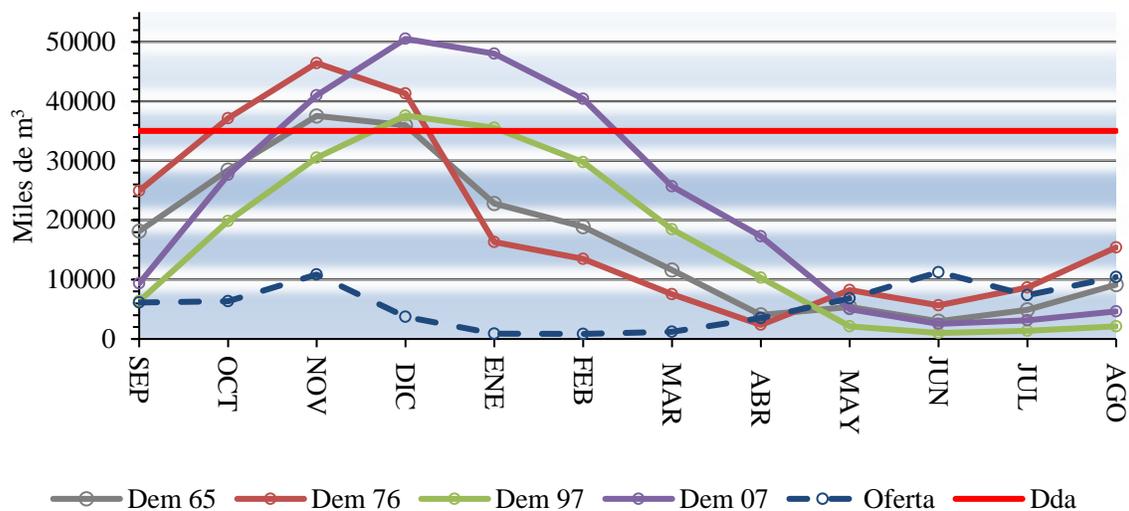


Figura 16. Oferta versus demanda, 1^{er} decil (elaboración propia, 2016).

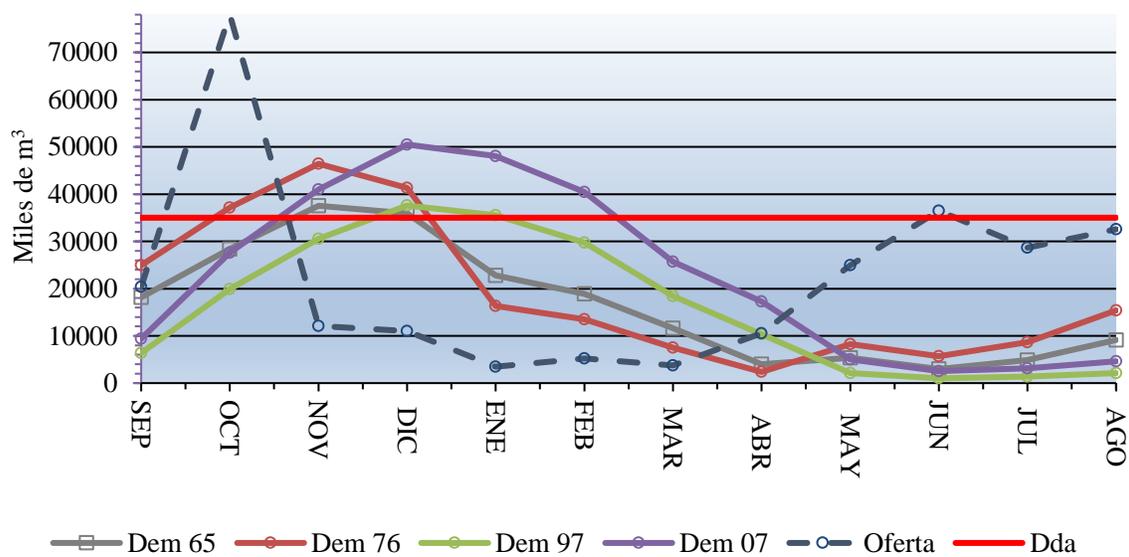


Figura 17. Oferta versus demanda, 5to decil (elaboración propia, 2016).

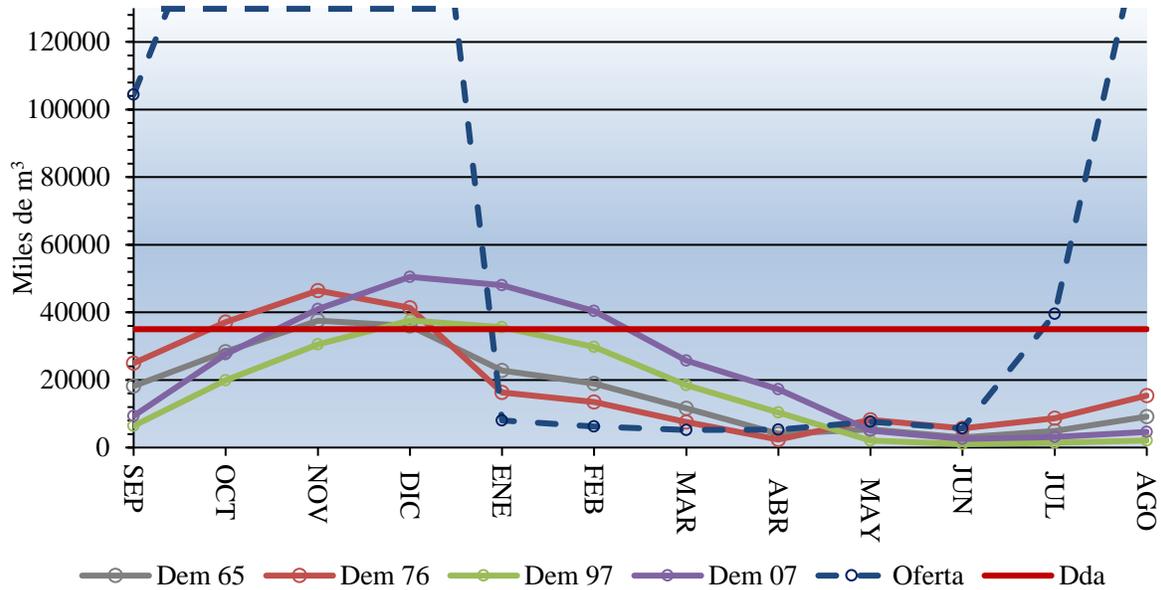


Figura 18. Oferta versus demanda 10mo decil (elaboración propia, 2016).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo reflejan que existe una necesidad de actuar de forma preventiva, haciendo proyecciones previo a la toma de decisiones. En la cuenca la superficie cultivada sigue creciendo, incluso superando las 50.000 hectáreas de las cuales un gran porcentaje corresponde a huertos frutales (Ayala, 2012), pero la disponibilidad de agua va en descenso debido a la disminución tanto del agua nival, como en la precipitaciones.

Los eventos de sequía en la cuenca del Limarí tienen un impacto importante, incluso siendo esta provincia parte de la región de Coquimbo que posee la mayor infraestructura hidráulica en Chile. Dado estos antecedentes, es importante la búsqueda de la eficiencia en el uso del recurso hídrico, reduciendo la superficie cultivada y aumentando la productividad por unidad de agua, pero esto requiere de transferencia de información y tecnología a los agricultores.

Los escenarios futuros indican que los costos por inactividad podrían ser mucho mayores que las inversiones en medidas necesarias en el sector silvoagropecuario, para adaptarse y mitigar los efectos negativos del cambio climático (ASAGRIN, 2011). Las modelaciones pueden ser una herramienta útil para generar conciencia sobre la importancia que tiene una adecuada gestión de los recursos. Existen diversos estudios relacionados con balances hídricos en regiones semi-áridas del mundo, considerando que estas zonas tienen una variabilidad climática importante que produce incertidumbre sobre la seguridad hídrica.

En Tanzania, Africa oriental, se realizó un estudio de balance hídrico para la cuenca del lago Manyara, basado en la teledetección y gravimetría, esto debido a la dificultad para la recopilación de datos in-situ, y a la falta de información existente. El conjunto de variables que componen al modelo en cuestión (J2000g) incluye datos de precipitaciones, temperatura, humedad, velocidad del viento, escurrimiento y evaporación, todos estimados a partir de la teledetección. Los valores predichos por el modelo se compararon con posteriores

observaciones in-situ, pudiendo validar la metodología, por lo que se concluyó que la que en zonas donde la información empírica es escasa, se pueden realizar estimaciones mediante la teledetección (Deus, 2011). Otro ejemplo de modelación de balance hídrico que utiliza la teledetección como eje principal, es la experiencia de SudAfrica (Huges, 2005), la cual coincide en la falta de información empírica como principal argumento para utilizar técnicas de teledetección. Adicionalmente indican que para mejorar los modelos, una buena estrategia es invertir en sensores remotos, lo que permitirá mejorar la calidad de la base de datos de entrada del modelo pudiendo complementar con los datos satelitales. Este estudio concluye a su vez, que la teledetección como alternativa en zonas con baja disponibilidad de datos de terreno, permite simular el comportamiento hídrico durante la temporada, clave en la gestión y toma de decisiones con respecto al recurso (Huges, 2005).

En Australia se realizó un modelo dinámico del agua (WATDYN), que permite estimar la humedad disponible en el suelo para un cultivo en particular. Los datos de entrada se componen principalmente de datos de vegetación (altura de la canopia, fenología, inicio y termino de temporada), suelo (profundidad de suelo por estratas, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, tipo de suelo, escorrentía) y atmosféricos (Precipitación diaria, nubosidad, latitud, temperatura media mensual, déficit de presión de vapor, humedad relativa, presión atmosférica, radiación solar) (Walker, 1996). El modelo es útil para sitios específicos ya que posee gran cantidad de variables en sus estimaciones, además hace un seguimiento diario de estas variables, lo que es una ventaja ante modelos que utilizan promedios mensuales, ya que con los valores medios se pierde gran cantidad de información sobre la variabilidad espacio-temporal (Walker, 1996).

Si bien, el modelo presentado en este trabajo (Cuencas) presenta valores medios mensuales, lo cual puede ser una desventaja ante la variabilidad diaria de los factores utilizados; se realizó de esta forma para esquematizar de manera simplificada la situación integrada de la cuenca, con la finalidad de dimensionar las diferencias existentes entre la demanda de agua de riego y la estacionalidad de la disponibilidad del recurso durante la temporada, además de contrastar con información de disponibilidad legal de agua, reflejado en los derechos de aprovechamiento de agua. Sin embargo, a pesar de que las condiciones de modelación sean diferentes en este trabajo y las experiencias descritas, los autores coinciden en que estas estimaciones representan una valiosa herramienta para la agricultura actual, dada la vulnerabilidad de este rubro frente a las condiciones restrictivas del recurso hídrico.

Los resultados obtenidos en este estudio son importantes para identificar como ha ido evolucionando el sector agrícola en la cuenca y su interacción con las condiciones climáticas actuales. No obstante, sólo se cuantifica la agricultura de riego, siendo este sólo un actor del total de usuarios del recurso agua en la cuenca. Es importante que el balance incluya otros usos, tales como minería, consumo humano o requerimiento ambiental, de esta forma se puede diagnosticar con una mirada más amplia, los posibles problemas en la gestión de las aguas en la cuenca, buscando soluciones que integren a todos los actores presentes, abordando áreas sociales, económicas y medio ambientales.

4.2.2. Impactos del actual Código de aguas

Para representar la oferta potencial de agua en la cuenca se utilizó un promedio anual de los derechos de aprovechamiento de agua, lo cual puede ser una desventaja al analizar la estacionalidad del recurso, sin embargo, los valores mensuales de derechos de aprovechamiento de aguas indicados por la DGA presentaron un valor mensual fijo para toda la temporada, contrastando a la disponibilidad del recurso que varía bastante durante el año y entre temporadas, esto es un indicador que representa debilidades en la actual legislación.

A finales de la década del noventa, las deficiencias del sistema chileno se dieron a conocer mejor y muchas personas se cuestionan si realmente un modelo como este podría ser aprobado por un gobierno transparente y democrático. A pesar de estos antecedentes el Código de aguas de Chile, sigue siendo un punto de referencia para los debates internacionales sobre políticas hídricas, donde sus defensores siguen exponiendo las ventajas que posee, aunque debiendo asumir una serie de debilidades. Donde se plantea si un sistema en donde el agua es considerado como un bien económico es compatible con metas más a largo plazo que conduzca a una gestión integrada de los recursos hídricos (Bauer, 2004). Chile es un país bastante heterogéneo en cuanto a la realidad hídrica, sin embargo, las herramientas y normas son homogéneas, por lo cual dar una respuesta adecuada frente a la gestión bajo contextos particulares de cada cuenca se hace con una menor eficiencia a la necesaria (Estévez, 2016).

En la zona de estudio, actualmente existe una preocupación sobre explotación de aguas subterráneas entre agricultura, minería y ciudades, producto de la deficiente tutela administrativa (Gómez-Lobos, 2001). Por lo tanto, enfrentar los cambios que vendrán producto del cambio climático implican una adecuada gestión de los recursos, por lo que se debe evaluar la legislación actual del Código de Aguas y presentar medidas que optimicen la gestión.

Según informes actuales del Banco mundial, donde se analiza el modelo chileno como referencia en la gestión del recurso, se destacan una serie de aspectos legales y organizacionales que no funcionan de la mejor forma en el actual sistema, y que debiesen ser abordados para enfrentar las emergentes situaciones de conflicto (Banco mundial, 2011). Las propuestas se presentan a continuación:

- Proteger los derechos de aguas de los grupos sociales vulnerables (Incluyendo pueblos indígenas).
- Mejorar la protección de los ecosistemas de los ecosistemas y servicios ecosistémicos (incluyendo caudales ambientales).
- Mejorar los mercados de aguas (mejorando la información y reduciendo los costos de transacción).
- Mantener la seguridad hidrológica de los derechos de agua (de tal forma que los derechos en papel correspondan a agua húmeda, ya que la discrepancia entre ambos son una creciente fuente de conflictos).

- Seguir mejorando el uso efectivo de los derechos de agua, evitando el acaparamiento y la especulación con este recurso.
- Hacer la gestión del agua subterránea más sustentable.
- Profundizar las medidas existentes para asegurar la calidad del agua.

Adicionalmente, el proyecto de ley de reforma al Código de aguas (Boletín 7543-12) del presente año, aborda la problemática administrativa del recurso y hace una serie de propuestas que podrían mejorar la realidad legislativa del recurso (Estévez, 2016). Entre estas se incluye:

- Fortalecer la DGA (para confrontar sus multiples debilidades y el hecho que muchas otras agencias de gobierno afectan el uso del agua también).
- Fortalecer las organizaciones de usuarios (especialmente las juntas de vigilancias).
- Mejorar los sistemas de información y comunicación.
- Coordinar al interior y a través de sectores (es decir, enfrentar las externalidades).
- Integrar la gestion de cuencas y promover la participación de los grupos de interés (acercamiento de cuenca, casi completamente ausente en Chile).
- Mejorar la resolución de conflictos.

Realizar las mejoras que permitan optimizar la gestión integrada de cuencas debiesen ser prioridad dentro de este decenio, con el objetivo de proveer a los usuarios de las herramientas y los recursos adecuados que permitan realizar un manejo integrado de cuencas y así enfrentar las consecuencias que está generando el cambio climático en la región de Coquimbo y el resto del país. El manejo integrado de cuencas sugiere adoptar medidas de conservación de suelos y agua, cosecha de agua en estructuras de almacenamiento y recargando fuentes de agua subterránea para incrementar los recursos hídricos potenciales y disminuir el estres mediante la diversificación de los cultivos, usando semillas genéticamente mejoradas, integrado manejo de nutrientes y de pesticidas (Suhas, 2008). Sin embargo, todas las prácticas mencionadas deben ser contextualizadas a la zona en que se quieran implementar, además se requiere de voluntad política, social y económica para hacer posible estas mejoras y de esta forma hacer factible la práctica de una agricultura competitiva y conciente con el medio ambiente, protegiendo los recursos naturales.

5. CONCLUSIONES

La cuenca del río Limarí posee un importante historial de sequías, un problema que se ve potenciado por las consecuencias del cambio climático y el aumento gradual de las demandas de agua. Esto genera un escenario incierto en cuanto a la seguridad hídrica en la agricultura y otros usos, a pesar de que la cuenca del Limarí cuenta con importante infraestructura de almacenamiento, pero que, sin una gestión adecuada, disminuyen las posibilidades de crear estrategias de adaptación a los cambios que se proyectan.

Los modelos de balance hídrico con enfoque territorial, pueden ser una herramienta importante para diagnosticar el estado hídrico de las distintas cuencas del país, cuantificando los desfases entre oferta y demanda y con esta información, planificar proyectos de mejora tecnológica y de gestión. El modelo presentado en este trabajo evidencia ciertas carencias en la gestión del recurso hídrico en el contexto de la agricultura, con una demanda creciente y que se extiende durante la temporada, incluso superando a la demanda potencial de la cuenca, lo que contrasta con las proyecciones sobre la seguridad hídrica en la Región que sugieren una menor disponibilidad futura del recurso. Sin embargo, es posible aumentar el alcance de esta herramienta de diagnóstico, incluyendo los distintos usos del agua presente en la cuenca.

Desde el punto de vista hidrológico, las diferentes fases del ciclo del agua depende de varios factores naturales y humanos, por lo tanto una cuenca no solo es una unidad hidrológica sino además, sociopolítica y ecológica, por lo que es crucial propiciar un enfoque sistémico en la búsqueda de una mejor y más justa gestión. Por lo tanto, para mejorar el diagnóstico que hace el modelo en las cuencas, es fundamental integrar a todos los actores que se hacen partícipe del uso de agua, agricultura, minería, consumo humano y medio ambiente, con la finalidad de hacer frente a conflictos entre actores y a las externalidades como la variabilidad climática que hace recurrente a las crisis del agua.

Por otro lado, la respuesta o estrategias de mitigación frente a situaciones de riesgo, deben sustentarse en un marco legal que facilite su ejecución, sin embargo, la actual normativa es insuficiente al momento de enfrentar crisis hídricas, no solo en la cuenca del Limarí, sino, en el total de cuencas del país en las que existen conflictos referidos al manejo del recurso agua. Debe existir voluntad política para realizar los cambios que permitan fortalecer a las instituciones encargadas de la gestión del recurso, promover transferencia tecnológica, capacitaciones técnicas y fortalecer las juntas de vigilancias como algunas medidas que debiesen ser consideradas en el corto plazo.

6. BIBLIOGRAFÍA

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. and M. Smith. 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 299 pp.

Allen, R., Walter, I., Eliot, R., Howell, T., Itenfisu, D. and M. Jensen. 2005. The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration of the Environmental and Water Resources Institute. Virginia, Estados Unidos. 59 pp.

Artículo N°595. Código Civil. Santiago, Chile, 1998.

Asesorías Agrícolas y Agroindustriales (ASAGRIN). 2011. Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile. Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED), Universidad de Chile. Ministerio del Medio Ambiente, (MMA) y Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Santiago, Chile. 300 pp.

Ayala, L. 2012. Estrategia nacional de los recursos hídricos. Santiago, Chile. Ministerio de obras públicas, Gobierno de Chile.

Barrientos, E. 2007. Impacto de la Reforma al Código de Aguas en la constitución originaria de derechos de aprovechamiento de aguas, en la Región de Los Lagos y Región de Los Ríos. Memoria Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Valdivia, Chile. 41pp

Banco Mundial. 2011. Chile Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. Departamento del medioambiente y desarrollo sostenible. 92 pp.

Bascope, J. 2013. Estudio: “Cambio Climático Impacto en la Agricultura Heladas y Sequía”. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 36 pp.

Bauer, C. 1997. Bringing water markets down to Earth: The political economy of Water Rights in Chile, 1976-95. *World Development* 25(5): 639-656.

Bauer, C. 2004. Canto de sirena, el derecho de aguas chilenos como modelo para las reformas internacionales. Chile. 31-109 pp.

Bauer, C. 2015. Water conflicts and entrenched governance problems in Chile market's model.

Bauer, C 2016. Conflictos de agua y problemas de gobernanza en Chile. Video grabación producida por Planeta agronómico. Santiago, Chile. 52:03 min.

Beekwilder, N.; Ercan, M.; Goodall, J.; Humphrey, M. 2012. Calibration of watershed models using cloud computing. Chicago, IL. E- Science.

- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 2015. Situación de sequía en el país. 5pp.
- Burt, C., Styles, S. 1999. Modern water control and management practices in irrigation impact on performance. Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 211 pp.
- Boutraa, T. 2010. Improvement of Water Use Efficiency in Irrigated Agriculture: A Review. *Journal of Agronomy* 9 (1): 1-8.
- Corporación de fomento de la producción, 1998. Sector Agropecuario Nacional - Evolución Reciente y Proyecciones. CORFO, Santiago, Chile.
- CEAZA. 2005. Levantamiento de situación base para el Programa Territorial Integrado, Cuenca Limarí, IV Región de Coquimbo. Informe Final. 113 pp.
- Deus, T., Gloaguen, R., Krause, P. 2011. Water balance modelling in a semi-arid environment with limited in-situ data: remote sensing coupled with satellite gravimetry, Lake Manyara, East African Rift, Tanzania. Department of Geoinformatics, Hydrology and Modelling, Friedrich-Schiller-University, Jena, Germany. 56pp.
- Dirección General de Aguas (DGA). 2010. Precipitación mensual, periodo 1912-2010.
- Dirección General de Aguas (DGA). 2012. Caudales medios mensuales, periodo 1963-2012. [en línea]. Santiago, Chile. Recuperado en http://documentos.dga.cl/FLU434_v5.pdf Consultado 20 de junio de 2016.
- Dirección General de Aguas (DGA). 2016. Derechos concedidos IV región de Coquimbo. [en línea]. Santiago, Chile. Recuperado en http://www.dga.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx Consultado el 20 de junio de 2016.
- Dirección General de Aguas (DGA). 2004b. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del río Limarí. Ministerio de obras públicas. Disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Limari.pdf . Visto octubre 2014.
- Donoso, G. 2003. Mercados de Agua: Estudio de Caso del Código de Aguas de Chile de 1981. Departamento de Economía Agraria, Pontificia Universidad Católica de Chile. 44 pp.
- Estévez, C. 2016. Proyecto de ley de reforma al Código de Aguas. Boletín 7543-12. Dirección General de Aguas. Santiago, Chile. 28 pp.
- Fuster, R., Gonzáles, L., Morales, L., Cerda, C., Hernández, J., Sotomayor, D., Lillo, G., Gonzáles, M. y C. Escobar. 2009. Estudio gestión integrada de los recursos hídricos en Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 269 pp.
- Galleguillos, C. 2013. La responsabilidad de los titulares de Derechos de Aguas en la gestión hídrica por las organizaciones de usuarios de aguas. Dirección General de Aguas. Santiago, Chile. 39 pp.

- Gómez-Lobo, A. y R. Paredes. 2001. Mercado de derechos de agua: Reflexiones sobre el proyecto de modificación del Código de Aguas. *Estudios Públicos* 82: 83-104.
- Hearne, R. y K. Easter. 1997. The economic and financial gains from water markets in Chile. *Agricultural Economics* 15: 187-199.
- Huges, D. 2005. Modelling semi-arid hydrology and water resources- the Southern African experience. Institute for water research. Rhodes University. South Africa. 19 pp.
- Instituto nacional de estadísticas. 1965. Censo agropecuario y forestal. Santiago, Chile. Superficie de las explotaciones agropecuarias con tierra por uso de suelo, según región, provincia y comuna.
- Instituto nacional de estadísticas. 1976. Censo agropecuario y forestal. Santiago, Chile. Superficie de las explotaciones agropecuarias con tierra por uso de suelo, según región, provincia y comuna.
- Instituto nacional de estadísticas. 1997. Censo agropecuario y forestal. Santiago, Chile. Superficie de las explotaciones agropecuarias con tierra por uso de suelo, según región, provincia y comuna.
- Instituto nacional de estadísticas. 2007. Censo agropecuario y forestal. Santiago, Chile. Superficie de las explotaciones agropecuarias con tierra por uso de suelo, según región, provincia y comuna.
- Jaramillo, C., Squeo, F., Arancio, G. 2001. Libro Rojo de la flora nativa y sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo. Capítulo 14, Evolución agraria en la Región de Coquimbo: Análisis contextual para la conservación de la vegetación nativa. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 225-237pp
- Jensen, M., Burman, R. and R. Allen. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. *ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice* N°70. 332 pp.
- López, A. Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina. Vol. 1. Santiago, Chile: CEPAL, 2015. 7-47pp. en línea. 27 junio 2016.
- Meza, L., Soza, S. y P. Valle. 2011. Apoyo al Diseño e Implementación de un Modelo de Gestión del Riesgo Agroclimático. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (UNEA) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Santiago, Chile. 86 pp.
- Ministerio de agricultura. 1962. Ley N°15.200. Fija Texto de la Reforma Agraria. República de Chile, Santiago, Chile. 27 de noviembre de 1962.
- Ministerio de agricultura. 1967. Ley N°16.640. Fija Texto de la Reforma Agraria. República de Chile, Santiago, Chile. 28 de julio de 1967.
- Ministerio de Justicia. 1981. Decreto con Fuerza de Ley N° 1.222 Fija Texto del Código de Aguas. República de Chile, Santiago, Chile. 13 de agosto de 1981.

Ministerio de Obras Públicas. 2008. Evaluación de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del río Limarí. Informe técnico. Departamento de administración de recursos hídricos. Santiago, Chile.

Ministerio de Obras Públicas. 2009. Actualización y complementación de información de organizaciones de usuarios. Informe final. Tomo I. Departamento de administración de recursos hídricos. Santiago, Chile.

Naciones unidas, Comisión económica para América Latina y el Caribe, CEPAL.2012. La economía del cambio climático en Chile. Vol. 1. Santiago, Chile: Naciones unidas. 123 pp.

Norero, A., Bonilla, C. 1999. Las sequías en Chile: causas, consecuencias y mitigación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 128 pp.

Ojeda, M. 2003. Las organizaciones de usuarios de aguas en la legislación chilena y comparada. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Valdivia, Chile. 200pp.

Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002. Agua y Cultivos: Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Roma, Italia. 1 pp.

Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2013. Afrontar la escasez de agua: Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Roma, Italia.78 pp.

Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).2000. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. FAO. Estudios Riegos y Drenajes n° 46. 24 pp.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 2013. Educación sobre el cambio climático para el desarrollo sostenible. Iniciativa de la UNESCO sobre el cambio climático. Paris, Francia. 34 pp.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 2013. Water for people, water for life. Executive Summary of the UN World Water Development Report. Paris, Francia. 4 pp.

Pouget, M., Aviedes, E., Hamelin, P.1996. Ambiente árido y desarrollo sustentable: La Provincia de Limarí. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Institut Francais de Recherche Scientifique pour le développement en Coopération. 234pp

Santibáñez, F., Santibáñez, P., Caroca, C., González, P., Huiza, F., Perry, P., Melillán, C.2015. Evapotranspiración de referencia, para la determinación de la demanda de riego en Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Centro de agricultura y medio ambiente, AGRIMED. Santiago, Chile. 108 pp.

Soza, S. y L. Meza. 2010. Gestión del Riesgo de Sequía y otros Eventos Climáticos Extremos en Chile: Estudio Piloto sobre Vulnerabilidad y la Gestión Local del Riesgo. Informe Región

de O'Higgins. Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Santiago, Chile. 128 pp.

Sistema de Información Agroclimática para el Regadío. Cálculo de precipitación efectiva. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España. 3pp.

Steiner, A. 2011. Ministerial-level Consultations on Environmental Dimension of water Sanitation and Human Settlements. Nairobi, Kenya. UNEP. Water resources.

Stocker, T., Q. Dahe, S. Allen, J. Boschung, and A. Nauels. Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina. Suiza: WMO, UNEP, 2013. 2-15 pp. en línea. 27 junio 2016.

Suhas, P., Kaushal, K. 2008. Watershed management concept and principles. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Andhra Pradesh, India. Patancheru 502 324.

United Nations Environment Programme (UNEP). 2014. Eficiencia en el uso del agua y la energía. Conferencia Anual 2014 de ONU Agua en Zaragoza. Nota informativa. Zaragoza, España. 7 pp.

Valdés-Pineda, R., Pizarro, R., García-Chevesich, P., Valdés, J., Olivares, C., Vera, M., Balocchi, F., Pérez, F., Vallejos, C., Fuentes, R., Abarza, A. y B. Helwig. 2014. Water Governance in Chile: Availability, management and climate change. *Journal of Hydrology* 519: 2538-2567.

Vergara, A. 2011. Administración y distribución de las aguas en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía y Forestal. Santiago, Chile. 4pp.

Vergara, A. 1997. La libre transferibilidad de los Derechos de Agua. El caso chileno. *Revista Chilena de Derecho* 24(2): 369-395.

Wallace, J. 2000. Increasing Agricultural Water Use Efficiency to Meet Future Food Production. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 82: 105-119.

Walker, B., Langridge, J. 1996. Modelling plant and soil water dynamics in semi-arid ecosystems with limited site data. *Ecological modelling*. Elsevier. 15 pp.

Yaksic, A., Villanueva, L., Ormazábal, B., Sánchez, J. y N. Alvear. 2014. Control del Riesgo Agroclimático y de las Emergencias Agrícolas. Unidad Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático (UNEA). Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile, Santiago, Chile. 63 pp.

7. ANEXOS

Anexo 1: Precipitación mensual (mm), periodo 1912 – 2010. Estación Ovalle.

FECHA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1912	0,0	0,0	0,0	0,0	60,5	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	73,2
1913	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	22,5	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5
1914	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	175,5	48,6	9,5	47,5	0,0	21,5	0,0	307,6
1915	0,0	0,0	0,0	0,0	77,1	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,2
1916	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	2,0	20,0	0,0	2,0	0,0	34,0
1917	0,0	0,0	0,0	2,0	10,5	46,0	6,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	74,5
1918	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	32,5	0,0	48,7	1,0	0,0	0,0	108,2
1919	0,0	0,0	0,0	0,0	185,8	73,0	96,0	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	367,5
1920	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9	16,4	5,0	5,1	0,0	3,5	0,0	0,0	58,9
1921	0,0	0,0	0,0	0,0	117,8	40,1	0,4	9,3	0,3	0,0	0,0	0,1	168,0
1922	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,8	15,5	74,3	16,4	0,0	0,0	0,0	162,0
1923	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,5	71,2	35,6	0,0	1,4	0,0	0,0	130,7
1924	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	1,5	3,0	20,2	0,9	0,0	0,0	0,0	25,9
1925	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	42,2	0,8	0,2	27,5	0,0	0,0	71,1
1926	0,0	0,0	0,0	0,0	35,5	158,3	114,4	30,4	8,1	0,0	0,0	0,0	346,7
1927	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	94,5	13,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	128,5
1928	0,0	0,0	0,0	14,0	22,0	67,9	49,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	154,4
1929	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	121,8	14,0	3,5	5,0	0,0	0,0	0,0	144,3
1930	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	66,5	58,0	139,0	8,5	0,0	0,0	0,0	273,5
1931	0,0	0,0	0,0	17,0	2,5	45,5	36,5	17,0	29,0	0,0	4,0	0,0	151,5
1932	0,0	0,0	0,0	0,0	46,0	69,5	13,5	27,5	0,0	0,0	0,0	9,0	165,5
1933	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	32,5	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	52,1
1934	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	51,3	0,0	6,0	2,5	2,5	0,0	0,0	160,3
1935	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	46,3	34,5	9,5	0,0	9,0	0,0	0,0	102,8
1936	0,0	0,0	0,0	1,0	15,5	7,5	47,2	10,5	0,0	1,0	0,0	0,0	82,7
1937	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	33,7	35,0	40,2	6,4	0,0	0,0	0,0	116,4
1938	0,0	0,0	0,0	0,0	34,5	26,2	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,6
1939	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	39,0	4,9	0,0	10,4	32,1	0,0	26,8	116,9
1940	0,0	0,0	0,0	0,4	10,2	73,4	59,7	45,2	0,6	0,0	0,0	0,0	189,5
1941	0,0	0,0	0,0	3,1	82,9	20,2	53,7	75,4	0,0	0,0	0,0	0,0	235,3
1942	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	35,1	23,1	36,0	5,0	28,0	3,4	0,0	146,1
1943	0,0	0,0	1,4	0,0	11,0	45,0	13,0	56,0	3,0	0,0	0,0	0,0	129,4
1944	0,0	2,5	0,0	15,0	24,0	112,0	4,0	50,0	0,0	3,0	0,0	0,0	210,5
1945	0,0	52,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	30,6	7,0	0,0	0,0	0,0	90,6
1946	0,0	0,0	0,0	4,0	34,0	73,0	3,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	124,0
1947	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	24,0	10,0	0,0	5,0	0,0	0,0	47,0
1948	0,0	0,0	0,0	4,0	10,0	6,0	50,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,0
1949	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	25,0	81,1	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	154,1
1950	0,0	0,0	0,0	17,2	91,2	0,0	0,0	0,0	8,6	2,0	13,0	0,0	132,0
1951	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	36,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,0
1952	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	95,8	45,6	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	175,2
1953	0,0	0,0	0,0	5,3	3,3	3,0	13,4	49,5	12,2	0,0	0,0	0,0	86,7
1954	0,0	0,0	0,0	5,0	16,4	49,0	16,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	104,4
1955	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	12,7	0,0	5,8	0,0	0,0	22,9

FECHA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1956	0,0	0,0	29,8	0,0	2,1	0,7	30,0	30,6	22,1	0,0	0,9	0,0	116,2
1957	0,0	0,0	0,0	0,0	256,7	9,0	51,0	2,0	6,0	0,0	0,0	18,4	343,1
1958	0,0	0,0	2,6	0,0	1,7	42,0	33,2	42,7	5,5	6,3	0,0	0,0	134,0
1959	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	64,2	2,3	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	111,3
1960	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	21,0	2,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	31,6
1961	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,3	14,0	66,5	0,0	5,0	0,0	0,0	150,8
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,4	0,0	0,0	0,0	25,2	0,0	0,0	52,6
1963	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	29,6	50,4	32,6	91,3	0,0	0,0	0,0	220,4
1981	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	10,9	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,1
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	21,8	49,2	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	99,2
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	17,3	125,6	29,7	0,0	0,0	0,0	0,0	174,8
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,9
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,2
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	1,2	155,1	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	174,2
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	20,3	61,2	0,0	0,0	0,0	0,0	86,8
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	26,2	1,5	2,7	0,0	0,0	0,0	33,5
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	97,8	32,8	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	137,3
1992	0,0	0,0	26,6	11,1	7,1	174,0	0,2	48,6	1,4	0,0	2,1	0,0	271,1
1993	0,0	0,0	0,0	12,1	27,8	0,6	21,5	3,5	1,0	0,0	0,0	0,0	66,5
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	25,2	11,0	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	40,3
1995	2,4	0,0	0,0	0,6	0,3	7,5	16,7	2,6	0,3	0,0	0,0	0,0	30,4
1996	0,0	0,0	0,0	1,6	0,6	1,5	36,7	11,0	0,0	0,4	0,0	0,0	51,8
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	149,6	12,0	71,6	0,0	0,0	0,0	0,0	234,3
1998	0,0	0,1	0,0	2,7	0,0	7,5	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	10,6
1999	0,0	0,0	1,4	4,7	11,5	3,5	1,5	13,0	24,0	17,7	0,2	0,0	77,5
2000	0,0	9,0	0,0	0,0	10,1	88,3	12,6	0,9	52,5	0,1	0,0	0,0	173,5
2001	0,0	0,0	0,0	0,2	10,1	0,2	61,6	37,7	17,5	1,6	0,0	0,0	128,9
2002	0,0	0,1	1,3	4,5	55,8	32,7	67,5	47,2	1,2	0,0	0,0	0,0	210,3
2003	0,0	0,0	0,0	0,1	49,9	14,7	55,4	0,6	0,2	0,2	0,0	0,0	121,1
2004	0,0	0,0	4,6	7,3	0,5	12,0	61,3	38,8	0,2	0,0	0,3	0,0	125,0
2005	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8	1,5	5,4	12,6	7,9	0,7	0,0	0,0	61,9
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	23,8	42,5	0,4	9,8	3,9	0,0	0,0	81,5
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	21,3	0,0	29,2	0,0	0,0	0,0	0,0	50,6
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	23,4	27,1	52,4	2,3	0,0	0,0	0,0	119,2
2009	0,0	0,0	0,0	0,2	3,6	27,5	0,2	40,2	0,2	0,0	0,0	0,0	71,9
2010	0,0	0,0	0,0	0,0	52,2	47,0	12,0	4,3	6,1	0,0	2,3	0,0	123,9

Anexo 2: Caudales mensuales en m³, periodo 1968-1987.

AÑO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1968	3188160	2047680	1399680	673920	1529280	1114560	1477440	2099520	6324480	9616320	5857920	4639680
1969	5754240	3356640	2643840	10504080	570240	388800	492480	1010880	4289760	7380720	9130320	11968560
1995	5391360	2669760	5261760	648000	2747520	2047680	2306880	4069440	7335360	9408960	10704960	7179840
2012	8372160	2488320	1529280	1114560	1866240	1451520	1658880	5184000	9305280	10601280	9953280	11508480
1976	6117120	6350400	10860480	3732480	907200	855360	1218240	3499200	6816960	11249280	7361280	10445760
1971	5728320	2857680	1853280	5757480	6700320	1296000	1166400	1684800	5158080	13070160	13005360	21131280
1975	6920640	6168960	4432320	1555200	2177280	1607040	2099520	4587840	9097920	16200000	13867200	13893120
1996	4380480	1684800	1114560	44426880	570240	3382560	959040	1386720	1373760	3551040	12156480	9745920
1970	7529760	4250880	2332800	20023200	3894480	1114560	2099520	1723680	4665600	11262240	10018080	17068320
2010	10730880	5002560	3240000	1270080	1736640	1684800	2488320	6661440	14022720	19802880	17625600	12778560
1974	8398080	10497600	9357120	3265920	6298560	4458240	4069440	7672320	10730880	19025280	12934080	8449920
1990	9953280	8449920	4432320	2047680	7905600	5572800	5106240	7620480	11897280	13141440	19465920	10834560
1994	9460800	11249280	10238400	2047680	5598720	4639680	4898880	7594560	11638080	12078720	20995200	15448320
2011	15914880	16536960	9823680	2967840	959040	881280	1244160	2306880	6298560	28330560	19673280	17781120
1967	15629760	5520960	3654720	2695680	10679040	5624640	4821120	6091200	12441600	33307200	24105600	14126400
1999	24857280	23042880	16899840	5624640	2566080	3032640	4328640	6713280	14359680	19051200	18273600	12260160
2004	16251840	9694080	8112960	3602880	6557760	5650560	6557760	22472640	15396480	14981760	18377280	28563840
2007	16925760	24053760	22628160	10393920	3214080	3058560	4406400	8994240	14489280	23872320	19206720	16899840
2009	18843840	27254880	8242560	2941920	14385600	7387200	7698240	9797760	15707520	18144000	21384000	23742720
1989	31492800	35821440	35095680	13685760	1192320	8125920	2255040	3265920	20917440	13219200	14307840	38568960
1981	13970880	6946560	14994720	1451520	45489600	8398080	8242560	11229840	32801760	32114880	28330560	17677440
2006	17573760	20969280	17547840	7776000	36910080	21902400	15318720	14852160	17625600	21980160	31907520	25246080
1986	20373120	78058080	12078720	10990080	3473280	5235840	3758400	10523520	24986880	36469440	28693440	32555520
1964	11845440	11171520	11923200	9408960	85639680	24183360	16070400	16977600	15137280	26827200	30870720	18066240
1979	16899840	12700800	8268480	4276800	57853440	14515200	12648960	14923440	30494880	23237280	60082560	43791840

AÑO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1977	50906880	66199680	84240000	41394240	1296000	959040	1503360	3084480	6972480	7387200	48677760	36974880
2008	38050560	55546560	81881280	46785600	3525120	3628800	4950720	9434880	13996800	27293760	23703840	44867520
2005	41964480	52436160	97277760	71953920	1010880	1140480	2280960	5235840	21876480	26593920	21798720	19362240
1973	17003520	20502720	12389760	7646400	98159040	34655040	25323840	29730240	38724480	37506240	32529600	19699200
1991	60886080	50103360	86961600	64126080	1944000	1166400	1788480	2773440	5520960	54432000	43156800	34784640
2001	48911040	65966400	70787520	39942720	21565440	10419840	14048640	16640640	21332160	19051200	43675200	50829120
2003	20399040	23328000	19388160	9642240	102228480	52073280	37143360	31466880	43493760	45023040	43156800	29367360
1963	76567680	46681920	85950720	169983360	10549440	6920640	6376320	8398080	7516800	12623040	12026880	13219200
2000	62311680	95411520	84291840	66847680	2928960	2566080	2617920	6454080	13737600	34007040	48211200	42742080
1980	34603200	50284800	87687360	88076160	2592000	11132640	10095840	24429600	44530560	28226880	49636800	51166080
1993	24520320	24416640	29082240	15500160	42353280	25272000	21850560	34758720	139916160	105131520	38257920	24727680
1966	36961920	41808960	44686080	21591360	94815360	42197760	28356480	22939200	26697600	62907840	82036800	49377600
1982	65836800	66536640	139890240	146759040	907200	1218240	1529280	2669760	13271040	20321280	41057280	72498240
1985	16977600	55883520	47161440	6143040	148158720	75271680	56479680	48133440	46033920	38880000	39761280	32322240
1998	19154880	11897280	7490880	4302720	180325440	100880640	63607680	66692160	49248000	51865920	46241280	31078080
1972	65111040	76334400	119776320	224778240	9609840	1347840	1710720	3434400	3330720	54483840	39061440	62285760
1988	19103040	9849600	2514240	1788480	239967360	105805440	62130240	51917760	52176960	49533120	40383360	27423360
1978	56946240	110652480	236183040	117054720	19051200	9694080	9460800	13348800	16666560	16640640	104690880	57801600
1992	97925760	122368320	151943040	78874560	30533760	21798720	21980160	38828160	35976960	111067200	87013440	56479680
1983	66718080	143143200	185561280	122886720	63115200	29302560	24157440	38594880	32270400	35938080	155053440	103913280
1965	104379840	172575360	308992320	246706560	7983360	6194880	5209920	5313600	7672320	5702400	39553920	160185600
2002	161792640	206245440	250309440	230014080	21591360	12778560	9538560	21720960	70450560	182891520	127889280	150724800
1984	135807840	286416000	356037120	336752640	40901760	26360640	25764480	26879040	28356480	33877440	444320640	113412960
1997	249687360	236260800	395928000	504221760	18558720	4659120	1503360	1859760	3473280	178044480	65448000	281024640
1987	212155200	261377280	472780800	524957760	8683200	6505920	6557760	10704960	26153280	25116480	250387200	420474240

Anexo 3: Matriz de superficie de especies agrícolas, por comuna 1965.

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Acelga	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Achicoria	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Achicoria_ind	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ají	0.6	246,30	0,00	27,80	47,00	2,50
Ajo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Albahaca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alcachofa	0.6	7,00	0,00	0,00	0,20	0,00
Alcayota	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alfalfa	0.6	3805,30	331,70	1001,90	2055,00	226,80
Almendro	0.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Apio	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arándano	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arroz	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arveja	0.6	53,60	0,80	2,80	2,00	0,30
Avellano_europeo	0.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avena	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avena_asociada	0.6	42,80	24,10	8,00	400,00	0,00
Ballica_Inglesa	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ballicas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Berenjena	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Betarraga	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Brócoli	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Camote	0.6	6,30	0,00	2,00	0,00	4,00
Caqui	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Castaño_europeo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cebada	0.6	1046,30	81,60	5,70	908,00	18,80
Cebolla_guarda	0.6	16,60	7,40	17,80	8,70	1,30
Cebolla_temprana	0.6	45,70	22,40	55,90	4,90	2,20
Centeno	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cerezo	0.9	10,9	0,00	15,6	0,00	0,00
Chalota	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chirimoyo	0.9	95,8	0,00	46,3	0,00	0,6
Choclo	0.6	261,20	5,00	47,10	10,50	2,00
Ciboulette	0.6	0,8	0,00	0,00	0,00	0,00
Cilantro	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ciruelo_europeo	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ciruelo_japonés	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clementina	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Coliflor	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curagiüilla	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Damasco	0.6	17,50	11,40	25,90	5,60	18,60
Duraznero_fresco	0.6	18,40	25,80	160,70	5,90	34,20
Duraznero_conserver	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Espárrago	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Espinaca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Festuca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frambuesa	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frutilla	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Garbanzo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Granado	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Guindo_agrio	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Haba	0.6	44,30	0,00	31,10	10,10	0,20
Higuera	0.6	4,41	5,42	10,70	1,88	3,90
Hortalizas_miniatur	0.6	61,50	21,60	60,50	89,90	0,00
Huerta_casera	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kiwi	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lechuga	0.6	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Lenteja	0.6	0,00	0,00	1,80	0,00	0,50
Lima	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Limón_sutil	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Limonero	0.9	2,50	0,30	2,20	1,60	0,40
Lúcuma	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lupino	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maiz	0.6	677,20	78,20	201,10	277,00	50,80
Mandarina	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Manzano_rojo	0.9	0,14	0,05	0,07	0,02	0,07
Manzano_verde	0.9	0,14	0,05	0,07	0,02	0,07
Maravilla	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Melón	0.6	79,70	3,20	174,10	0,00	1,10
Membrillo	0.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mezcla_forrajera	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Moras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Naranja	0.9	6,60	2,30	15,10	3,10	2,45
Nectarino	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Níspero	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nogal	0.9	3,30	0,60	8,20	0,73	3,40
Olivo	0.9	112,28	0,16	0,18	0,37	0,22
Orégano	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Otras_chacras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_forrajeras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_hortalizas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_mezclas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_aromáticas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_medicinales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros_cereales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros_frutales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros_industriales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palto	0.9	15,10	3,92	29,20	0,80	9,00
Papa	0.6	393,90	38,80	161,90	140,90	36,20
Pasto_ovillo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pecana	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pepino_ensalada	0.6	0,00	0,00	6,00	0,50	0,00
Pepino_dulce	0.6	0,00	0,00	3,20	0,00	0,00
Peral_asiatico	0.9	1,54	4,40	2,58	2,00	3,09
Peral_europeo	0.9	1,54	4,40	2,58	2,00	3,09
Perejil	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pimiento	0.6	599,70	1,00	17,80	54,00	15,00
Pistacho	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pluots	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pomelo	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Poroto_interno	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Poroto_granado	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Poroto_verde	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Puerro	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rabanito	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rábano	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Radiccio	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Raps	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Remolacha	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Repollito_bruselas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Repollo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rúcula	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sandía	0.6	5,30	2,00	29,80	0,10	0,60
Soya	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tabaco	0.6	9,40	0,00	15,70	0,00	5,00
Tomate_interno	0.6	35,60	220,40	188,80	1,70	0,50
Tomate_industrial	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_alejandrino	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Trebol_blanco	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_ladino	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_rosado	0.6	58,20	58,00	10,90	86,10	47,50
Trigo_blanco	0.6	2402,40	1272,10	412,50	1999,60	21,80
Trigo_candeal	0.6	519,40	92,70	259,20	792,30	198,00
Triticale	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tuna	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Uva_de_mesa	0.9	4,60	1,00	14,35	0,36	3,78
Viñas_blanco	0.9	30,34	13,12	60,25	0,89	7,01
Viñas_tintos	0.9	15,17	6,56	30,13	0,45	3,51
Viñas_pisqueros	0.9	257,89	111,52	512,13	7,57	59,59
Zanahoria	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zapallo_italiano	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zapallo	0.6	5,30	3,00	1,20	0,50	0,10

Anexo 4: Matriz de superficie de especies agrícolas, por comuna 1976.

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Acelga	0.6	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00
Achicoria	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Achicoria_ind	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ají	0.6	26,40	2,40	7,80	2,00	0,00
Ajo	0.6	0,70	0,20	0,00	0,00	0,00
Albahaca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alcachofa	0.6	11,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Alcayota	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alfalfa	0.6	1350,60	80,40	270,40	847,80	696,30
Almendro	0.8	2,00	0,00	0,50	0,00	0,00
Apio	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arándano	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arroz	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arveja	0.6	21,70	4,60	26,20	18,20	0,40
Avellano_europeo	0.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avena	0.6	19,30	0,00	1,00	0,00	1,00
Avena_asociada	0.6	5,00	0,00	0,00	10,10	8,00
Ballica_Inglesa	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ballicas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Berenjena	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Betarraga	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Brócoli	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Camote	0.6	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Caqui	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Castaño_europeo	0.6	21,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cebada	0.6	394,00	103,60	25,00	235,30	13,00
Cebolla_guarda	0.6	8,20	2,90	8,80	5,60	0,90
Cebolla_temprana	0.6	65,10	12,20	23,70	17,60	2,20
Centeno	0.6	0,50	0,00	0,10	0,00	0,00
Cerezo	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chalota	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chirimoyo	0.9	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Choclo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ciboulette	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cilantro	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ciruelo_europeo	0.9	0,00	0,50	0,10	0,00	2,00
Ciruelo_japonés	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clementina	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coliflor	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curagüilla	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Damasco	0.6	3,50	6,00	12,50	0,00	17,60
Duraznero_fresco	0.6	56,00	49,70	271,00	13,10	32,30
Duraznero_conserver	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00
Espárrago	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Espinaca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Festuca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frambuesa	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frutilla	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Garbanzo	0.6	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
Granado	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Guindo_agrio	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Haba	0.6	35,30	1,00	13,90	10,10	1,30
Higuera	0.6	3,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Hortalizas_miniatur	0.6	75,80	1,90	25,70	5,20	3,00
Huerta_casera	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kiwi	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lechuga	0.6	4,60	0,00	0,10	0,10	0,00
Lenteja	0.6	0,60	0,30	3,00	0,00	13,20
Lima	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Limón_sutil	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Limonero	0.9	53,40	2,50	29,30	20,40	0,50
Lúcuma	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Lupino	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maiz	0.6	803,50	73,00	216,80	312,60	66,30
Mandarina	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Manzano_rojo	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Manzano_verde	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maravilla	0.6	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00
Melón	0.6	25,50	4,50	22,70	3,30	0,00
Membrillo	0.8	1,50	0,00	0,00	0,00	0,50
Mezcla_forrajera	0.6	176,50	0,00	1,00	706,80	0,50
Moras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Naranja	0.9	1,60	0,50	8,70	1,70	0,50
Nectarino	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Níspero	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nogal	0.9	35,50	27,00	106,90	1,00	5,90
Olivo	0.9	243,70	0,00	0,00	0,00	3,70
Orégano	0.6	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_chacras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_forrajeras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_hortalizas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_mezclas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_aromáticas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_medicinales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros_cereales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros_frutales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros_industriales	0.6	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00
Palto	0.9	46,30	13,80	31,80	0,00	13,20
Papa	0.6	297,50	16,70	92,90	89,50	22,10
Pasto_ovillo	0.6	0,00	2,50	1,00	0,10	0,00
Pecana	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pepino_ensalada	0.6	3,50	0,00	6,40	0,00	0,00
Pepino_dulce	0.6	1,50	0,00	0,20	0,00	0,00
Peral_asiatico	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Peral_europeo	0.9	0,00	1,00	3,10	0,00	2,00
Perejil	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pimiento	0.6	216,30	0,30	25,40	14,00	0,00
Pistacho	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pluots	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pomelo	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Poroto_interno	0.6	48,10	46,10	158,30	16,70	36,40
Poroto_granado	0.6	43,60	26,70	111,10	3,80	2,40

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Poroto_verde	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Puerro	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rabanito	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rábano	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Radiccio	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Raps	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Remolacha	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Repollito_bruselas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Repollo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rúcula	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sandía	0.6	13,70	6,90	45,50	2,70	0,00
Soya	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tabaco	0.6	50,30	0,00	0,00	75,60	0,00
Tomate_interno	0.6	93,70	155,40	498,90	5,90	1,50
Tomate_industrial	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_alejandrino	0.6	23,70	0,00	0,00	46,90	0,00
Trebol_blanco	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_ladino	0.6	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_rosado	0.6	31,20	3,70	4,30	10,20	1,00
Trigo_blanco	0.6	8708,60	1317,80	609,30	4534,00	108,90
Trigo_candeal	0.6	1565,40	349,80	479,90	1739,50	223,50
Triticale	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tuna	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Uva_de_mesa	0.9	39,59	6,60	64,35	4,41	8,01
Viñas_blancos	0.9	79,18	13,20	128,69	8,81	16,01
Viñas_tintos	0.9	39,59	6,60	4,41	4,41	8,01
Viñas_pisqueros	0.9	79,18	13,20	128,69	8,81	16,01
Zanahoria	0.6	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
Zapallo_italiano	0.6	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zapallo	0.6	3,00	6,20	1,60	1,60	0,60

Anexo 5: Matriz de superficie de especies agrícolas, por comuna 1997.

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Acelga	0.6	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Achicoria	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Achicoria_ind	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ají	0.6	62,70	0,00	10,70	0,30	0,00
Ajo	0.6	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
Albahaca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alcachofa	0.6	598,70	0,00	0,00	3,10	1,00
Alcayota	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alfalfa	0.6	1757,30	61,70	378,90	207,30	428,30
Almendro	0.8	227,70	0,40	0,00	0,10	1,00
Apio	0.6	23,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Arándano	0.6	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
Arroz	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arveja	0.6	110,30	0,40	32,10	6,10	0,50
Avellano_europeo	0.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avena	0.6	29,50	7,20	0,00	3,60	0,60
Avena_asociada	0.6	16,70	1,50	0,00	0,00	0,20
Ballica_Inglesa	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ballicas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Berenjena	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Betarraga	0.6	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Brócoli	0.6	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
Camote	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Caqui	0.6	0,00	0,00	4,60	0,00	0,00
Castaño_europeo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cebada	0.6	53,80	1,90	34,30	0,20	4,20
Cebolla_guarda	0.6	5,50	0,60	0,00	0,10	0,00
Cebolla_temprana	0.6	13,80	1,50	0,00	0,00	0,00
Centeno	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cerezo	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chalota	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chirimoyo	0.9	56,40	0,00	0,10	0,10	0,30
Choclo	0.6	236,70	18,00	21,90	8,00	3,10
Ciboulette	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cilantro	0.6	0,40	0,00	0,00	0,40	0,00
Ciruelo_europeo	0.9	15,60	0,00	1,20	0,00	0,00
Ciruelo_japonés	0.9	20,00	0,00	0,30	0,00	0,00
Clementina	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coliflor	0.6	8,10	0,00	0,00	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Curagiüilla	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Damasco	0.6	4,20	6,00	27,20	1,20	14,80
Duraznero_fresco	0.6	114,30	42,20	92,40	20,40	8,80
Duraznero_conserver	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Espárrago	0.6	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Espinaca	0.6	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Festuca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frambuesa	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frutilla	0.6	0,50	0,00	0,10	0,00	0,00
Garbanzo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
Granado	0.9	0,00	0,30	13,30	0,00	0,00
Guindo_agrio	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Haba	0.6	161,10	0,20	0,90	3,30	2,80
Higuera	0.6	6,10	0,80	5,70	0,00	0,30
Hortalizas_miniatur	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Huerta_casera	0.6	276,50	210,40	274,40	125,20	102,90
Kiwi	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lechuga	0.6	53,40	0,40	1,70	3,30	0,00
Lenteja	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lima	0.9	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Limón_sutil	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Limonero	0.9	300,30	54,60	15,60	21,80	1,80
Lúcuma	0.9	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
Lupino	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maiz	0.6	196,00	3,90	10,20	1,70	2,90
Mandarina	0.9	176,60	3,00	224,10	25,00	0,00
Manzano_rojo	0.9	8,70	0,60	0,20	0,20	0,00
Manzano_verde	0.9	0,10	0,20	0,30	0,00	0,00
Maravilla	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Melón	0.6	26,90	2,20	22,20	0,80	0,60
Membrillo	0.8	4,40	0,10	0,00	0,00	0,00
Mezcla_forrajera	0.6	87,70	3,00	79,70	0,20	0,60
Moras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Naranja	0.9	47,80	21,10	17,80	10,90	2,70
Nectarino	0.9	45,30	0,00	6,00	0,00	0,00
Níspero	0.9	3,10	3,00	4,50	0,00	0,50
Nogal	0.9	56,20	74,30	86,10	0,40	6,10
Olivo	0.9	123,80	1,10	1,40	0,30	0,50
Orégano	0.6	6,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_chacras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Otras_forrajeras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_hortalizas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_mezclas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_aromáticas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_medicinales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros_cereales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros_frutales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros_industriales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palto	0.9	539,50	24,20	147,00	37,30	34,30
Papa	0.6	665,40	3,50	48,50	32,50	9,00
Pasto_ovillo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pecana	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pepino_ensalada	0.6	62,80	0,20	1,90	2,90	0,50
Pepino_dulce	0.6	308,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Peral_asiatico	0.9	20,00	2,10	0,70	0,00	0,00
Peral_europeo	0.9	14,70	0,00	4,30	0,10	0,70
Perejil	0.6	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Pimienta	0.6	1166,40	0,40	11,60	13,30	2,30
Pistacho	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pluots	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pomelo	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Poroto_interno	0.6	10,90	1,10	15,20	0,20	1,80
Poroto_granado	0.6	40,00	0,00	18,70	0,00	0,00
Poroto_verde	0.6	219,70	9,10	163,60	13,20	1,10
Puerro	0.6	17,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rabanito	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rábano	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Radiccio	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Raps	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Remolacha	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Repollito_bruselas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Repollo	0.6	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00
Rúcula	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sandía	0.6	0,00	1,20	18,30	0,50	0,00
Soya	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tabaco	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tomate_interno	0.6	321,00	6,00	77,00	11,30	1,40
Tomate_industrial	0.6	17,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_alejandrino	0.6	234,80	0,00	0,00	19,00	0,00
Trebol_blanco	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Trebol_ladino	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_rosado	0.6	4,10	2,50	0,00	0,00	3,10
Trigo_blanco	0.6	172,80	26,80	21,00	8,40	1,20
Trigo_candeal	0.6	10,30	109,60	0,00	20,00	0,60
Triticale	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tuna	0.9	37,80	11,70	51,80	4,80	5,10
Uva_de_mesa	0.9	1291,70	455,00	3656,30	316,80	28,90
Viñas_blanco	0.9	46,00	0,00	0,20	0,00	0,00
Viñas_tintos	0.9	145,20	0,00	4,30	4,00	3,50
Viñas_pisqueros	0.9	3849,00	74,40	1258,90	615,40	341,60
Zanahoria	0.6	3,00	0,10	0,00	0,00	0,00
Zapallo_italiano	0.6	181,40	0,20	4,10	4,20	0,00
Zapallo	0.6	1,00	1,00	8,10	0,30	0,00
Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado

Anexo 6: Matriz de superficie de especies agrícolas, por comuna 2007.

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Acelga	0.6	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Achicoria	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Achicoria_ind	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ají	0.6	551,00	0,00	15,10	3,80	0,00
Ajo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Albahaca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alcachofa	0.6	1281,70	0,00	0,00	9,50	0,00
Alcayota	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alfalfa	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Almendro	0.8	589,10	11,80	1,10	125,70	0,50
Apio	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arándano	0.6	91,80	0,00	28,30	28,30	0,00
Arroz	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arveja	0.6	31,70	0,00	10,80	0,00	0,00
Avellano_europeo	0.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avena	0.6	7,30	0,00	7,00	0,00	0,00
Avena_asociada	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ballica_Inglesa	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ballicas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Berenjena	0.6	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Betarraga	0.6	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Brócoli	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Camote	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Caqui	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Castaño_europeo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cebada	0.6	81,60	0,00	0,00	6,10	0,00
Cebolla_guarda	0.6	4,50	6,00	0,50	0,00	0,00
Cebolla_temprana	0.6	5,00	0,00	0,00	0,00	0,50
Centeno	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cerezo	0.9	10,90	0,00	15,60	15,60	0,00
Chalota	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chirimoyo	0.9	95,80	0,00	46,30	0,00	0,60
Choclo	0.6	280,60	10,80	21,40	0,00	2,60
Ciboulette	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cilantro	0.6	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Ciruelo_europeo	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ciruelo_japonés	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clementina	0.9	537,00	208,70	713,20	44,00	0,30
Coliflor	0.6	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curagiüilla	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Damasco	0.6	7,40	18,00	9,20	0,40	51,60
Duraznero_fresco	0.6	45,10	178,00	150,60	36,00	45,40
Duraznero_conserver	0.6	5,80	2,40	5,90	3,20	4,80
Espárrago	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Espinaca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Festuca	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frambuesa	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frutilla	0.6	66,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Garbanzo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Granado	0.9	0,00	0,40	21,50	0,00	0,00
Guindo_agrio	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Haba	0.6	191,30	0,80	3,10	3,30	0,80
Higuera	0.6	80,50	4,00	8,20	0,00	6,90
Hortalizas_miniatur	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Huerta_casera	0.6	73,30	138,70	124,60	61,90	77,50
Kiwi	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lechuga	0.6	140,30	0,00	0,00	1,70	0,80
Lenteja	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lima	0.9	25,34	0,32	4,81	0,00	0,00
Limón_sutil	0.9	0,00	0,00	9,90	0,00	0,00
Limonero	0.9	511,70	38,30	12,50	3,00	3,00
Lúcuma	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Lupino	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maiz	0.6	519,60	25,80	8,40	17,00	14,90
Mandarina	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Manzano_rojo	0.9	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Manzano_verde	0.9	0,00	0,70	0,00	0,00	0,60
Maravilla	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Melón	0.6	43,40	2,40	12,70	2,00	0,00
Membrillo	0.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mezcla_forrajera	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Moras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Naranja	0.9	364,50	74,40	155,30	33,60	7,70
Nectarino	0.9	1,00	7,70	17,80	0,00	1,10
Níspero	0.9	1,50	0,80	5,70	0,00	1,40
Nogal	0.9	156,50	207,95	302,90	21,80	67,90
Olivo	0.9	1334,50	75,60	13,20	22,40	15,30
Orégano	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_chacras	0.6	9,60	0,10	1,00	0,00	0,00
Otras_forrajeras	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_hortalizas	0.6	53,20	4,20	3,60	8,50	33,60
Otras_mezclas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_aromáticas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otras_medicinales	0.6	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00
Otros_cereales	0.6	92,30	0,70	6,80	9,50	3,70
Otros_frutales	0.6	327,44	19,70	25,60	9,20	25,60
Otros_industriales	0.6	12,90	0,00	0,60	0,30	0,10
Palto	0.9	3121,80	253,20	787,10	245,10	125,50
Papa	0.6	282,10	3,10	22,60	48,20	21,90
Pasto_ovillo	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pecana	0.9	0,00	1,90	0,00	0,00	0,00
Pepino_ensalada	0.6	66,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Pepino_dulce	0.6	546,30	0,00	0,00	0,00	0,00
Peral_asiatico	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Peral_europeo	0.9	125,50	6,00	31,90	2,70	1,80
Perejil	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pimiento	0.6	373,60	0,00	2,20	17,10	0,00
Pistacho	0.9	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00
Pluots	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pomelo	0.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Poroto_interno	0.6	32,70	2,20	9,90	3,00	3,50
Poroto_granado	0.6	88,10	0,70	8,60	0,00	0,00

Cultivo	Ef	Ovalle	Combarbalá	Monte Patria	Punitaqui	Río Hurtado
Poroto_verde	0.6	164,60	4,60	161,60	5,60	0,40
Puerro	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rabanito	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rábano	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Radiccio	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Raps	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Remolacha	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Repollito_bruselas	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Repollo	0.6	12,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Rúcula	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sandía	0.6	24,50	1,50	8,90	0,00	0,00
Soya	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tabaco	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tomate_interno	0.6	122,80	0,40	45,30	14,80	1,70
Tomate_industrial	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_alejandrino	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_blanco	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_ladino	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trebol_rosado	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trigo_blanco	0.6	564,10	14,70	0,00	0,00	0,00
Trigo_candéal	0.6	315,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Triticale	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tuna	0.9	19,50	12,00	3,40	10,90	0,00
Uva_de_mesa	0.9	1806,30	584,99	4892,76	375,10	23,90
Viñas_blanco	0.9	658,40	0,00	21,82	44,70	0,00
Viñas_tintos	0.9	1002,30	25,40	11,30	194,50	11,00
Viñas_pisqueros	0.9	4116,10	75,52	1151,30	706,90	335,80
Zanahoria	0.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zapallo_italiano	0.6	173,70	0,00	4,30	0,00	0,25
Zapallo	0.6	1,60	0,00	0,00	0,00	0,25