

Balance Hídrico
Zona de Riego
Malargüe

IRRIGACIÓN

AUTORIDADES

Superintendente

Cdr. José Luis Álvarez

Jefe de Gabinete

Sr. Juan Pablo Yapura

Jefe de Despacho

Dr. Andrés Iannizzotto

Secretario del Honorable Tribunal**Administrativo**

Dr. Santiago Ruiz Freites

Secretario de Gestión Hídrica

Mg. Mario Salomón

Zona de riego río Malargüe

Ing. Mariano Pandolfo

EQUIPO TÉCNICO

Secretario de Gestión Hídrica

Mg. Mario Salomón

Director de Gestión Hídrica

Ing. Juan Andrés Pina

Departamento de Investigación y Planificación Hídrica

Ing. Gustavo Satlari

Ing. Alejandrina Bacaro

Ing. Guillermo Cúneo

Agrim. Martín Salas

Srta. Viveka Simón

Luciana Alfandari

Tomás Martín

Jefe zona de riego río Malargüe

Ing. Mariano Pandolfo

Departamento Hidrología

Ing. Rubén Villodas

Ing. Verónica Benegas

Héctor Segal

Área de Prensa y Difusión

Lic. María Paula Brandi

Lic. Nicolás Morchio

DG. Agustín Marigliano

Área de Planeamiento Estratégico y Control de Gestión

Cdr. Carlos Farina

José Pissolito

FAO

Ing. Fernando Gomensoro

Edición

Dr. Alejandro Tonolli

Geo. Nicolás Parise

Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI)

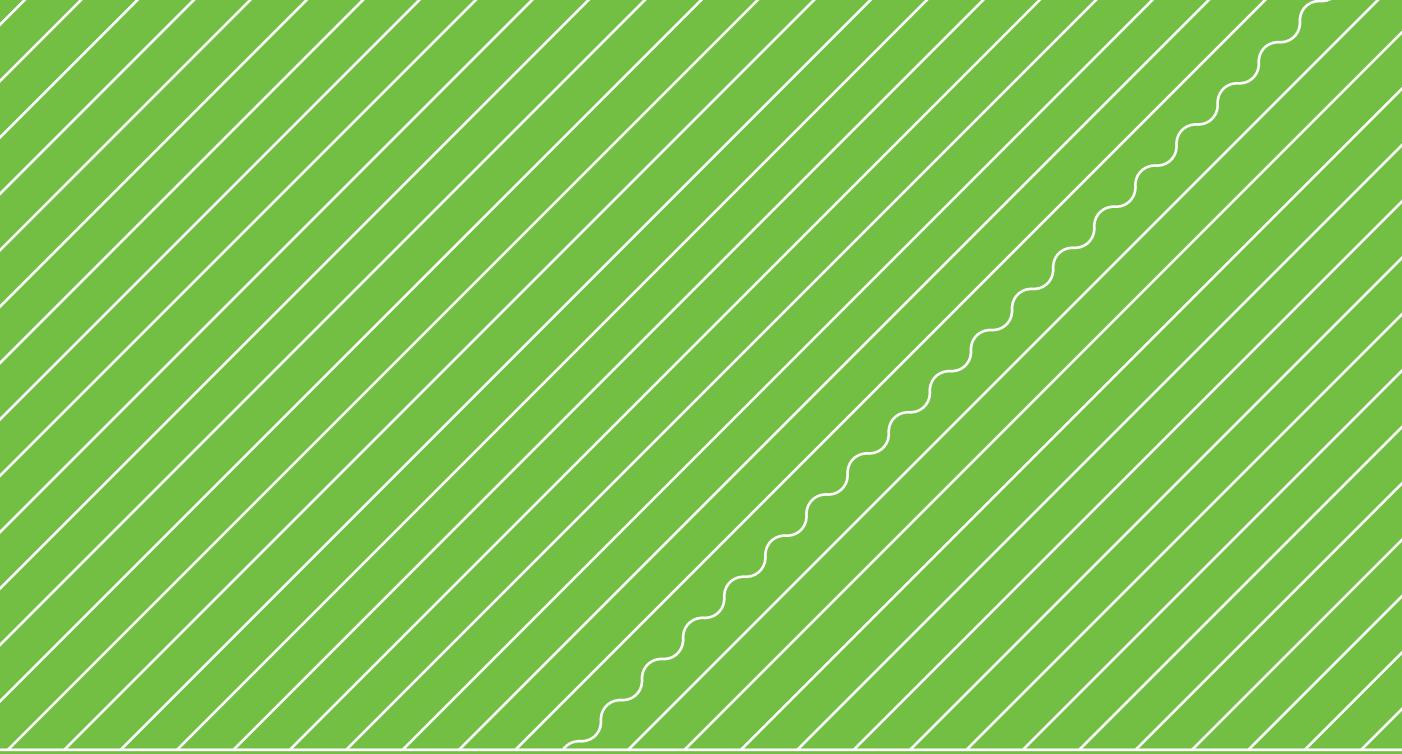
Dr. Facundo Martín

ÍNDICE

BALANCE HÍDRICO DEL RÍO MALARGÜE

CONTENIDO

Capítulo 1	Introducción	5
Capítulo 2	Estudio de la oferta y la demanda	13
Capítulo 3	Balance Hídrico del río Malargüe.....	47



Capítulo 1

Introducción

IRRIGACIÓN

1- Orígenes y Alcances

En el presente documento se desarrolla el Balance Hídrico del río Malargüe elaborado por el Departamento General de Irrigación. Dicho documento deviene de la realización del llamado “aforo de los ríos y arroyos”, que fuera ordenado por los artículos 194º y 195º de la Constitución Provincial (CP) de 1916; y que es necesario para dar finalmente por cumplimentada la oportuna previsión constitucional y lograr con ello una adecuada planificación del recurso hídrico.

En cumplimiento de dicho mandato la actual administración del Departamento General de Irrigación ha procedido a la realización de los estudios necesarios que conforman la base técnica del denominado “Balance Hídrico”. Su ejecución, requerida en el siglo pasado para la sociedad agrícola tradicional de entonces, requiere también un marco conceptual y metodológico de evaluación ajustado a los requerimientos sociales, productivos y tecnológicos actuales.

Se destaca que, si bien el Departamento General de Irrigación lleva registros y estadísticas de los distintos ríos de la Provincia, modernamente se interpreta que el “aforo” implica la implementación del Balance Hídrico. Éste involucra no sólo tener en cuenta la oferta hídrica y la medición de caudales sobre bases técnicas consistentes, sino también la demanda hídrica según la calidad de las tierras y la naturaleza de los cultivos, así como el requerimiento de otros usos especiales distintos del agrícola. Esta definición o interpretación moderna completa el concepto del “aforo”, y está refrendada y delineada luego por las leyes 386, 430, 6105 y 7444.

Con el presente documento también se plantea cumplimentar la Ley General de Aguas (LGA) de 1884, que establece como deberes del Departamento General de Irrigación el determinar a través de “cálculos científicos necesarios”, la cantidad de agua de los ríos (art. 191, LGA), la distribución proporcional de los caudales y en definitiva, “la administración general de las aguas en la parte científica y de reglamentación”. Asimismo dentro de sus atribuciones debe dictar “las medidas necesarias para el buen orden en el uso y aprovechamiento” de las aguas (art. 190 LGA).

En este marco es importante indicar que la realización e implementación del acto administrativo del Balance Hídrico propiamente dicho, contempla exclusivamente la realización del estudio de la disponibilidad de agua superficial, atento a las concesiones de este tipo, otorgadas entre fines del siglo XIX y XX. Por ello, el Balance Hídrico Actual, se obtuvieron considerando escenarios de contexto de oferta y demanda hídrica basadas en el empadronamiento y uso del agua superficial de las Unidades Administrativas de Manejo construidas para este documento.

En forma complementaria, se indica que la ley de Aguas de 1884 y la Constitución de 1916 no previeron en la realización del “aforo” de aguas superficiales la inclusión del recurso hídrico subterráneo, dado fundamentalmente por el hecho de que las aguas subterráneas recién se incorporan al dominio público en 1968 a partir de la reforma del Código Civil por la Ley 17711. No obstante se ha considerado hoy de vital importancia incorporar en la confección y presentación del documento Balance Hídrico, el conocimiento de la disponibilidad y uso del agua subterránea existente en la cuenca, ajustándose así a la actual conceptualización del “ciclo hidrológico”, donde se debe concebir que el agua es una, a pesar de sus distintas fases. En esta caracterización hidrológica se ha podido avanzar en el conocimiento del comportamiento del agua subterránea en la cuenca, esquematizar su dinámica y estimar la incidencia que tiene en la demanda complementaria de riego de los cultivos.



Figura 1.1: Mapa estratégico institucional del Departamento General de Irrigación. (Actualización diciembre de 2015)

Es de destacar que, a partir del proceso que consolidó la institucionalidad democrática en Argentina desde 1983, existieron importantes aportes a la administración hídrica y que han sido considerados como antecedentes de partida para la elaboración del Balance Hídrico.¹ En este sentido, y en el Contexto del Plan Agua 2020, la implementación del Programa Provincial Balance Hídrico se destaca como un objetivo principal en el mapa estratégico institucional del Departamento General de Irrigación (Figura 1.1), que en su formulación representa el total de los objetivos que se pretende alcanzar en cada perspectiva para materializar la “Visión 2020” del sistema hídrico.

1 Entre los antecedentes se destaca el fortalecimiento de las Inspecciones de Cauces, a través de la unificación y fusión de estas organizaciones para dotarlas de una mayor funcionalidad empresarial que fuera llevada a cabo por la administración del Superintendente Jorge Chambouleyron. Posteriormente, sobresale el proceso de descentralización administrativa de las Inspecciones de Cauces y Asociaciones de Inspecciones de Cauces que se consolidó a través de la Ley 6405, durante la gestión del Superintendente Eduardo Sancho, y que permitió profundizar la autonomía de las organizaciones. También se destaca la elaboración del Plan Hídrico elaborado y presentado en la Legislatura por el Superintendente Carlos Abihaggle, que definió las bases de la política hídrica de la provincia de Mendoza. Asimismo, se destaca la elaboración de los Planes Directores de Cuenca de Mendoza, elaborados bajo la administración del Superintendente Mario Lucio Duarte y por medio del Proyecto FAO ARG 0008, los cuales se constituyen en documentos imprescindibles de base para la confección del Balance Hídrico de los ríos provinciales. Finalmente, se destaca la elaboración del Plan Agua 2020, con el fin de contribuir a obtener y proyectar hacia ese horizonte temporal definido, los máximos estándares posibles de eficacia, eficiencia, sustentabilidad, equidad, calidad y competitividad, en la gestión integrada de los recursos hídricos de la provincia. Este plan estratégico situacional que tiene como eje principal la elaboración del Balance Hídrico (BH), ha sido formulado y planteado por la actual administración del Superintendente José Luis Álvarez.

Dicho Mapa Estratégico posee una estructura de causalidad, ya que alcanzar los objetivos establecidos en la perspectiva de finanzas permite a la organización mejorar o incrementar sus procesos de aprendizaje y también el crecimiento en recursos tanto humanos como físicos o estructurales. A su vez se espera que estos recursos impactaren en el desarrollo y la calidad de los procesos organizacionales, los cuales representan el conjunto de actividades que conducirán al logro de los objetivos definidos en el Sistema Hídrico de la provincia de Mendoza, para finalmente obtener los resultados deseados para los usuarios y la sociedad, finalidad contenida en la misión del Departamento General de Irrigación y que materializa la visión.

Como puede advertirse en la perspectiva de los procesos (Figura 1.1), surge como objetivo concreto la implementación de la Gestión Integral del Recurso Hídrico a través de la realización del Balance Hídrico de cada cuenca y su actualización periódica. En consecuencia y en el marco de la legislación provincial vigente, se elevan los antecedentes conformados exclusivamente de la cuenca del río Malargüe.

En este trabajo se ha considerado la situación actual de emergencia hídrica, habiéndose determinado un diagnóstico actual y prospectivo de los recursos hídricos para evaluar el nivel de satisfacción de las concesiones otorgadas mediante la realización de un uso eficiente y beneficioso del agua. Para ello se ha tenido en cuenta la información de caudales de los cursos de agua, las características hidrogeológicas del acuífero de la cuenca del río Malargüe, la demanda de los distintos usos y su proyección en base a futuros escenarios. Además se ha incluido información climática y el requerimiento hídrico de los cultivos y las eficiencias actuales.

El documento comprende, de esta manera, una descripción detallada de la cuenca del río Malargüe, tanto de sus componentes físicos y ambientales vinculados al sistema hídrico, como el de los usos empadronados/registrados en su respectivo marco legal. El trabajo cuenta con un marco conceptual y metodológico interdisciplinario propuesto para la elaboración del Balance Hídrico Actual. Como aspecto relevante del marco metodológico adoptado, se procedió a la subdivisión de la cuenca en áreas administrativas de manejo de agua superficial y agua subterránea. Bajo este método se ha realizado una evaluación de las distintas áreas de acuerdo a sus particularidades hídricas y de las necesidades de los usos existentes, obteniéndose resultados por unidades de balance en forma sistemática e integral. El documento también posee la esquematización de la cuenca, la sistematización de datos y la obtención de resultados, así como analizar las distintas respuestas ante determinados escenarios hídricos y de usos. A tal efecto, se destaca que el núcleo técnico y de base científica para la elaboración del Balance Hídrico se ha implementado a través del software WEAP (*Water Evaluation and Planning*)² y mediante su utilización se logró construir un modelo ajustado a las particularidades de la cuenca y a la gestión hídrica integral de la provincia de Mendoza.

Los resultados del balance hídrico que se presentan indican la situación actual de la disponibilidad del agua, para lo cual se ha considerado usos empadronados actuales y abandonados recientes (menor a 5 años) con sus respectivas coberturas mensuales de demandas.

Por todo lo expresado, se indica que este estudio otorga la posibilidad de determinar hídricamente el Balance Hídrico del río Malargüe, revisar y analizar la consistencia de los empadronamientos y registros de usos de carácter superficial y subterráneo, y efectuar un análisis de la situación de los mismos en los

² Concretamente, se trata de un software libre que posibilita la modelación para la planificación y gestión en la distribución de agua que puede ser aplicada a diferentes escalas, desde pequeñas zonas de captación hasta extensas cuencas. Es un software que posibilita aplicar métodos para el análisis integral del agua denominado WEAP (*Water Evaluation and Planning*) del SEI (*Stockholm Environment Institute*), que es una organización internacional sin fines de lucro de investigación que se ha dedicado a temas ambientales y de desarrollo a nivel de política local, nacional, regional y mundial desde hace 25 años. El mismo proporciona un marco único para la evaluación de las aguas y la planificación. WEAP se utiliza para representar las condiciones actuales de agua en una zona determinada y para explorar una amplia gama de opciones de oferta y demanda para el medio ambiente y el desarrollo de equilibrio. Es una herramienta de apoyo a decisiones, transparente y fácil de usar para involucrar a los interesados en un proceso abierto.

ámbitos pertinentes del Departamento General de Irrigación. Además se presenta como resultado un modelo de balance hídrico actualizado y ajustado de las Unidades Administrativas de Manejo construidas en un período representativo de la serie total hidrológica desde principios del siglo XX.

Habiendo contemplado el conjunto de consideraciones citadas, se realiza un documento que contiene los antecedentes referidos al Balance Hídrico del río Malargüe, el abordaje conceptual y metodológico, el contexto general de la cuenca del río Malargüe, los aspectos técnicos legales y administrativos, el desarrollo técnico (estudio de la oferta y la demanda, balance actual) y las directrices futuras. Logrando con ello, cumplimentar el acto administrativo exigido por la Constitución Provincial.

2- Finalidad del Balance Hídrico

Contribuir al desarrollo productivo, a la actualización registral y al ordenamiento territorial, considerando al agua como un factor crítico e irremplazable.

3- Objetivos y justificaciones

3.1- Objetivo general

Implementar el Balance Hídrico de la cuenca del río Malargüe con criterios de modernización que posibiliten contar con una herramienta de gestión integral basada en la planificación estratégica.

1.3.2- Objetivos Específicos

Técnico: Definir la oferta y demanda hídrica en la situación actual y futura con escenarios de disponibilidad y requerimientos para la cuenca del río Malargüe.

Registral: Establecer métodos de trabajo para la depuración, obtener un diagnóstico de la situación actual y definir formas de actualización.

Legal: Cumplir con la Constitución Provincial y leyes complementarias respecto a la realización del aforo de los ríos provinciales y de la realización del acto administrativo.

Institucional: Generar herramientas de gestión basadas en la previsibilidad y garantías. Definir directrices estructurales y no estructurales necesarias para la gestión integral de los recursos hídricos en el marco del Balance Hídrico.

4- Cuenca del río Malargüe

4.1 Caracterización hidrográfica general

El río Malargüe es un curso de agua que recorre el sur de la provincia de Mendoza, Argentina. Se origina en el lago Malargüe sobre la cordillera de los Andes a una altura de 2500 msnm, recorre el departamento Malargüe y desemboca en la laguna de Llancanelo, siendo su principal afluente.

La cuenca del río Malargüe constituye la única endorreica de la provincia y ocupa una superficie total de 11146 km². La misma comprende el departamento del mismo nombre y una pequeña parte del departamento de San Rafael. La longitud aproximada del río es de 73 km desde su nacimiento en el río Torrecillas hasta la Laguna de Llancanelo, cuya área es de 10602 km² y está localizada en 35°30'S 70°00'W. En verano, el caudal medio del río se incrementa a 29,00 m³/s cuando comienza el deshielo, y decrece en invierno hasta los 2,6 m³/s. Cerca de la ciudad de Malargüe, el agua del río se contiene en el dique derivador Blas Brisoli. Dicho dique es la principal obra hidráulica construida sobre el río Malargüe. La misma está destinada a cubrir la demanda para riego y el abastecimiento poblacional. La obra de

toma origina al canal matriz Cañada Colorada que permite regar gran parte de la zona de influencia. Dicho canal tiene una longitud de aproximadamente 12 km y en su recorrido se derivan 9 tomas con su correspondiente red de distribución.

Para una mejor visualización de las zonas de riego que componen el sistema de esta cuenca, se presenta a continuación un esquema gráfico de la red de distribución (Figura 1.2).



Figura 1.2: Red de distribución del río Malargüe

El llamado Bajo de Llancanelo es producto del hundimiento por compensación cuando se elevaron los Andes. Se ubica aproximadamente a 1.280 m s.n.m. y ocupa una superficie de 370 km². A éste aportan sus aguas el río Malargüe y los arroyos Álamo, Mocho, El Chacay y Malo, además de las vertientes de aguas permanentes que forman los Pozos de Carapacho, los Menudos y el arroyo Carilauquén. La cantidad de agua en la Laguna Llancanelo es altamente variable en función de las estaciones y depende de la precipitación nívea del año. Por ello, la profundidad promedio es de aproximadamente 30 cm y existen algunos sectores más deprimidos que alcanzan el metro. Hacia el sudeste de la laguna se encuentran numerosos sumideros por donde las aguas se infiltran. Está rodeada por bañados (en su borde occidental) y una llanura salina (en su borde oriental). También presenta oscilaciones estacionales que dependen del aporte níveo en cordillera. Si bien es cierto que el aporte hidrológico superficial es de agua dulce, el cuerpo de agua (laguna) tiene una elevada concentración de sales.

El humedal de la laguna de Llancanelo constituye un importante reservorio de avifauna. Es un lugar de reproducción y cría de aves residentes, además de refugio de especies migratorias.

4.2- Características socio-económicas

1.4.1.1- Población

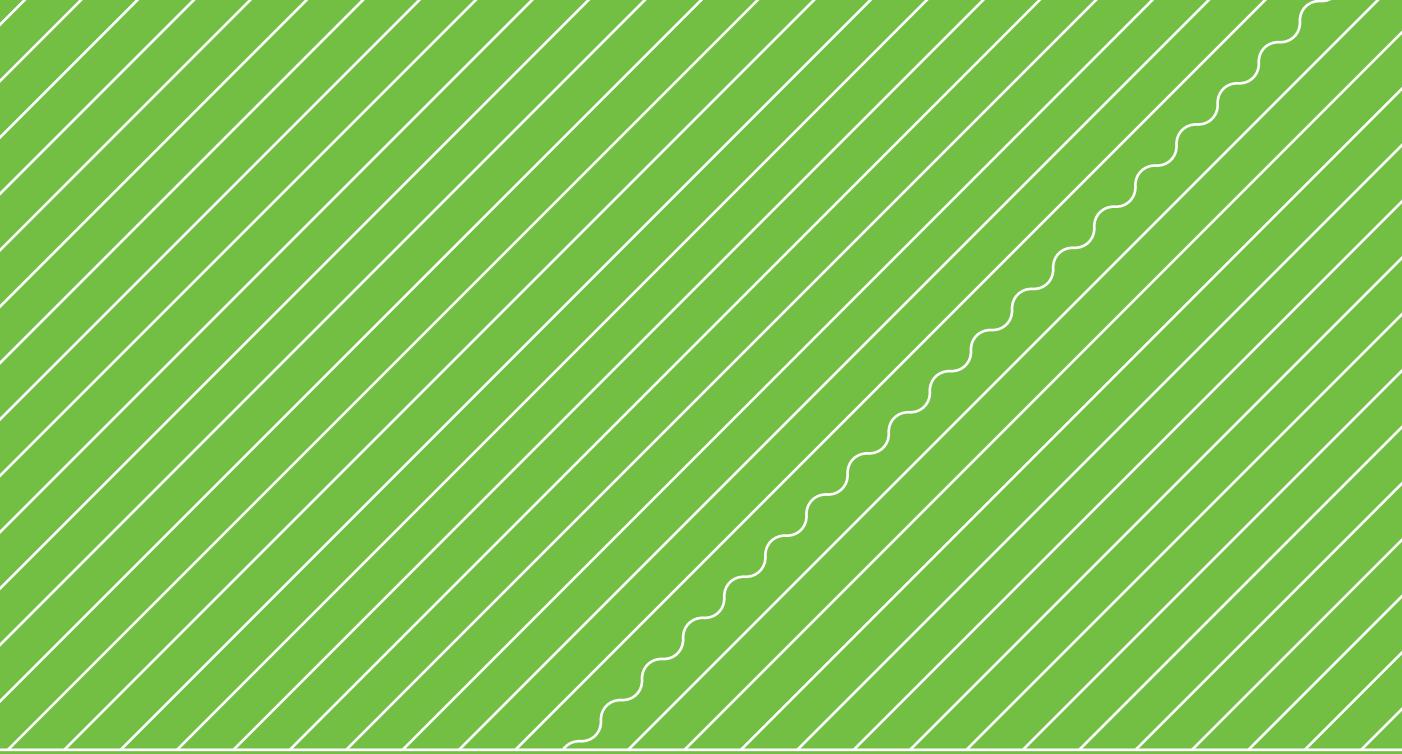
Según el censo del 2010 del INDEC, el municipio de Malargüe tiene 27.660 habitantes, de los cuales 21.619 corresponden al tipo urbano, 452 a rural agrupado y 5.589 a rural disperso. Según la misma fuente, la localidad de Malargüe propiamente dicha cuenta con 21.619 habitantes, abarcando la totalidad de la población urbana del municipio. Por su población, Malargüe es el sexto aglomerado de la provincia de Mendoza y uno de los municipios con mayor crecimiento demográfico del país en la última década. En 3.4.3 se menciona la población servida con agua potable que agrupa de forma distinta la población.

1.4.1.2- Actividades económicas

El uso ganadero del suelo se remonta a más de 100 años y se constituye hoy en una de las principales actividades económicas, tradicionalmente casi la totalidad de la actividad es dominada por la ganadería caprina.

Esta cuenca constituye una importante reserva de hidrocarburos y está sujeta a la explotación petrolera siendo el departamento el mayor productor de petróleo de la provincia

La actividad turística tiene un rol muy destacado en la zona: Payunia, cueva de las Brujas, laguna de Llancanelo, Castillo de Pincheiras y Centro invernal de ski Las Leñas.



Capítulo 2

Estudio de la demanda

IRRIGACIÓN

1- Presentación

La realización de un balance hídrico involucra un componente de oferta y otro de demanda. Por ello, en el presente capítulo se aborda en primera instancia la oferta hídrica y en segundas instancias demanda con la correspondiente consideración de todos sus componentes y se concluye con la presentación de los datos de demanda necesarios para realizar el balance hídrico propiamente dicho.

2- Oferta hídrica superficial. Río Malargüe

2.1- Característica general de la cuenca del río Malargüe

Como ya mencionamos en el capítulo anterior, la cuenca del río Malargüe se encuentra localizada íntegramente en el departamento de Malargüe e incluye una pequeña porción del departamento de San Rafael en la zona norte de la misma.

El departamento de Malargüe está ubicado en el sector suroeste de la provincia de Mendoza, con puntos extremos situados entre los 34° 40' y 37° 40' S y los 68° 15' y 70° 30' O. El departamento está dividido políticamente en cuatro distritos: Malargüe, Agua Escondida, Río Grande y Río Barrancas. La cuenca del río Malargüe abarca una superficie de 11.146 Km², lo que representa el 27,5 % de la superficie del departamento de Malargüe.



Figura 2.1: Cuenca del río Malargüe

El río Malargüe nace al pie del cerro Cabecera del Colorado, con el nombre de Arroyo Colorado. 10 Km aguas abajo, a la altura del Puesto Navarro recibe el aporte de las aguas del Arroyo Torrecillas, adoptando a partir de este punto la denominación de río Malargüe. A lo largo de su recorrido el río recibe el aporte de numerosos arroyos, entre ellos, los arroyos Lagunitas y Agua Hiediona que lo hacen por margen derecha Aguas abajo y por la margen izquierda, recibe los aportes de los arroyos de los Terremotos y Negro. Por esta misma margen se produce la confluencia del Arroyo Pincheira o de las Minas con el río Malargüe. Este arroyo es uno de los tributarios más importantes que tiene el río. Despues de esta confluencia, el río recibe los aportes de los arroyos Seco, El Suncho y Llano Grande.

Este último arroyo nace de la confluencia de los arroyos Butamallín y Grande. Entre los arroyos Suncho y Llano Grande, el río recibe solo aportes temporales.

Aguas arriba del cruce del río Malargüe con la Ruta Nacional N°40, el río encuentra al azud derivador Blas Brisoli que deriva agua por margen izquierda al canal matriz Cañada Colorada. A través de este canal se entrega la dotación de riego a la mayoría de usuarios con derechos empadronados. Así mismo, desde este dique se deriva el agua que es utilizada para el consumo humano. Aguas abajo de este punto, existen tres tomas directas del río, dos por margen izquierda y una por margen derecha. Las mismas son utilizadas para satisfacer demandas agrícolas e industriales de la zona.

Por margen derecha, aguas abajo la Ruta Nacional N° 40, y después de la última toma directa, el río Malargüe recibe los aportes del arroyo Loncoche, que es el último afluente importante del río. El caudal resultante después de las derivaciones recién expuestas, escurre aguas abajo con dirección sureste hasta llegar a la Laguna de Llancanelo.

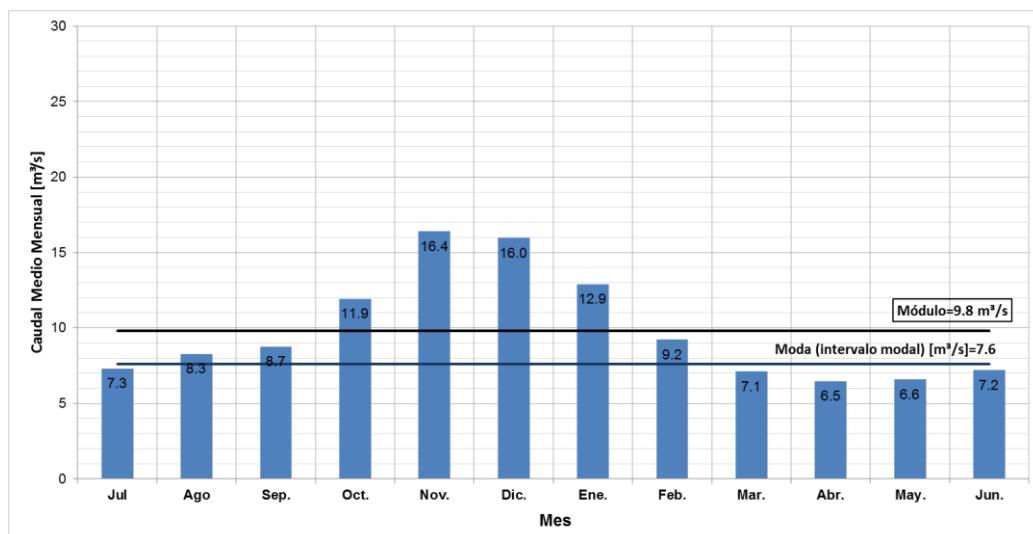
La oferta hídrica superficial del río Malargüe es de 294,23 hm^3 , la cual ha sido determinada por los escurrimientos líquidos medidos en la estación de aforos La Barda (EVARSA), ubicada 5 Km aguas arriba del azud derivador Blas Brisoli, la única existente sobre el río Malargüe. Su serie se extiende desde 1987 a la actualidad, prácticamente sin interrupciones, ya que algunos años dentro de esta serie se encuentran incompletos.

Los caudales medios mensuales registrados en la Estación La Barda se representan en la siguiente Tabla:

Tabla 2.1: Caudales medios mensuales del río Malargüe. Estación La Barda. Serie (1985-2015)

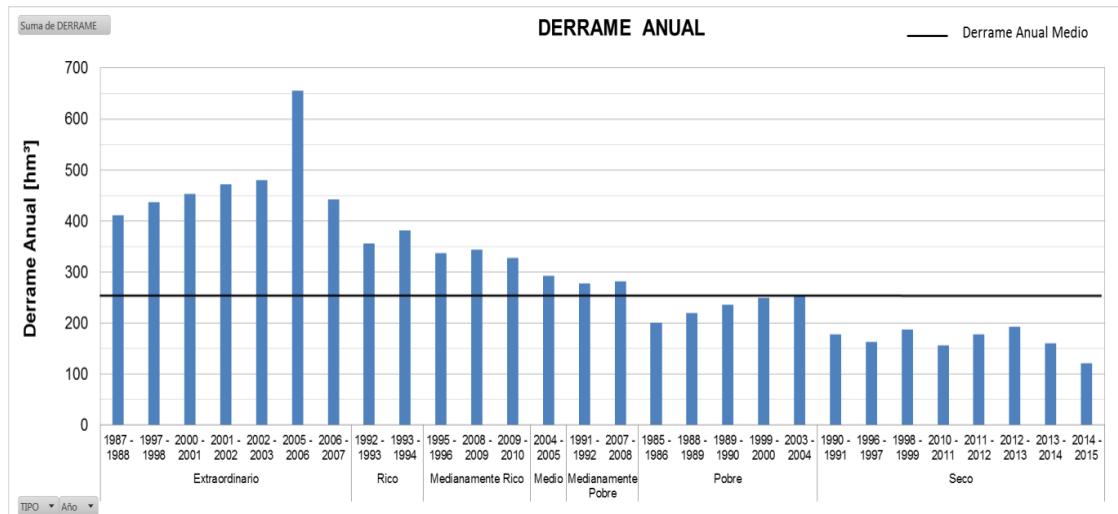
Mes	Caudal medio mensual [m^3/s]												Módulo
	Jul	Ago	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	
Promedio	7.3	8.3	8.7	11.9	16.4	16.0	12.9	9.2	7.1	6.5	6.6	7.2	9.8
Máximo	17.1	23.0	20.0	24.7	29.0	24.8	25.9	26.4	15.2	11.0	11.7	13.1	20.8
Mínimo	3.0	3.1	3.0	5.7	5.7	5.3	3.6	3.7	2.8	2.6	2.7	2.6	3.9

De acuerdo a esta serie, de 29 años de registros, los caudales medios máximos se registran en el mes de noviembre con 29 m^3/s , mientras que los mínimos lo hacen en los meses de abril y junio con 2,6 m^3/s . El módulo del río en esta estación es de 9,8 m^3/s .



Fuente: Elaboración propia DGI 2017 Dirección de Gestión Hídrica.

Figura 2.2: Caudal medio mensual y módulo del río Malargüe, aforado en estación La Barda (1985-2015)



Fuente: Elaboración propia DGI 2017 Dirección de Gestión Hídrica.

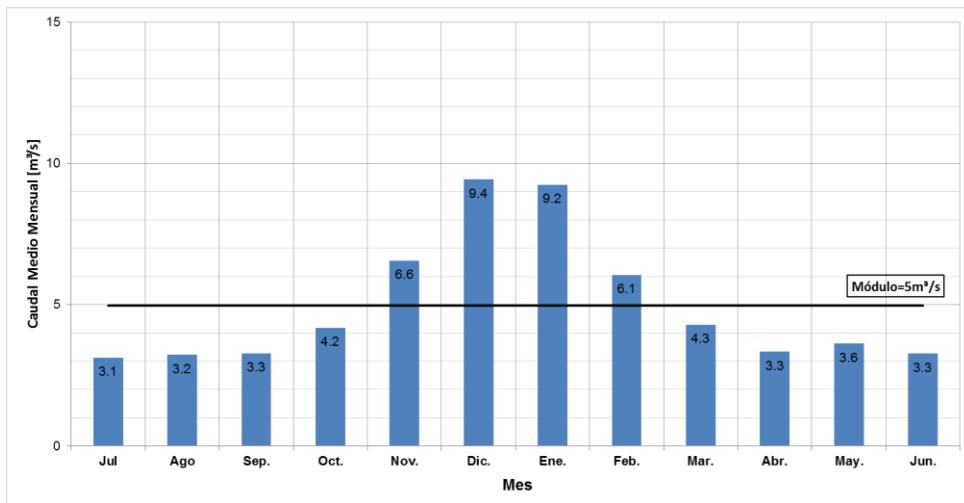
Figura 2.3: Derrame anual aforado en La Barda (período 1985-2015)

2.1.1- Arroyos de la cuenca río Malargüe

El único arroyo de la cuenca del río Malargüe que cuenta con registros de caudales es el Arroyo Pincheira, principal afluente de este río. En la última estadística hidrológica de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, la serie publicada corresponde a la serie 1968-1997. El derrame medio anual del arroyo Pincheira para esta serie es de $171,9 \text{ hm}^3$, lo que representa el 55% de los derrames medios aforados en la estación La Barda. El caudal medio máximo es de $30,3 \text{ m}^3/\text{s}$ y se registra en el mes de enero. El registro mínimo es de $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ y se registra en los meses de mayo y junio.

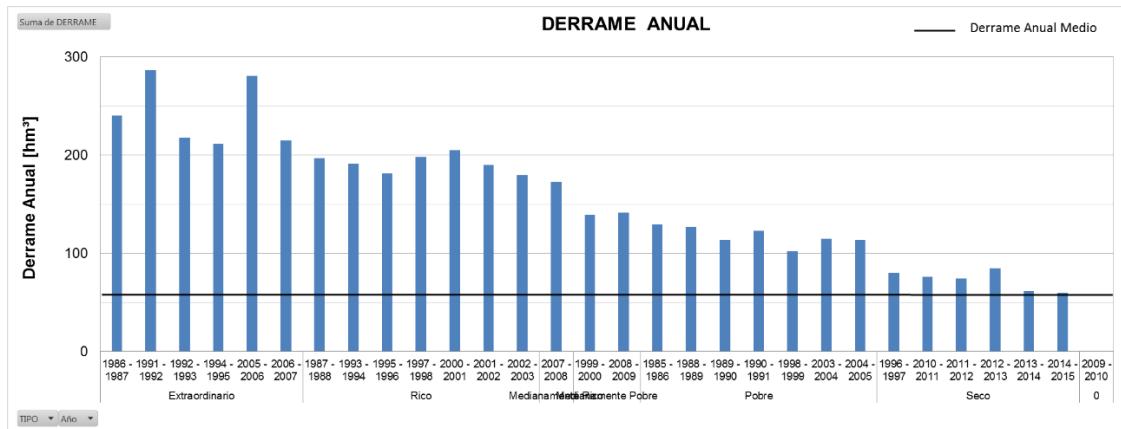
Tabla 2.2: Caudales Medios Mensuales Arroyo Pincheira. Estación La Barda. Serie (1985-2015)

Mes	Caudal medio mensual [m^3/s]												
	Jul	Ago	Sep	Oct.	Nov.	Dic.	Ene	Feb	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Módulo
Promedio	3.1	3.2	3.3	4.2	6.6	9.4	9.2	6.1	4.3	3.3	3.6	3.3	5.0
Años	30.0	30.0	30.0	30.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	30.0	29.0
Máximo	4.8	7.2	4.8	7.2	12.7	23.3	30.3	18.9	9.1	5.7	17.1	7.2	9.1
Mínimo	1.5	1.5	1.5	1.8	2.9	3.0	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.2	2.0



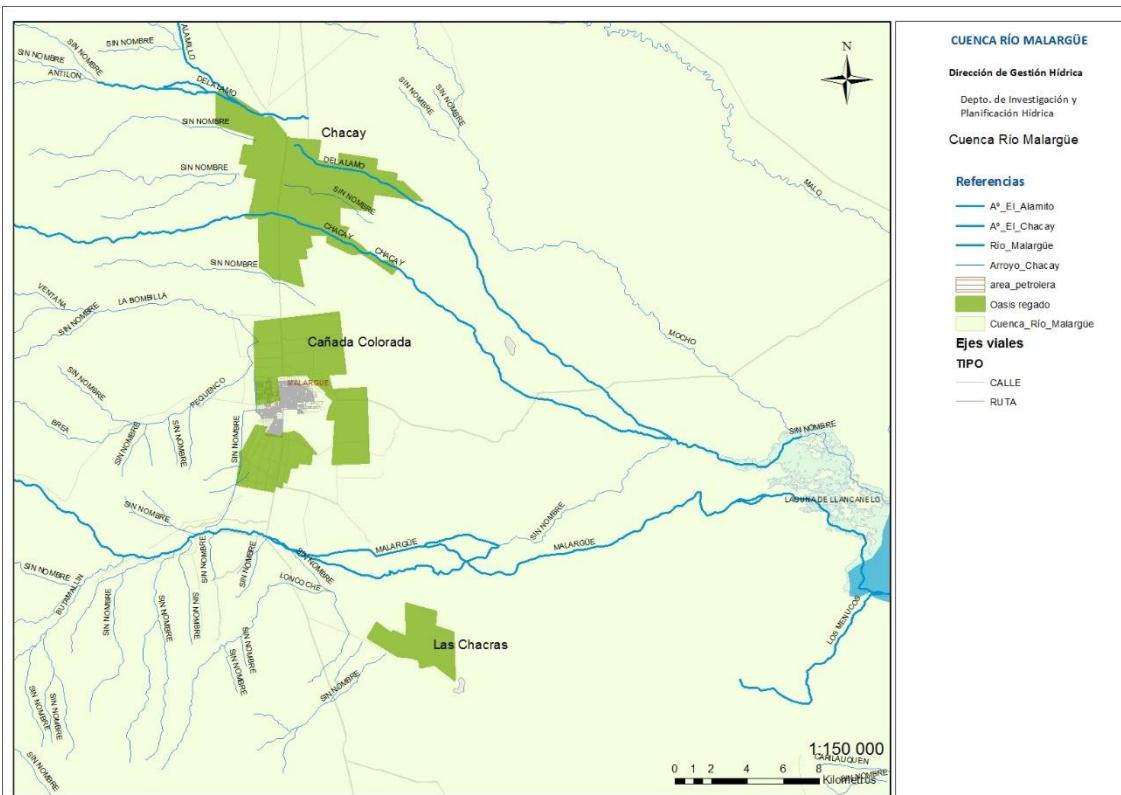
Fuente: Elaboración propia DGI 2017 Dirección de Gestión Hídrica.

Figura 2.4: Caudal medio mensual y módulo. Arroyo Pincheira, Serie (1985-2015)



Fuente: Elaboración propia DGI 2017 Dirección de Gestión Hídrica.

Figura 2.5: Derrame anual aforado en La Barda (período 1985-2015)



Fuente: Elaboración propia DGI 2017 Dirección de Gestión Hídrica.

Figura 2.6: Red hidrográfica del río Malargüe y las unidades administrativas de manejo construidas.

Además de los caudales del río Malargüe, la cuenca homónima cuenta con una serie de ríos y arroyos de menor jerarquía que participan de la oferta hídrica que alimenta la Laguna de Llancanelo. Estos arroyos son: Butamallín, Chacay, Álamo, Mocho y Malo. De éstos, el único que no llega a la Laguna de Llancanelo es el arroyo Butamallín, a pesar de ser el arroyo que tiene mayor jerarquía.

3- Estudio de la demanda hídrica.

3.1- Sistematización hídrica de la cuenca

3.1.1- Área de Estudio: definición de las unidades de análisis

En el presente trabajo se ha considerado el Dique Blas Brisoli como el punto de inicio de la cuenca del área cultivada, ya que permite controlar la asignación al sistema de distribución del agua para riego, el abastecimiento poblacional de la cuenca, y el agua que finalmente desemboca en la Laguna Llancanelo.

El área irrigada por el río Malargüe es abastecido por un robusto sistema de distribución, que nace aguas abajo del Dique Blas Brisoli, unos 8 km al oeste de la ciudad de Malargüe. Del dique se deriva el canal Cañada Colorada que abastece el área agrícola central, y a la ciudad propiamente dicha A continuación, y siguiendo la traza del río Malargüe, nacen también de tomas directas sobre el río: el abastecimiento para el área antiguamente explotada por industrias Grassi (actualmente fuera de servicio), y la toma directa que abastece Las Chacras. Posteriormente el río Malargüe sigue su curso, desembocando en la Laguna Llancanelo.

Para el estudio hídrico del área irrigada de la cuenca se han establecido unidades de análisis, denominadas Unidades Administrativas de Manejo (UAM). Siguiendo el criterio adoptado en trabajos realizados en otras cuencas (DGI, 1997; BHTS³, 2015; BHTI⁴, 2016), las UAM se definieron, en primera instancia, considerando la fuentes de provisión de aguas (subterráneas, superficiales o ambas), y posteriormente el dominio de la red de canales. Complementariamente también se consideró la infraestructura de captación y conducción, la aptitud para el riego, el uso del suelo predominante y el uso del agua. De este modo, las UAM constituyen una porción del territorio que posee características relativamente homogéneas en cuanto a la gestión del recurso hídrico, conforman un área definida en dónde se distribuye el agua a ellas asignadas, y están organizadas por una o un grupo de autoridades de administración y gestión (Inspecciones de Cauce).

Para el establecimiento de las UAM se analizó el sistema de distribución en la cuenca y se definieron las Inspecciones de Cauce existentes en diferentes UAM según su fuente de provisión de agua y según la modalidad de operación del sistema, buscando homogeneidad de gestión. Dado que todas las UAM construidas tienen derechos superficiales y también perforaciones que alumbran aguas subterráneas, se consideran UAM de uso conjunto. Resulta oportuno aclarar que las perforaciones que existen en estas unidades, abastecen sólo a las fincas propietarias de esas perforaciones, o sea que no todos los agricultores tienen la opción de hacer un uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas.

Tabla 2.3: Inspecciones de Cauce asociadas a las UAM.

Unidad Administrativa de Manejo	Abastecimiento
Cañada Colorada	Río Malargüe
Las Chacras	Río Malargüe
Alamito Chacay	Arroyo El Chacay

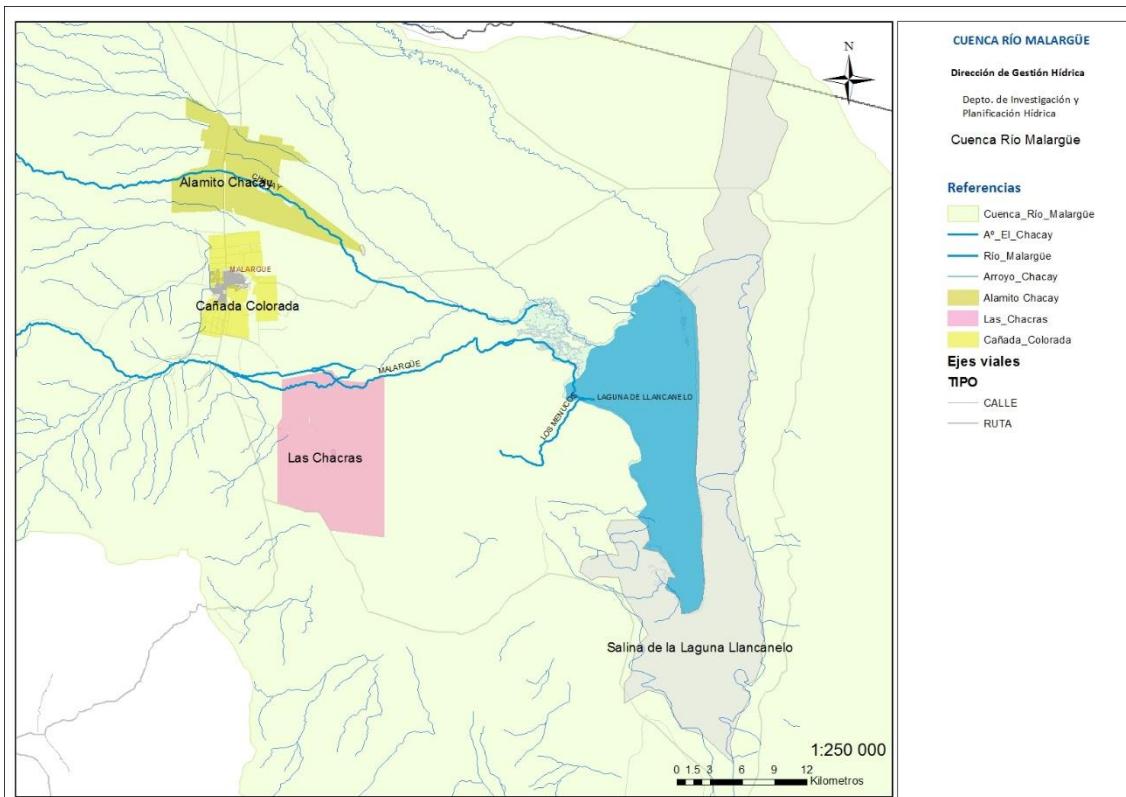
Fuente: Elaboración propia. DGI, 2017

Luego del proceso clasificatorio descripto se definieron tres Unidades Administrativas de Manejo de uso conjunto (abastecidas de agua para riego con derecho superficial y agua subterránea). Además, se localizaron dos sitios de demanda, la demanda poblacional de la ciudad de Malargüe, y la laguna Llancanelo que está empadronada con permiso eventual por 2.479 ha cuyo caudal anual que se estima en 13 hm³.

A continuación, en la Figura 2.7 se observa el área irrigada de la cuenca del río Malargüe con todas las Unidades Administrativas de Manejo construidas para el presente estudio.

³ BHTS: Balance Hídrico Tunuyán Superior

⁴ BHTI: Balance Hídrico Tunuyán Inferior



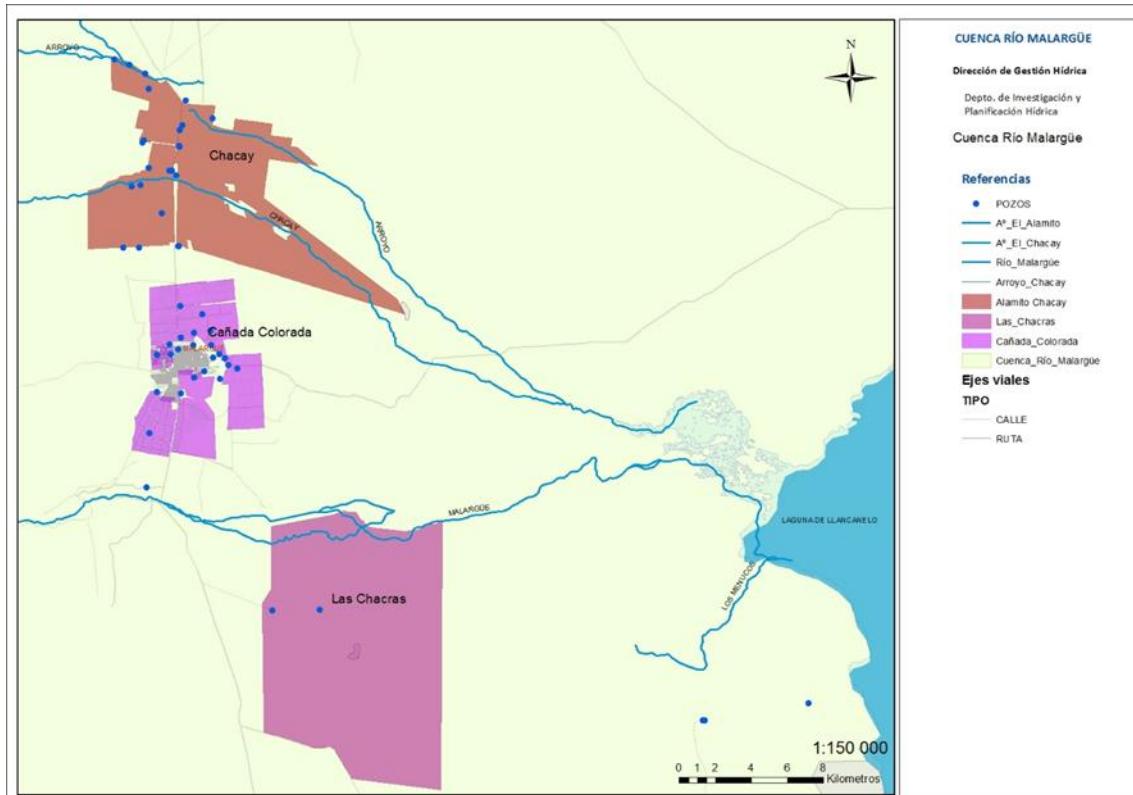
Fuente: Elaboración propia DGI 2017 Dirección de Gestión Hídrica.

Figura 2.7: Cuenca río Malargüe y las unidades administrativas de manejo construidas.

3.1.2- Unidades administrativas de manejo de uso conjunto

En las tierras irrigadas del río Malargüe la totalidad de las UAM definidas en este trabajo son de uso conjunto, ya que son áreas que disponen abastecimiento de agua superficial y en algunas propiedades, también de agua subterránea.

Luego del proceso clasificatorio descripto se definieron tres Unidades Administrativas de Manejo de uso conjunto (abastecidas de agua para riego con derecho superficial y agua subterránea). Además, se localizaron dos sitios de demanda, la demanda poblacional de la ciudad de Malargüe, y la laguna Llancañuelo que está empadronada con permiso eventual por 2.479 ha cuyo caudal anual que se estima en 13 hm³.



Fuente: Elaboración propia DGI 2017

Figura 2.8: Unidades administrativas de manejo de uso conjunto. Cuenca río Malargüe.

A continuación se hace una descripción de las perforaciones, uso y estado en la cuenca del río Malargüe. A partir de dicha información se estima el volumen de bombeo. En las áreas abastecidas por aguas subterráneas exclusivas, el bombeo se considera equivalente a la demanda de los cultivos, afectada por la eficiencia de aplicación. En cambio, en las áreas de provisión mixta el bombeo se ha considerado como aquel volumen necesario para complementar la dotación superficial en aquellas parcelas que poseen una perforación, de manera de poder cumplir con la demanda total del cultivo.

Tabla 2.4: Cantidad de perforaciones existentes y uso declarado.

Uso	Cantidad de pozos
Abastecimiento Poblacional	6
Uso agrícola	26
Uso industrial	11
Uso recreativo	3
sin especificar	3

En este apartado se profundiza sobre la demanda hídrica en la cuenca del río Malargüe y para ello se presenta un análisis de los padrones, tanto de aguas superficiales como subterráneas, y se complementa con un análisis de los usos del agua (agrícola y no agrícola). Posteriormente se presenta una breve descripción del clima desde el punto de vista agroclimático y se destacan las particularidades meteorológicas que tiene el área irrigada de la cuenca que permiten calcular las demandas por evapotranspiración potencial de los cultivos. Finalmente se aborda la eficiencia de uso del agua, tanto en su componente de conducción como en su componente de aplicación. Como producto de estos análisis se obtienen los datos necesarios para obtener por UAM y por uso del agua, la demanda bruta que debe ser abastecida por el sistema hidráulico presente en la cuenca del río Malargüe.

3.2- Análisis del padrón de aguas superficiales

El análisis del padrón de aguas superficial se realizó en base al listado de usuarios registrados y activos del DGI informado por la Dirección de Administración de Derechos de la Dirección de Recaudación y Financiamiento, con fecha de corte en octubre de 2016.

Este listado se usó como base sobre la cual se organizaron y se agruparon los datos para conocer cantidad y distribución de las categorías de derecho de riego y tipos de uso, en función del número de registros y superficies empadronadas. En la Tabla 2.5 se presentan las superficies empadronadas por UAM.

Tabla 2.5: Superficies empadronadas y categorías de empadronamiento por UAM

Unidad Administrativa de Manejo	Abastecimiento de población	Definitivo	Dominio privado	Eventual	Permiso precario	Uso industrial	Uso público	TOTAL
Cañada Colorada	50			1578	1163	105		2895
Las Chacras	40	352		136	38	15	0	581
Subtotal del Río	90	352	0	1714	1201	15	105	3477
Alamito - Chacay			200	24	984		2	1210
Total del Área Cultivada	90	352	200	1738	2185	15	107	4687
Laguna Llancanelo				2479				2479
TOTAL	90	352	200	4217	2185	15	107	7166
	1.3%	4.9%	2.8%	58.8%	30.5%	0.2%	1.5%	100%

El abastecimiento poblacional empadronado en la UAM Las Chacras, corresponde al área de antiguas industrias Grassi, cuya toma directa sobre el río Malargüe se encuentra, actualmente, fuera de servicio.

3.2.1- Superficie empadronada y categorías de derecho

El siguiente gráfico muestra los porcentajes de los distintos empadronamientos que posee la cuenca del río Malargüe. Observándose que el mayor porcentaje lo obtiene en el permiso eventual con 59% y el permiso precario con un 30,5 %.

El abastecimiento poblacional (1,3 %), se ubica en el canal Cañada Colorada, cuyo destino es la planta potabilizadora de agua de la ciudad de Malargüe. El resto de las localidades de la cuenca tienen como fuente de abastecimiento de agua potable perforaciones de agua subterránea.

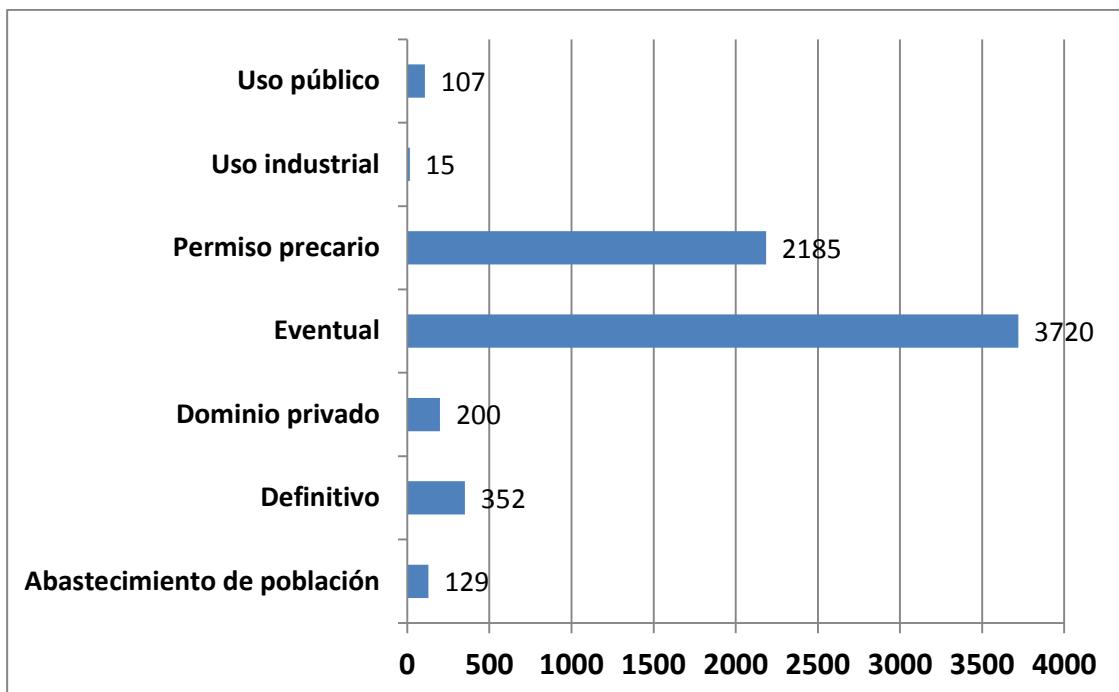


Figura 2.9: Superficie empadronada según categoría de derecho. Cuenca del río Malargüe.

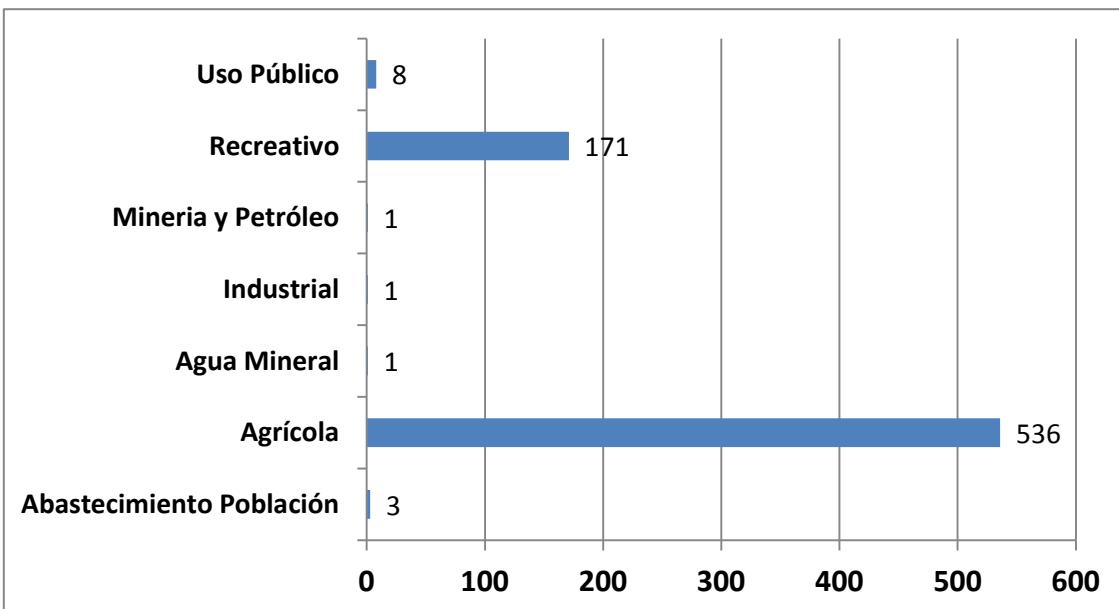


Figura 2.10: Cantidad de padrones según tipo de uso. Cuenca del río Malargüe.

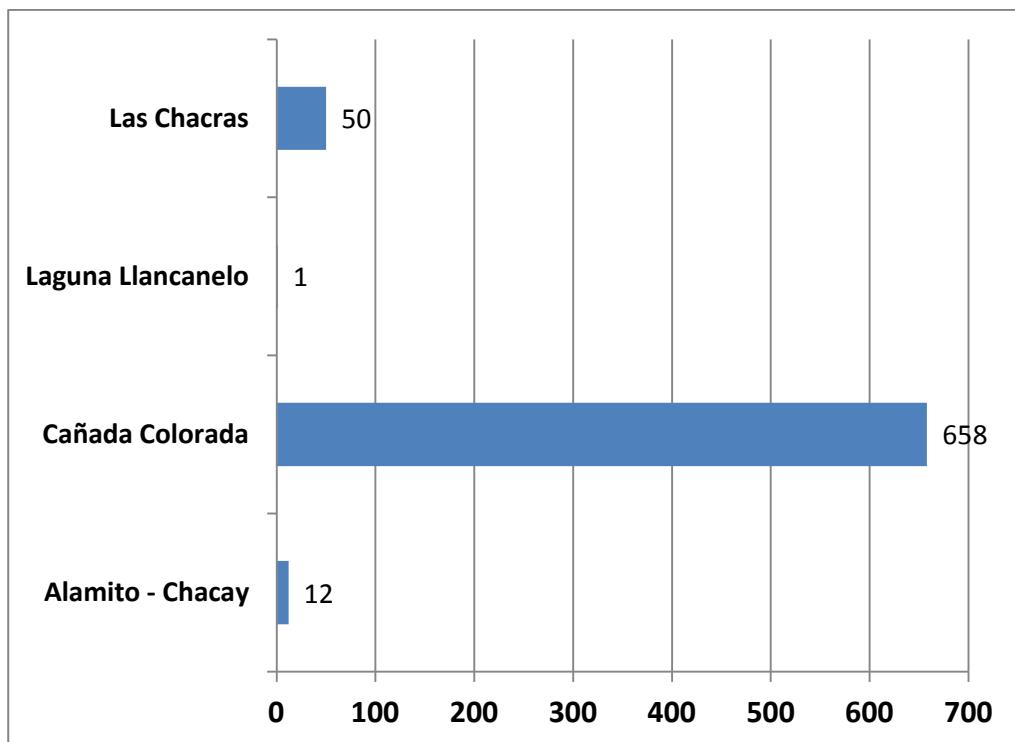


Figura 2.11: Cantidad de Padrones total por Unidad de Manejo. Cuenca del río Malargüe.

3.2.2- Resumen de superficies empadronadas

A los efectos de la caracterización de la demanda es fundamental determinar las superficies concesionadas para cada tipo de uso, ya que será en base a esta información que se procesarán las distintas demandas, según sea su naturaleza de concesión. A tal fin se dispuso de la base de datos registrales mencionada y se procedió al procesamiento de los datos clasificándolos de acuerdo a las UAM previamente determinadas por el equipo de trabajo.

La superficie total empadronada (7.166 ha) surge de considerar todos los empadronamientos vigentes activos al mes de octubre de 2016, tomando en consideración la superficie sin reducción para riego. Cabe aclarar que el padrón de regantes es un registro dinámico en el tiempo, ya que se dan de alta o baja los usuarios según distintas situaciones. Por esta razón al día de hoy los valores exhibidos en las siguientes tablas pueden haber sufrido cambios.

3.3- Caracterización de los usos agrícolas del agua

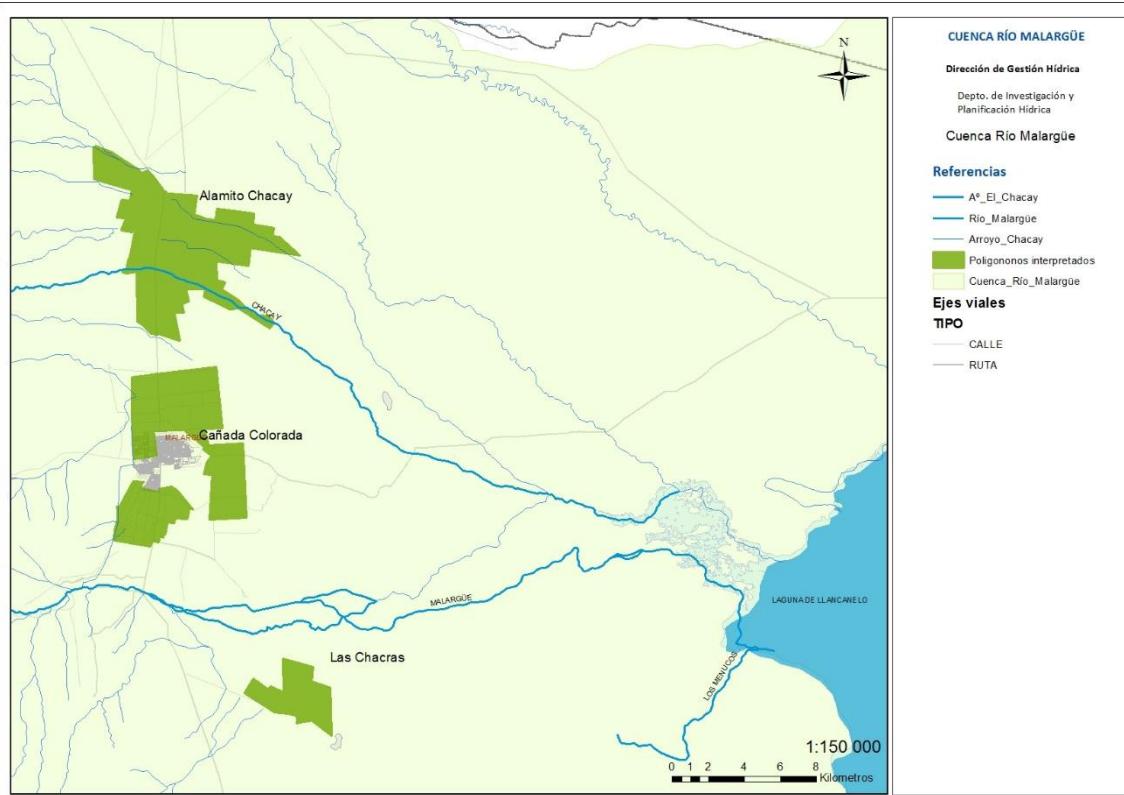
Los usos agrícolas del agua analizados por UAM nos permiten establecer las demandas de agua que tiene la agricultura en cada una de ellas. Para ello en las áreas agrícolas el uso del suelo se ha caracterizado por cultivos representativos a efectos de establecer la célula de cultivo⁵ en cada UAM. Esta información afectada por las demandas de cada cultivo, según las particularidades del clima, permite establecer la demanda de riego. Para realizar dicha tarea se utilizó la misma metodología empleada para determinar los usos del suelo en las cuencas Superior e Inferior del río Tunuyán y en la cuenca del río Mendoza.

⁵ Célula de cultivo: representa la composición porcentual de cada clase de cultivo en una determinada área. En este informe se establece la célula de cultivo (porcentual) en cada UAM. Las células de cultivo de cada unidad de manejo pueden ser consultadas en los Anexos.

3.3.1- Metodología empleada para la determinación de usos del suelo

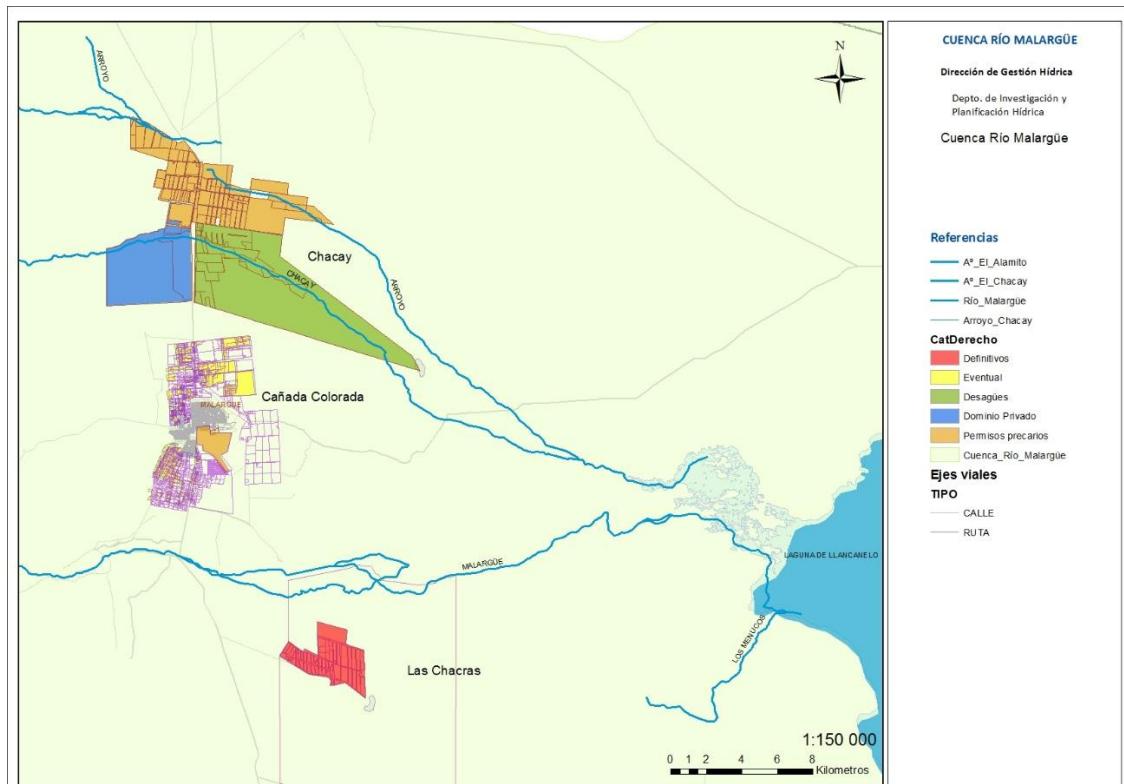
Los trabajos referidos a la teledetección, en donde se diferenciaron los distintos usos de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes (percepción remota), se realizaron en aquellas parcelas que se identificaron con derecho de riego de agua superficial y sin derecho, las cuales al momento del cruce de base de datos, sus nomenclaturas fueron coincidentes. Se trabajó con el mosaico parcelario catastral proveniente de la Dirección Provincial de Catastro y la información registral del Departamento General de Irrigación, de donde se relacionaron las bases de datos y surgió una nueva base que especifica las parcelas que cuentan con derecho de agua superficial, su categoría de derecho y el uso correspondiente.

1. A modo de establecer una metodología de trabajo para la determinación de los usos de la tierra, se establece que:
2. Se sistematizó en una única base los datos alfanuméricos provenientes de la Base Catastral de la DPC y la base de datos Registrales del DGI, tomando como campo relacional la Nomenclatura catastral.
3. Se elabora una nueva base de dato teniendo en cuenta la información elaborada por los datos registrales del DGI y la Dirección Provincial de Catastro.
4. Los datos que se utilizaron para establecer los diferentes usos del suelo y para calcular las células de cultivo por Unidad de Manejo, , se obtuvieron a partir del procesamiento remoto de imágenes tomando como recurso informático el software ArcGis 9.3 y como base de interpretación visual las imágenes de Google Earth, con fecha de captura 2009 - 2016.
5. Las categorías utilizadas para discriminar los usos de suelo de cada parcela fueron: abandonado antiguo, abandonado reciente, vegetación natural, antropizado, forestal, siembra, pastura hortícola y papa. Esta última se dividió en dos subcategorías: por un lado los cultivos hortícolas propiamente dichos e interpretada a través de las imágenes satelitales, estos incluyen en el particular caso de la cuenca del río Malargüe el ajo, zanahoria y otras hortícolas que los productores incluyen en rotaciones anuales o interanuales. Y por el otro, papa semilla, referida a aquellas parcelas regadas en las que se producen las distintas categorías de papa para semilla según las condiciones requeridas para su certificación.
6. Debido a la antigüedad las imágenes satelitales de algunas zonas de la cuenca, se realizó la verificación a campo de aquellas parcelas en donde la imagen satelital no es clara, permitiendo así confirmar el tipo de uso del suelo existente en dichas parcelas.
7. Se generó un muestreo del total de los cultivos en rotación y papa espontánea para luego proceder a una validación de estos y determinar si se trataba de estos cultivos en rotación o de vegetación espontánea bajo riego.
8. Se generó un muestreo aleatorio de toda la cuenca, para luego realizar la matriz de confusión, como herramienta de validación del trabajo de determinación de usos del suelo.



Fuente: Elaboración propia DGI 2017. Dirección de gestión Hídrica- Departamento de Planificación e Investigación Hídrica

Figura 2.12: Área Interpretada. Cuenca río Malargüe.



Fuente: Elaboración propia DGI 2017. Dirección de gestión Hídrica- Departamento de Planificación e Investigación Hídrica

Figura 2.13: Categoría de derecho. Cuenca río Malargüe.

Tabla 2.6: Categoría de derecho. Cuenca río Malargüe.

Uso	Tipo	Descripción
Agrícola	Abandonado Antiguo	Fincas o cuarteles sistematizados para riego, que no han sido cultivados en los últimos cinco años.
	Abandonado Reciente	Fincas o cuarteles que han sido cultivados, donde se observa nivelación, y sistematización para riego; al momento de la interpretación se encuentra en descanso. Se incluyen aquellas parcelas en las cuales se ha cultivado papa-semilla. En ellas la legislación exige el barbecho para el crecimiento de papa espontánea.
	Forestal	Para determinar la demanda dentro del balance hídrico se toma como especie de referencia al álamo.
	Hortaliza	Para determinar la demanda dentro del balance hídrico se toma como especie de referencia el ajo en invierno.
	Papa	Fincas o cuarteles que son cultivados con papa semilla, o mini-tubérculos. Se incluyen en esta categoría las rotaciones necesarias exigidas para papa-semilla. (centeno, maíz, entre otros)
	Siembra/ Rastrojo	Se toma como especie de referencia un proporcional de la alfalfa. En esta categoría se han incluido las parcelas que se encuentran en barbecho.
No agrícola	Pastura	Se toma como referencia las gramíneas destinadas a pasturas y silo-bolsa.
	Antropizado	Se hace referencia a las represas, viviendas, galpones, industrias, escuelas, ejes de circulación
	Vegetación Natural	Se hace referencia a la vegetación xerófila, vegetación natural de la provincia de Mendoza, la cual forma parte de la Provincia Fitogeográfica del Monte

Fuente: Elaboración propia DGI 2017. Dirección de gestión Hídrica- Departamento de Planificación e Investigación Hídrica.

Tabla 2.7: Síntesis de los usos de la tierra identificados según interpretación

Usos de la tierra	Superficie (ha)	Porcentaje
abandonado antiguo	70.00	2.9
abandonado reciente	98.34	4.0
hortícola	269.82	11.0
pastura	369.97	15.1
siembra	546.51	22.3
papa	580.37	23.7
forestal	517.02	21.1
Total	2452.02	100.0

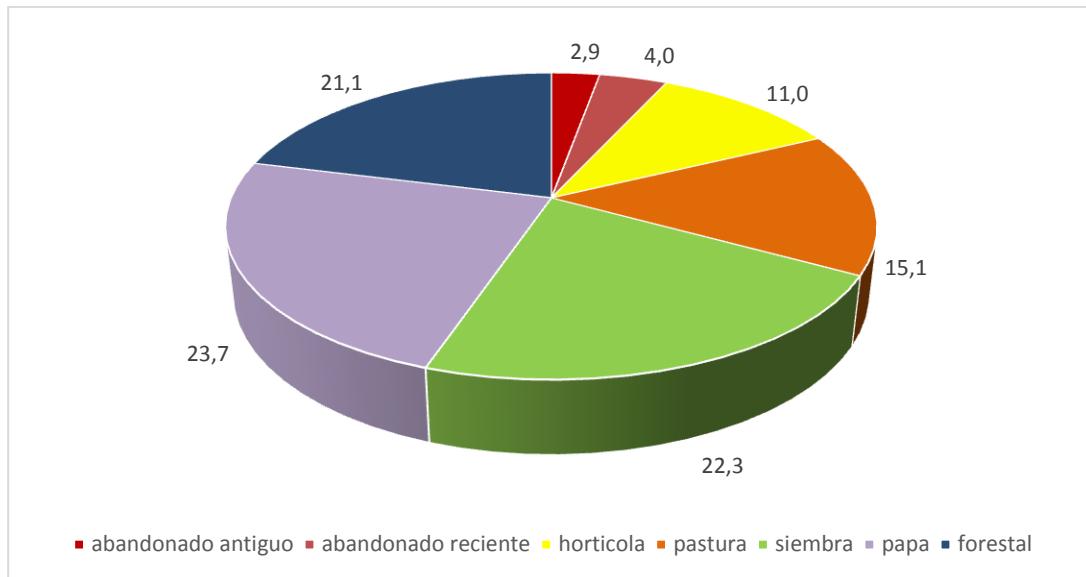


Figura 2.14: Usos del suelo identificados (Célula de cultivo). Cuenca río Malargüe

A partir de esa información se obtuvo el porcentual de cada uso referido al total, definiendo así las células de cultivo.

3.4- Caracterización de los usos no agrícolas

Se consideran usos no agrícolas a todos aquellos cuya finalidad no es el riego agrícola, incluyéndose en esta clasificación los usos consuntivos y no consuntivos del agua.

Las demandas de agua para usos no agrícolas están constituidas por el abastecimiento de agua cruda para potabilización; el uso industrial incluyendo en este apartado la industria del petróleo; el reúso de efluentes cloacales tratados, el uso energético no consuntivo y el uso turístico y/o náutico. Los parques, jardines y espacios verdes, identificados en la caracterización de los usos del suelo, se consideran junto con las demandas agrícolas.

3.4.1- Demanda de agua para uso poblacional

En la cuenca del río Malargüe, y la ciudad cabecera la demanda para uso poblacional se abastece mediante agua superficial procedente del río Malargüe, captada a través de la red de riego desprendida del mismo río. No obstante, se ha reforzado con perforaciones.

3.4.2- Derechos empadronados con aguas subterráneas

El aprovechamiento del agua subterránea cuando el destino es distinto del agrícola, se categoriza en abastecimiento de población, para proveer a distribuidores de redes de agua potable, común o doméstico que comprende el uso particular de la vivienda por carecer de otra fuente de agua y el industrial que corresponde a los establecimientos que requieren del agua como insumo para el proceso.

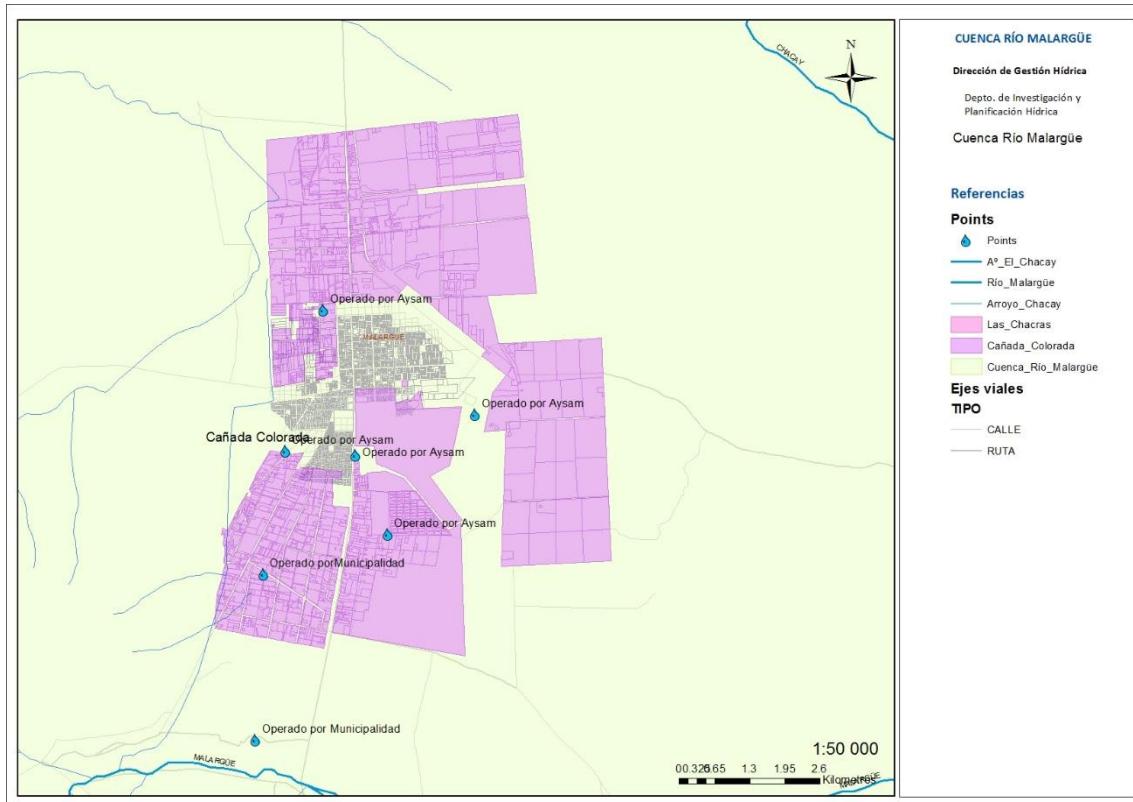


Figura 2.15: Perforaciones empadronadas para Abastecimiento Poblacional.

3.4.3- Servicio de provisión y distribución de agua potable:

El servicio de potabilización y distribución de agua potable lo realiza mayoritariamente la Empresa Agua y Saneamiento Mendoza (AYSAM) y en menor proporción, participa el Municipio de Malargüe. Se completa el abastecimiento de agua potable, también con fuentes subterráneas.

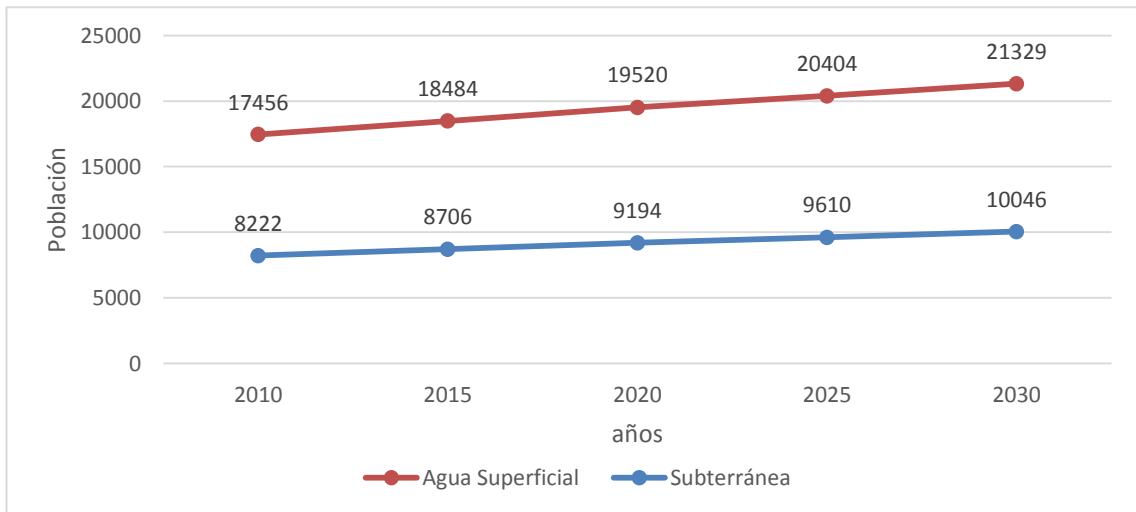


Figura 2.16: Evolución de la población servida, según fuente, en la cuenca del río Malargüe, en cantidad de habitantes. Período 2000-2030.

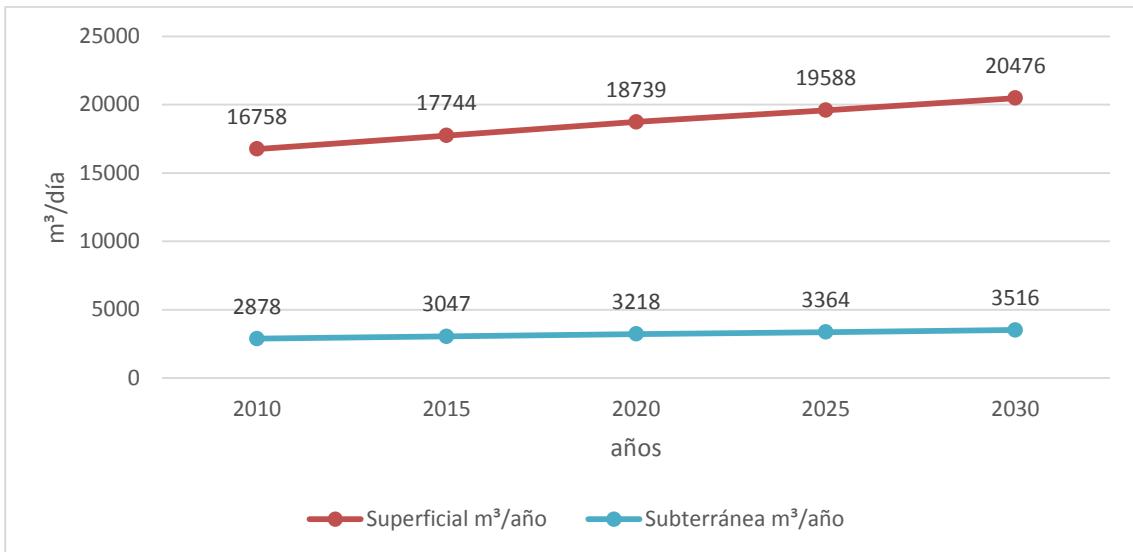


Figura 2.17: Evolución del volumen diario del recurso para abastecimiento poblacional en la cuenca del río Malargüe, en m³/día. Período 2010-2030.

3.4.4- Uso industrial del agua

El uso industrial en la cuenca se refiere principalmente al uso en la actividad petrolera, en cuyo caso se hace uso del agua subterránea.

Es importante mencionar que existen además en la cuenca una demanda por parte de otras industrias de tipo agroindustrial y mecánicas que utilizan recursos subterráneos difíciles de cuantificar.

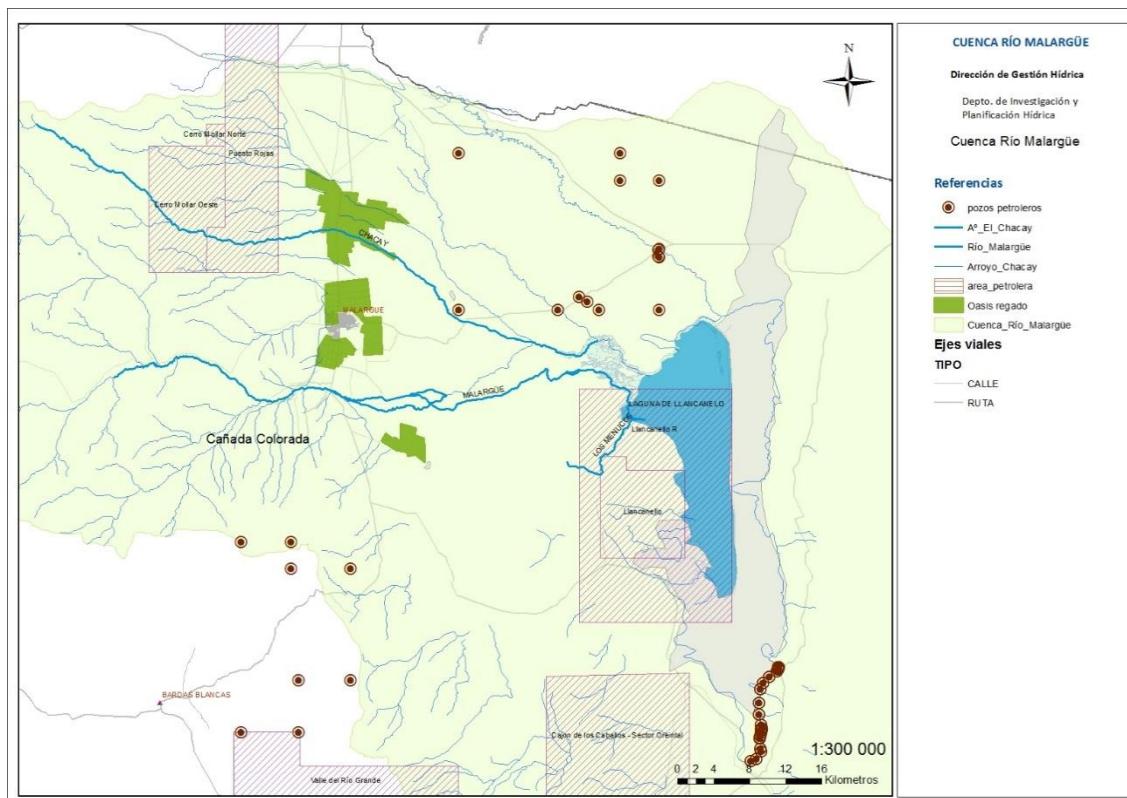


Figura 2.18: Cartografía de la cuenca del río Malargüe.

3.4.5- Demanda para usos especiales

La laguna de Llancanelo se ubica al sur de la provincia de Mendoza, a una altitud de 1330 m.s.n.m. Fue declarada Reserva Natural por el Gobierno de la Provincia y designada como el sitio RAMSAR N° 759 (1995), cubriendo una superficie de 65.000 ha Este ambiente constituye un conjunto acuático formado por bañados, ciénagas, estuarios, salinas y el espejo de agua. Este humedal de especiales características se constituye en un sitio de importancia ecológica por la gran cantidad de aves playeras que lo utilizan para sus actividades de reproducción o como sitio de paso en sus migraciones.

El río Malargüe ingresa a la parte baja de la cuenca por el sector noroeste, el área total que drena hacia la laguna es de 1600 km² (DGI, 2004). Los caudales mencionados no siempre llegan superficialmente a la laguna porque son tomados para los distintos sistemas de riego o se evaporan en su trayecto.

En la cuenca hidrogeológica de Llancanelo, el flujo de agua subterránea se desplaza en forma concordante con la topografía del lugar. Siguiendo una dirección generalizada oeste-este o noroeste-sureste. Por otro lado, los flujos de agua subterránea provenientes de las pequeñas cuencas sedimentarias del este, se desplazan en cambio, en dirección este-oeste.

La laguna Llancanelo está empadronada con un permiso eventual por 2.479 ha.



Figura 2.19: Imágenes de la laguna Llancanelo

3.4.6- Uso recreativo, turístico y piscícola del agua

El ecoturismo o turismo de la naturaleza es una actividad productiva que, si es correctamente gestionada, puede ser de gran aporte al desarrollo económico de la provincia y fundamental para la conservación de su biodiversidad. Esta actividad puede desarrollarse en superficie terrestre o espejos de agua.

Para el caso de la cuenca en estudio, las actividades que se desarrollan a lo largo del río Malargüe y también la laguna Llancanelo.

3.5- Contexto climático en la determinación de las demandas hídricas de cultivo

En términos globales, la cuenca del río Malargüe pertenece a la franja de clima templado-árido del oeste argentino. Se extiende desde las altas cumbres al oeste, en donde los picos superan los 3.400 metros sobre el nivel del mar en el extremo occidental, hasta la laguna de Llancanelo, donde en la altura promedio es de 1.300 m sobre el nivel del mar. En el sur, en la zona de los volcanes, la altura llega a los 3.680 m en la cumbre del volcán Payún. Esta importante diferencia de altitud se manifiesta en los tipos climáticos que se encuentran en la zona, aunque existe poca variación por existir una geografía algo más homogénea que en otras cuencas.

Según Köeppen la cuenca del río Malargüe incluye climas (G), BSkw (Gb), BSkw (a) y BWkw (a), los que corresponden a clima de montaña; estepario de montaña, con lluvias estacionales, frío en invierno, coincidentes con la época de sequía; estepario, con lluvias estacionales, frío en invierno, coincidentes con la época de sequía y temperaturas del mes más cálido superior a 22 °C; estepario de desierto, sin estación húmeda y con temperaturas del mes más cálido superior a 22 °C; respectivamente.

Según la clasificación climática de Knoche y tomando en cuenta los datos registrados en la Estación Aeropuerto Malargüe se puede concluir que la zona de Malargüe es más fría que las zonas aledañas, tanto al norte como al este de la misma, y es posible evidenciar que la Estación de Malargüe, forma parte del clima norte patagónico.

3.5.1- Circulación atmosférica en la zona

Toda la región tiene la característica de poseer una estratificación vertical de la atmósfera, que define dos zonas perfectamente diferenciadas. La primera alcanza los 3.000 metros de altura y está dominada por la circulación de la baja térmica. Este sistema básico, con el centro de alta presión semipermanente del Atlántico, es responsable de la advección de masas tropicales húmedas en la zona. La segunda capa, más elevada y ubicada por encima de los 3.000 metros, pertenece a la circulación de los vientos del oeste, que irrumpen fundamentalmente, con ingresos de aire frío y la génesis de ciclones o anticiclones sobre el continente y la ocurrencia de precipitaciones.

3.5.2- Régimen térmico

Los valores térmicos, caracterizan a la zona como continental. La temperatura media del mes más cálido en todas las estaciones no supera los 22,4 °C, mientras que la media del mes más frío está por encima de 4,4 °C en la Estación Aeropuerto Malargüe a una altura de 1475 msnm. Las temperaturas medias acusan la influencia patagónica que tiene la cuenca del río Malargüe.

Tabla 2.8: Resumen de las Principales Variables Meteorológicas

Localidad	Tº Máxima Media Anual °C	Tº Mínima Media Anual °C	Tº Media Anual °C	HR Media %	Precipitación Media Anual mm
Est. Aeropuerto Malargüe	19.7	4	11.5	57,9	310

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (SMN) Estadísticas 1971-1980.

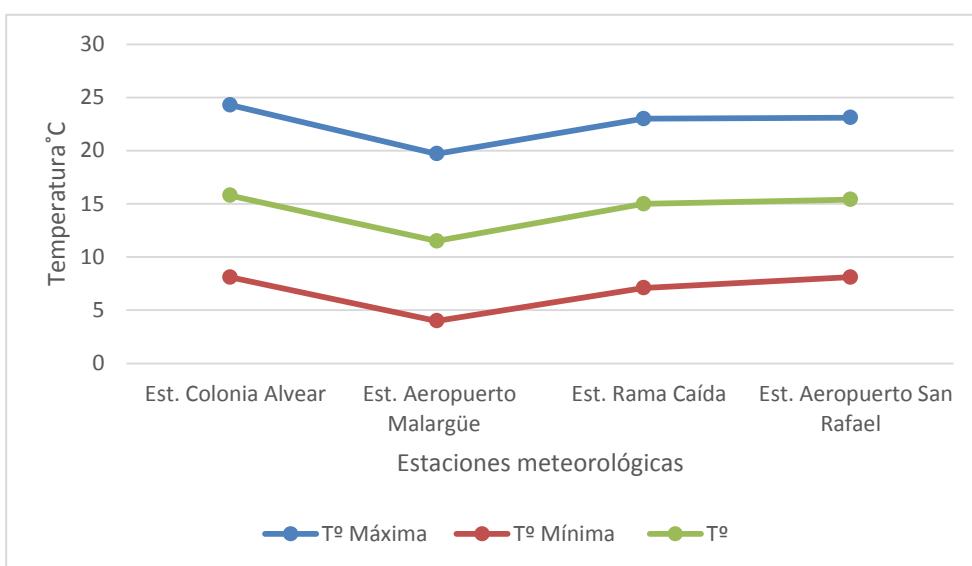


Figura 2.20: Comparación de temperaturas dentro de la cuenca del río Malargüe.

3.5.3- Vientos

El clima de la subregión de la Payunia depende de la acción del anticiclón del Pacífico, y las precipitaciones son invernales. Caracteriza a la Payunia la violencia de los vientos, especialmente en primavera y otoño. La humedad ambiente es baja.

La velocidad promedio anual en la estación es de 5,4 km/h. La velocidad máxima alcanza los 8 km/h y se registra en el mes de noviembre, mientras que la mínima es de 3 y se mantiene entre los meses de marzo y abril.

3.5.4- Precipitación

Los procesos de precipitación en la atmósfera se producen por la conjunción de dos fenómenos, la existencia de masas de aire húmedo ascendentes y la existencia de núcleos de condensación, que son los responsables que la humedad contenida en las nubes se acumule sobre su superficie.

Las tormentas en la región pueden tener los siguientes orígenes:

1. Convectivas: se generan por el ascenso de masas de aire húmedo a zonas frías de la atmósfera,
2. convergencia de frentes: se producen cuando chocan dos masas de aire, una cálida y húmeda con otra fría y seca.
3. Por diferencia de densidad la masa fría se introduce por debajo de la masa de aire cálida produciéndose la condensación y posterior precipitación de la humedad contenida en la masa cálida y humedad.
4. Orográficas: se producen por el choque de masas húmedas y cálidas contra obstáculos geográficos (serranías o cerros) que obligan a las masas de aire a ascender, y precipitar la humedad que contienen a llegar a pisos térmicos donde las temperaturas son más bajas.
5. Mezclas de masa de aire: Se produce cuando existe un ascenso convectivo de una masa de aire cálida y húmeda, la cual se encuentra en la altura con otra masa, esta vez fría y seca pero de igual magnitud de humedad. El exceso de humedad resultante de esta mezcla que se encuentre por encima del punto de rocío para esa temperatura, precipita.

Tabla 2.9: Valores anuales característicos de las estaciones pluviométricas de la cuenca del río Malargüe.

Estación	Latitud	Longitud	Altura (m.s.n.m)	Serie	Precipitación Media Anual (mm)		
					Promedio	Máximo	Mínimo
Los Mayines	35°18'00''	70°14'00''	2300	1987-2000	436,0	841,0	152,5
Bardas Blancas	35°51'00''	69°48'00''	1450	1986-2000	415,1	781,0	138,0
Pincheira	35°31'00''	69°48'00''	1750	1976-2000	323,6	559,5	80,0
Dique Malargüe	35°32'00''	69°38'00''	1500	1992-2000	310,3	457,0	190,5
Poti Malal	35°52'00''	69°57'00''	1485	1986-2000	375,3	672,0	57,3

El régimen de precipitación que alimenta al río Malargüe es pluvio-nival situación que difiere de lo que sucede en otros ríos de la provincia, donde los caudales solo dependen de la fusión nival. Esto se puede observar en los picos extremos que presenta el caudal del río Malargüe durante los meses de invierno, lo que coincide con los picos de precipitación en la zona central de esa cuenca.

3.5.5- Humedad relativa ambiente

La humedad relativa es la variable que menor diferencia presenta entre los registros de una estación a otra. La humedad relativa media anual tiene su máximo en la estación de Malargüe Aeropuerto en el mes de julio, con un 70 %, mientras que la mínima se registra en el mes de diciembre con 47%.

Si se comparan los registros de las estaciones de los alrededores de la cuenca, la estación que presenta mayor humedad media mensual es Colonia Alvear, con 62,2%. Le sigue la estación de Malargüe Aeropuerto con 57,9%. Esto indica que la humedad relativa ambiente en la planicie disminuye de sur a norte y de este a oeste. Seguramente si existieran datos de alguna estación ubicada más al oeste, se verificaría que por la influencia de la cordillera la humedad relativa ambiente sería elevada y existiría un doble gradiente, descendente de este a oeste y otro ascendente desde el este al oeste a partir de una zona central.

Por lo general los registros máximos de humedad relativa ambiente para las estaciones ubicadas al nordeste de Malargüe se observan en el mes de mayo, mientras que los mínimos se observan durante el mes de enero. El valor mínimo para este mes se registra en la Estación de Rama Caída, con 45% de humedad relativa ambiente

3.5.6- Heliofanía

En el ámbito de la cuenca del río Malargüe propiamente dicho solo una estación registra heliofanía, y es la del Aeropuerto del Malargüe, el pico máximo de heliofanía efectiva se produce en el mes de enero, con 9,9 horas de luz, mientras que el registro mínimo se observa en el mes de junio con 4,1 horas de luz solar. La heliofanía efectiva de las estaciones ubicadas más al norte y al este, como son Rama Caída y San Rafael, poseen mayor cantidad de horas de luz que la estación de Malargüe, la que se encuentra más al sur.

3.5.7- Caracterización agroclimática de la cuenca en estudio

Malargüe se encuentra en un punto de transición entre la cordillera, las llanuras mendocinas y la Payunia. La predominancia absoluta de los vientos del noreste (171%) y la elevada frecuencia de los cuadrantes sureste, pone de manifiesto la influencia del terreno en los rumbos de las masas de aire advecivas.

Tres aspectos fundamentales caracterizan el clima local: La falta de verano térmico y sustitución de este por un período libre de heladas que separa el otoño y la primavera. Las bajas temperaturas que en invierno pueden alcanzar -27°C, y el régimen de precipitación invernal, con una máxima secundaria en otoño. Un período (mediados de marzo a mediados de agosto) de balance hídrico favorable con almacenaje de agua útil (128mm aproximadamente).

El total de precipitaciones anuales es de 199 mm y la evapotranspiración potencial alcanza los 667 mm. La primavera comienza en la última semana de setiembre y finaliza la primera semana de diciembre. Las temperaturas máximas absolutas son muy bajas (-8.5°C a 0°C). Las temperaturas medias ascienden a 19.5°C, mientras que las máximas absolutas oscilan entre 31.5 y 33°C al finalizar la estación. El contenido de agua en la atmósfera es muy bajo. Altas frecuencias de días con vientos del NE, y vientos del W, SW y NW que son muy secos. La evapotranspiración alcanza índices altos, en consecuencia el déficit de precipitaciones se eleva de 32mm al comienzo, a 105mm al finalizar la misma. Esto explicaría que la evapotranspiración de primavera supere la del otoño.

El período libre de heladas es de 21 días. Las temperaturas mínimas absolutas oscilan entre 0° y 15°C, mientras que las máximas no presentan ninguna variante en los tres meses, es decir desde diciembre (primavera) hasta febrero (otoño), se mantienen en 38°C. Los valores térmicos medios alcanzan 19.5°C. La tensión de vapor en el mes de enero llega a los 11.5mm, para iniciar de inmediato un lento descenso. Es durante este período libre de heladas que los vientos del NE alcanzan la máxima frecuencia (312%). Las precipitaciones son muy escasas, y como la evapotranspiración potencial es máxima, se produce el mayor déficit de agua del año (107mm).

Con el otoño vuelven los fríos intensos (-10°C en el mes de abril), y las heladas aumentan rápidamente su frecuencia. Las temperaturas máximas absolutas descienden a 30.5°C, mientras que las medias solo

alcanzan 19.5°C. Durante esta estación se produce la máxima secundaria de precipitaciones, que en febrero llega a los 21mm, pero que a la mitad del otoño desciende, y se produce el mínimo secundario. El déficit de agua es menor al de la primavera.

Durante el invierno en Malargüe, las temperaturas mínimas absolutas son muy bajas y descienden hasta -23.5°C en junio, las heladas, muy fuertes, casi diarias todo el invierno. En esta estación se produce la máxima de las precipitaciones que en agosto alcanza los 36.9mm. Por otra parte, estas superan la evapotranspiración potencial, que es muy baja, a causa del frío invernal, y la alta frecuencia de cielos cubiertos. En consecuencia no solo hay déficit de precipitaciones sino que la cantidad de agua repuesta en el suelo (almacenaje de agua útil) llega a los 128mm.

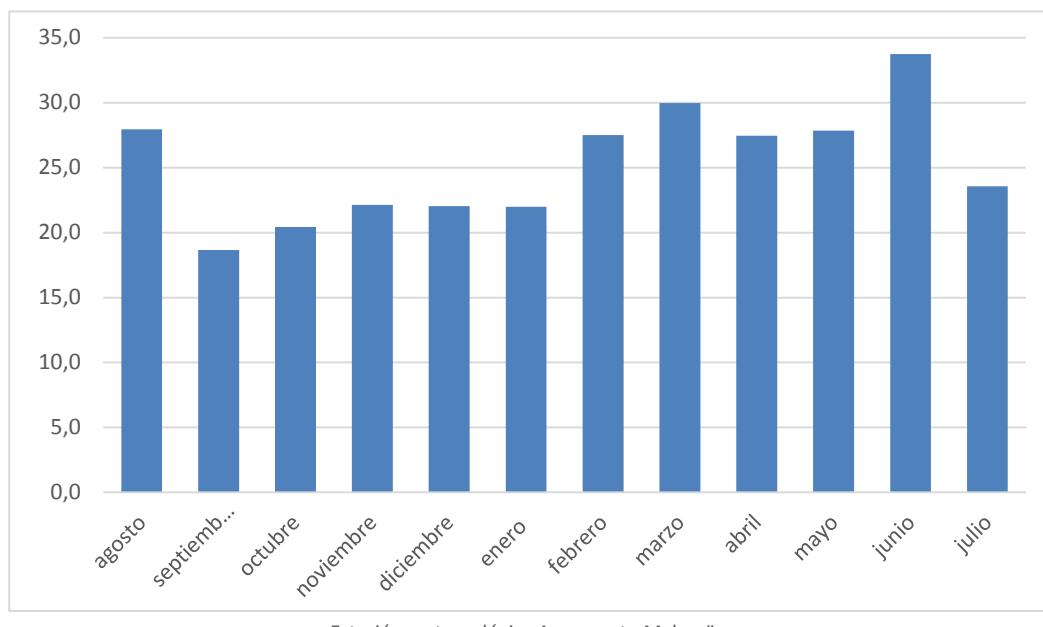


Figura 2.21: Precipitación acumulada media (mm/mes) de la serie 1990-2014.

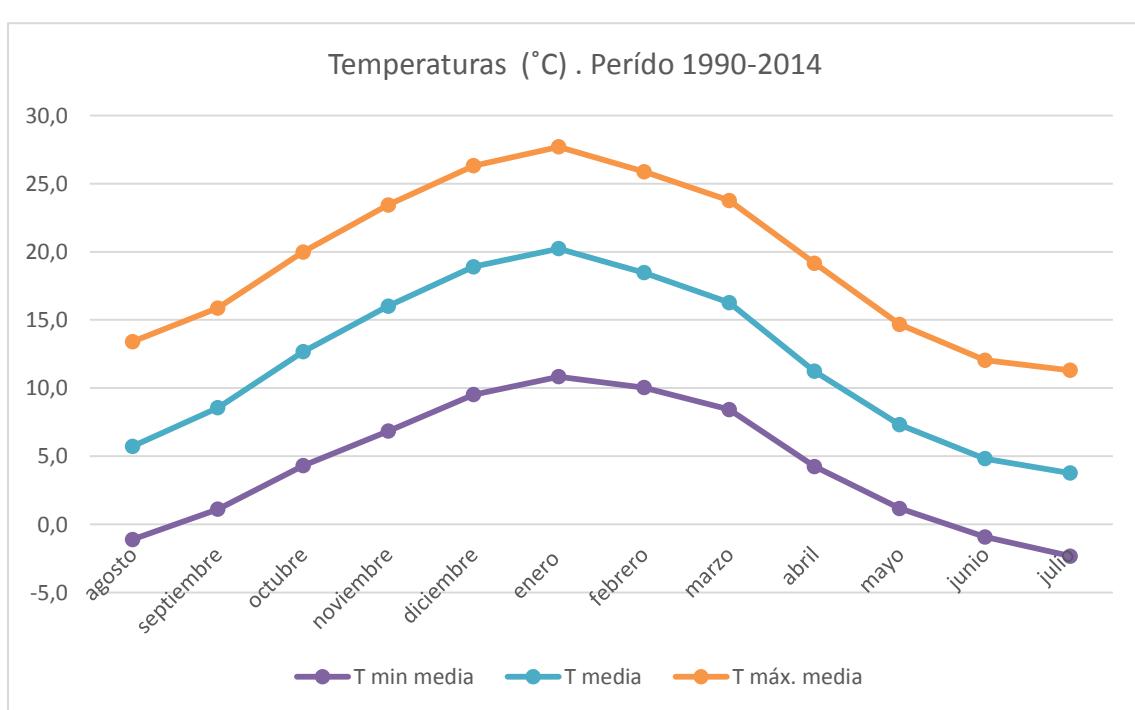
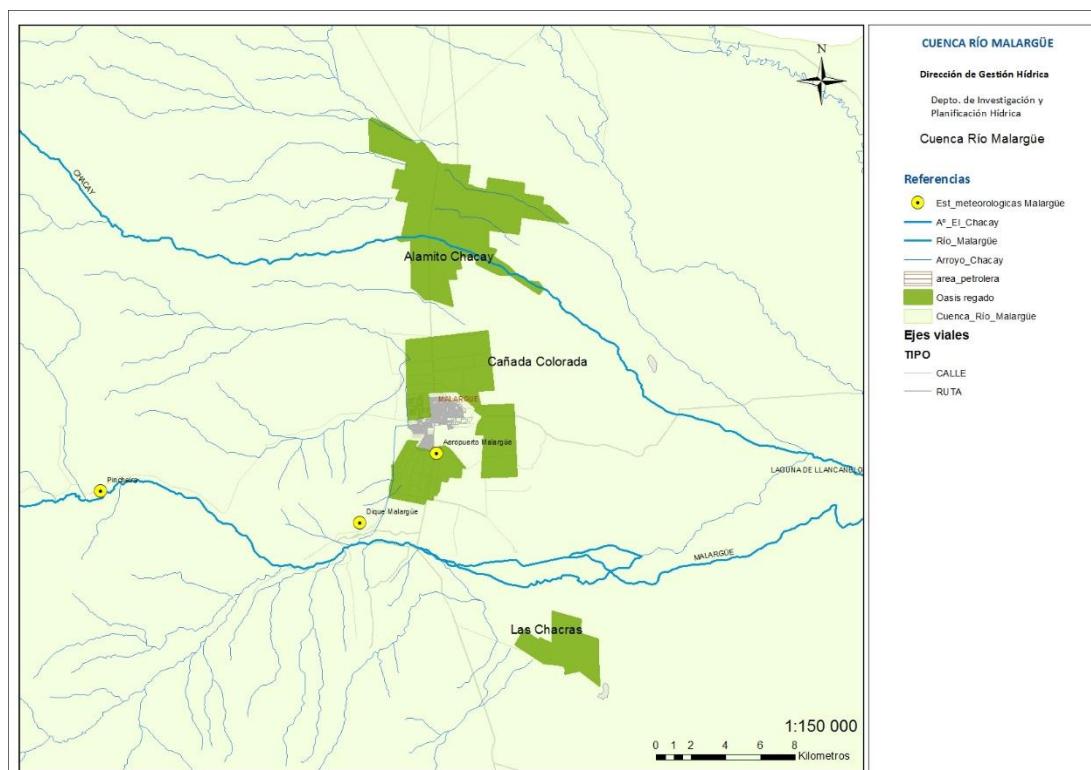


Figura 2.22: Temperaturas máxima, media y mínima media de la serie 1990-2014.

3.6- Datos climáticos para el cálculo de las necesidades de riego

Para obtener los datos climáticos necesarios, se realizó el procesamiento de la información agroclimática proveniente de tres estaciones meteorológicas. La estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional, ubicada en el Aeropuerto Malargüe, las estaciones meteorológicas de EVARSA ubicadas una en el dique Blas Brisoli, y la otra en el paraje Pincheira.

En la Figura 2.23 se muestran la ubicación de las estaciones meteorológicas. En el caso del cálculo de la evapotranspiración de referencia se realizó con datos de la Estación Aeropuerto Malargüe, ya que se pudo obtener una serie de datos completa y adecuada.



Fuente: Elaboración propia DGI 2017 Dirección de Gestión Hídrica

Figura 2.23: Estaciones meteorológicas

A continuación, se detallan los principales pasos seguidos para el procesamiento de datos⁶:

- 1)- Conversión del formato origen de datos a planilla de cálculo de uso técnico.
- 2)- Ordenamiento de los datos por fecha y variable.
- 3)- Depuración de años, meses y días faltantes. A tal efecto se descartaron los años que contaban con menos de 250 días de datos, y meses con menos de 25 días de datos, criterios considerados como límite admisible para efectuar relleno de datos faltantes por interpolación y ajuste aritmético.

⁶ Roselló, M. y Cúneo, G. 2015 Procesamiento de datos climáticos de la Cuenca del Río Mendoza.

- 4)- Determinación del rango útil de datos. Es decir, se seleccionó del periodo de datos existentes, cuál es aquel que cuenta con series completas o con un mínimo de datos a completar.
- 5)- Elaboración de gráficos de las series de datos seleccionadas para cada una de las variables necesarias (temperatura máxima y mínima, humedad relativa media, precipitación, velocidad del viento y radiación).
- 6)- Eliminación de datos fuera de rango mediante análisis de los gráficos obtenidos. Es decir se eliminaron los datos aberrantes que se puedan haber generado por déficit en la carga de la base de datos, o por errores del instrumental de medición.
- 7)- Confección de base de datos meteorológicos depurada.
- 8)- Representación de resúmenes de datos a través de tablas dinámicas.
- 9)- Procesamiento de información obtenida.

3.7- Determinación de las necesidades de riego de los cultivos

A través de los pasos descriptos se obtuvieron los datos meteorológicos. Con los datos de temperaturas, humedades relativas, heliofanía y viento se obtuvo la evapotranspiración de referencia (Tabla 2.10) a través del software *Eto Calculator* de FAO. Posteriormente, se obtuvo para cada una de las UAM los datos mensuales de precipitación y evapotranspiración de referencia necesarios para el cálculo de la demanda de riego, en este caso con el software WEAP.

Tabla 2.10: Necesidad de riego de los cultivos.

Fuente: Elaboración propia DGI 2017. Dirección de Gestión Hídrica.

UAM	Área UAM	Precipitación anual	Precipitación efectiva anual	Evapotranspiración
		ha	mm	mm
Chacay	1009	303	222	1462
Cañada Colorada	2846	303	222	1462
Las Chacras	538	303	222	1462

3.7.1- Estudio de la demanda agrícola por unidades administrativas de manejo

De los métodos que propone el software WEAP para el cálculo de la demanda, se utilizó el Método “*Irrigation Demands only*”⁷ que ya se aplicó para la cuencas de los ríos Tunuyán, Mendoza y Diamante, y de esta manera se contribuye a estandarizar los resultados. Este método prevé para el cálculo de demanda, las evapotranspiraciones de referencia y coeficientes de cultivo calculados externamente por el usuario. La información de evapotranspiración de referencia fue realizada a partir del cálculo propuesto por FAO en su Manual nº 56 (Estudio FAO Riego y Drenaje, Evapotranspiración del Cultivo) y los coeficientes de cultivo (*Kc*) y demás parámetros de cultivo (ciclo, fechas fenológicas, tipo de suelo) fueron ajustados para la zona mediante ensayos locales y bibliografía consultada (FCA UNCuyo, INTA Rama Caída). Se han realizado los cálculos de las necesidades de riego con el software *CROPWAT* y *ETo Calculator*, y se han utilizado los resultados como *input* del modelo construido en el software WEAP. Con este procedimiento se ha realizado el cálculo de las demandas de los diferentes usos agrícolas a partir de la información de clima disponible para la zona.

3.7.2- Demanda neta de los cultivos

⁷ Los métodos de cálculo son i). Rainfall Runoff (simplified coefficient method) *método de precipitación escorrentía*; ii). Irrigation Demands only (simplified coefficient method) *Sólo demandas de riego*; iii). Rainfall Runoff (soil moisture model) *Precipitación escorrentía en modelo de humedad del suelo*; iv) MABIA (según FAO 56, dual KC, diario). (WEAP, 2011)

La demanda neta de cultivo se refiere a la cantidad de agua que necesitan las plantas para cumplir con su ciclo vital, sin tener en cuenta parámetros de eficiencia de aplicación parcelaria u otros usos culturales del agua.

Para el cálculo de la demanda neta se considera el aporte de la precipitación como precipitación efectiva. La lluvia efectiva o aprovechable por los cultivos es uno de los elementos básicos a considerar en la ecuación de balance hídrico y ocupa un papel fundamental en la planificación del riego, el uso y el manejo eficiente de los recursos hídricos dedicados a esta actividad, así como en el dimensionamiento de las obras que conforman un sistema de riego.

La precipitación efectiva es la fracción de agua de lluvia que queda disponible para la planta luego de un evento de precipitación. Parte del agua precipitada es interceptada por la canopia, otra fracción es evaporada o retenida en los primeros centímetros de perfil de suelo que luego se evaporará sin llegar a ser aprovechada por la planta, y por último, si la precipitación es abundante, una fracción escurrirá, otra infiltrará y de persistir generará percolación. Es por ello que para precipitaciones de baja intensidad hay una gran proporción que quedará retenida en las plantas o se evaporarán, y para precipitaciones de gran intensidad la mayor parte del volumen caído escurrirá. De este modo hay que adoptar un criterio de cálculo para la precipitación efectiva que más se adapte a la zona en la que se esté trabajando. Entre la gran variedad de metodologías que se evaluaron se seleccionó la propuesta por FAO que ha sido realizada en base a datos de numerosas regiones áridas y semiáridas. Dicha propuesta considera lo siguiente:

Este procedimiento sencillo simplifica su aplicación, ya que como mencionamos, los múltiples factores que intervienen en la determinación de la precipitación efectiva son muy variables y dificultan su cálculo.

En resumen, para cada UAM se ha calculado la demanda neta agrícola teniendo en cuenta las características agroclimáticas que le corresponden y se ha proyectado la célula de cultivos a la superficie total empadronada de todos los derechos. En la Figura 2.24 se observa la demanda neta total por uso y por mes para toda la cuenca del río Malargüe, y el arroyo Chacay.

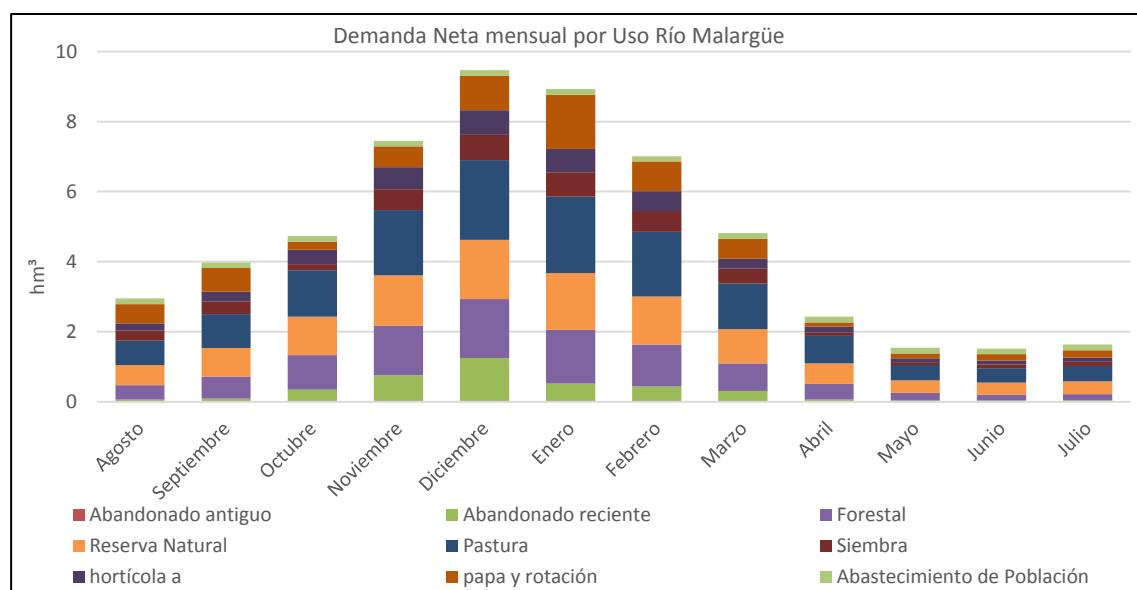


Figura 2.24: Demanda neta por tipo de uso del suelo para la cuenca del río Malargüe, y arroyo Chacay.

3.7.3- Demanda bruta de los cultivos

Hasta aquí se ha considerado la demanda neta o evapotranspiración de los cultivos, que representa el agua que realmente necesita la planta para cubrir sus necesidades durante un ciclo. En este sentido los ciclos de los cultivos se ajustaron regionalmente a los calendarios agrícolas del río Malargüe. En este punto resulta necesario realizar la consideración de las pérdidas que se producen en la captación del agua, en la conducción por canales e hijuelas (Chambouleyron *et al.*, 1982) y en la aplicación del riego en la finca (Chambouleyron y Morabito, 1982). También hay que agregar a la demanda el uso cultural del agua (necesario para llevar adelante los cultivos), siendo una cantidad extra de agua que cubre las mencionadas perdidas y en su conjunto se denomina demanda bruta.

El valor de la eficiencia de conducción da una magnitud de las pérdidas de agua que se producen en la conducción primaria y en las conducciones secundarias. Se la define como la relación entre el volumen de agua derivado a las conducciones terciarias y el volumen derivado a la zona de riego desde la captación.

El valor de la eficiencia de distribución es la relación entre el agua suministrada a las unidades de riego y la derivada a los canales terciarios desde los secundarios.

El valor conjunto de la eficiencia de conducción y distribución se la denomina eficiencia externa.

$$\text{Eficiencia externa} = \text{Ef. Distribución} \times \text{Ef. Conducción}$$

No se han incluido valores de eficiencia de distribución, haciendo la abstracción de que el caudal distribuido es proporcional a lo programado, ya que se están evaluando relaciones de oferta y demanda. Por último, la eficiencia de aplicación es la relación entre la cantidad de agua que llega a una propiedad y la que queda almacenada en el suelo disponible para el cultivo. Es la eficiencia del uso del agua por parte del productor, y en este documento se le llama eficiencia parcelaria.

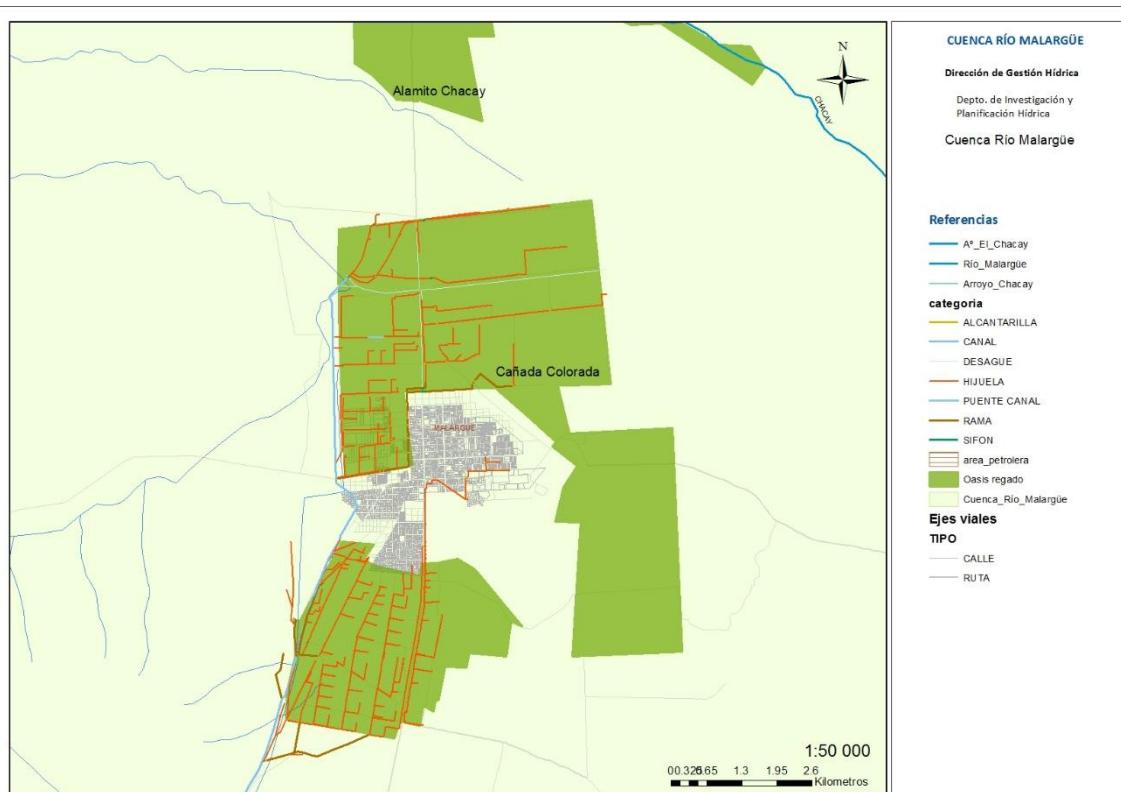
3.7.3.1- Eficiencia de conducción

A los efectos de la estimación de la eficiencia de conducción se realizó la medición de caudales en diversos tramos de la red de riego de la cuenca del río Malargüe, por medio del método de entradas y salidas, en correspondencia con los antecedentes (Hernandez, 1982) y con los estudios realizados por el DGI (Satlari, 2011). Para ello, se aforó al inicio y al final de tramos cuya longitud fuese superior al kilómetro (de preferencia lo más largo posible) y con la consideración de que en dichos tramos no hubiesen aportes externos de agua ni salidas como tomas intermedias abiertas. Las mediciones se realizaron bajo condiciones reales de operación del canal y sin interrumpir su funcionamiento.

Para la estimación de los valores a nivel de UAM, se siguió la metodología de cálculo empleada en el balance hídrico de la cuenca del río Mendoza⁸

En la figura a continuación se muestra la traza de la red de riego de la cuenca.

⁸ Cuneo, G. ; Ferrer, J. ; Laudadio, A.; Ortiz, N; . Roselló, M. y Satlari, G. 2016. Eficiencia de Conducción en la cuenca del río Mendoza. Departamento General de Irrigación. Mendoza



Fuente: Elaboración propia. DGI, 2017

Figura 2.25: Red de riego, Cuenca del río Malargüe.

A continuación se presentan los valores de eficiencia de conducción obtenidos para cada UAM.

Tabla 2.11: Eficiencias de conducción por Unidades Administrativas de Manejo del río Malargüe.

UAM	Eficiencia de Conducción %
Chacay	85
Cañada Colorada	78
Las Chacras	75
Promedio	79

La eficiencia de conducción de la cuenca del río Malargüe calculada como un promedio de la eficiencia de todas las unidades de manejo con datos es de 79,3 %.

3.7.3.2- Eficiencia parcelaria

La eficiencia parcelaria merece una amplia discusión y replanteo de conceptos a distintos niveles. El DGI ha iniciado una discusión de este tema, que incluye aspectos jurídicos y de desarrollo económico, ya que los valores que se adopten de eficiencia parcelaria repercuten necesariamente en las acciones jurídicas, administrativas y de operación. De este modo fijado un valor de eficiencia, queda determinado el valor de demanda, por lo que se debe contar con los instrumentos pertinentes para ejecutar adecuadamente la operación.

Para el cumplimiento de los objetivos del Balance Hídrico y de los enunciados legales que lo motivan, así como a efectos de asegurar la cantidad de agua que requiere un terreno y un cultivo determinado, se precisa definir la cantidad de agua que se debe disponer en cabecera para llegar a regar adecuada y sustentablemente un cultivo.

Tabla 2.12: Desempeño del riego parcelario en el río Malargüe (Resumen).

UAM	Eficiencia de Aplicación %
Alamito Chacay	55
Cañada Colorada	39
Las Chacras	38
Promedio ponderado	40,4

Fuente: Elaboración propia, DGI 2016.

Basados en las evaluaciones realizadas se encontró que predominan los riegos sin desague al pie (96%) debido a las pequeñas pendientes de las parcelas (del orden de los 0,00102 m.m-1 en promedio). Respecto a los cultivos, si bien hay diferencias entre las proporciones de cada uno en la célula que representa a la cuenca (obtenida del trabajo de interpretación visual de usos del suelo) y en la célula construida con las parcelas evaluadas en este documento; los principales cultivos en la cuenca (pasturas, papa y horticultura) están representados en proporciones similares en ambas.

Como se ha comentado en este documento, el principal objetivo de este trabajo es el de establecer una cantidad suficiente de agua por hectárea para satisfacer las necesidades a la que se destina, teniendo en cuenta la naturaleza de las tierras y de los cultivos presentes en ella. Por ello el valor de la eficiencia actual es importante y permite mostrar la realidad del uso del agua.

Tabla 2.13: Eficiencias actuales.

	Eficiencias consideradas	%	Observación
Eficiencia actual	Eficiencia externa (media ponderada)	79,3	
	Eficiencia de riego actual en finca	40,4	
	Eficiencia Global (ponderada)	32,2	

Fuente: Elaboración propia DGI 2016

Como se mencionó, este trabajo no incluye la eficiencia de conducción interna (ECI), es decir la eficiencia asociada a la conducción del agua desde la bocatoma de la finca hasta su entrada en la parcela o sector donde se aplicará mediante el riego.

3.7.3.3- Los usos culturales del agua

Los agricultores demandan aguas para distintas tareas agrícolas, tales como humedecer, arar y rastrear, controlar malezas, abrir y/o tapar surcos para incorporación de abonos o fertilizantes y también para defensa pasiva contra heladas (ASAE, 2000). Además, se resalta que la sistematización de los cuarteles a regar está organizada para recibir los caudales máximos de verano (el tamaño de regadoras, estructuras de derivación, ancho y largo de unidades de riego), lo que resulta en una infraestructura de riego en finca con poca elasticidad para las entregas, sobre todo en primavera, si se pretende entregar el agua según indican las fórmulas climáticas.

Los operadores de los sistemas primarios de distribución respetan los requerimientos culturales, ya que los sistemas secundarios y terciarios tampoco tienen la suficiente elasticidad para el manejo de bajos caudales. El resultado es que se entregan volúmenes superiores para cubrir los requerimientos de evapotranspiración de los cultivos en esa época, por lo que, además de las demandas netas, se tienen en cuenta las eficiencias de riego y también los usos culturales del agua. Luego de ese primer riego, el sistema queda a turno y sigue la programación de erogación elaborada en función de una curva de demanda general.

En este trabajo se han considerado esas demandas, que se han denominado “uso cultural del agua”, y se le ha asignado un valor extra, proporcional al mencionado más arriba, para llegar a un caudal manejable tanto en finca como en canales.

3.7.4- Valores de demanda bruta de los cultivos

Al considerar todos los factores de pérdidas (eficiencia de aplicación, de conducción, de aplicación y por usos culturales) en la demanda neta, obtenemos la demanda bruta. Este concepto de demanda bruta se refiere a la cantidad de agua total que se debe derivar del río para satisfacer al 100 % las demandas de cada uno de los usos, teniendo en cuenta las pérdidas ocasionadas en el camino hasta que el agua llega al pie de la planta o a la boca de cada uso. Todas las variables citadas fueron incorporadas en el modelo y se obtuvo una salida de información de demanda bruta por UAM, como así también por tipo de uso.

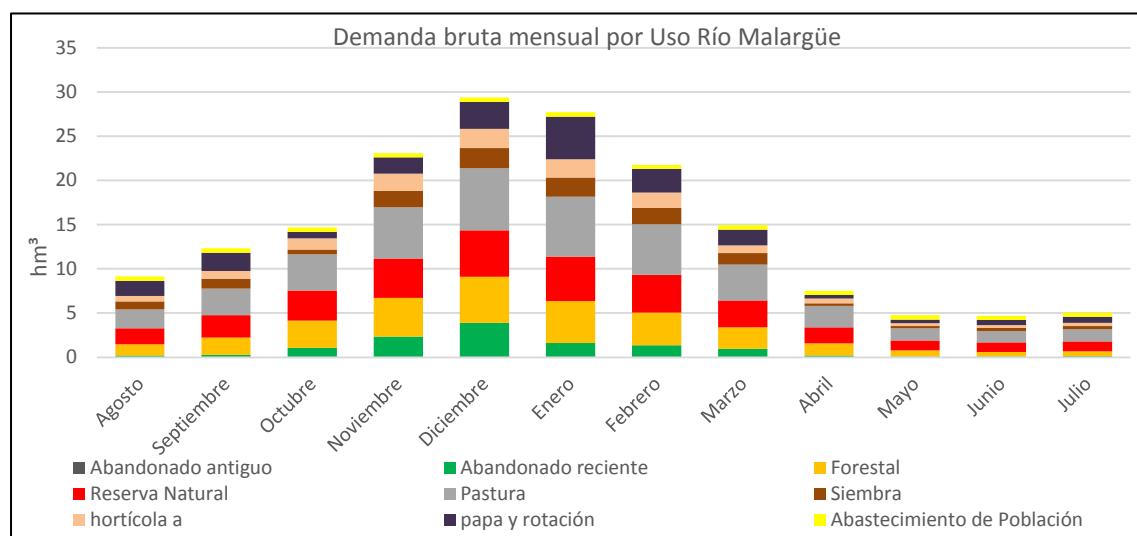


Figura 2.26: Demanda bruta por tipo de uso del suelo para la cuenca del río Malargüe.

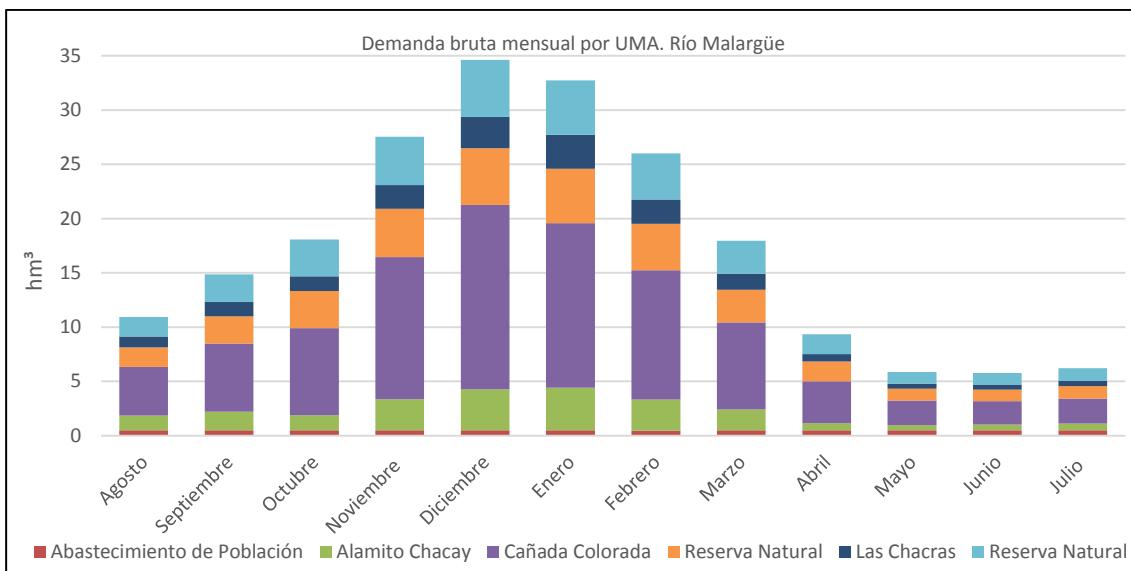


Figura 2.24: Demandas brutas (con eficiencia actual) por UAM derivadas del río Malargüe, y arroyo Chacay.

4- Resultados

Para ilustrar los resultados de la demanda por unidad administrativa de manejo, se presentan a continuación una serie de tablas y figuras que ayudan a entender la distribución volumétrica de la demanda y el espacio temporal.

Para la serie de tiempo considerado en la modelación de 2001 a 2015, se indica que es un periodo representativo donde se replican años ricos, medios y pobres con inclusión de variabilidad de la demanda dependiendo de la climatología de cada año en particular. Estas condiciones climáticas engloban todos aquellos parámetros que definen la evapotranspiración de los cultivos, como así también las precipitaciones que hacen un aporte desde dos puntos de vista. El primero consiste en un aporte directo de agua para abastecer la demanda de los cultivos, para lo cual se considera la precipitación efectiva descrita. El segundo contempla que a pesar de que las precipitaciones sean pequeñas y no lleguen a aportar agua por no alcanzar los umbrales de precipitación efectiva, tienen un importante efecto en la eficiencia de conducción y aplicación del agua de riego, ya que humedecen el suelo y el agua se comporta de manera diferente que en un suelo completamente seco.

La siguiente figura muestra el comportamiento de la demanda para la serie de tiempo modelada

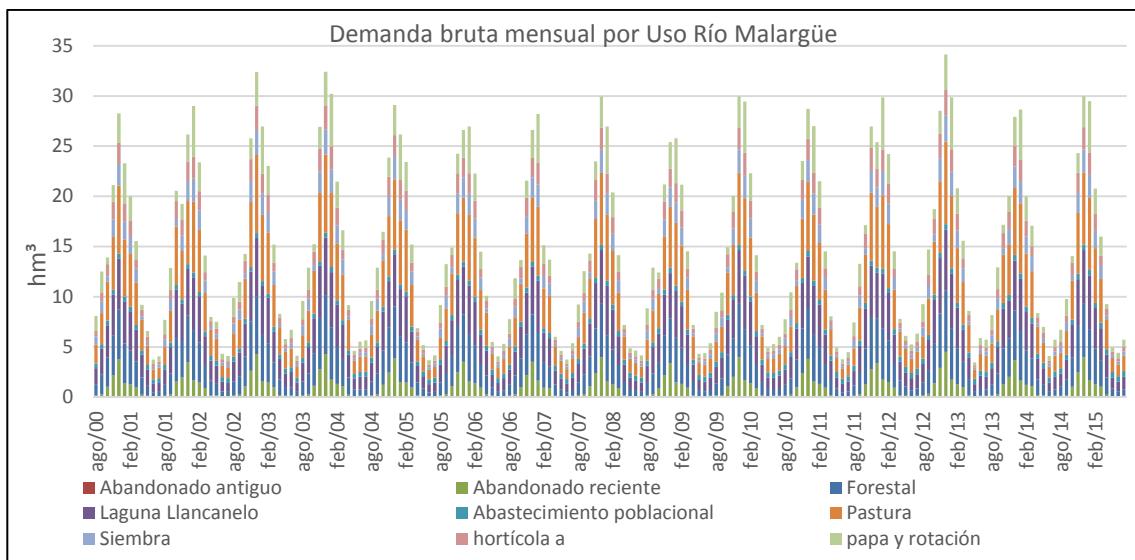


Figura 2.28: Demandas Brutas por uso del suelo para la cuenca del río Malargüe 2001-2015.

A continuación, se observan las demandas de los cultivos por mes en toda la cuenca, y para tener dimensión del agua demandada, se la comparó con su equivalente en lámina.

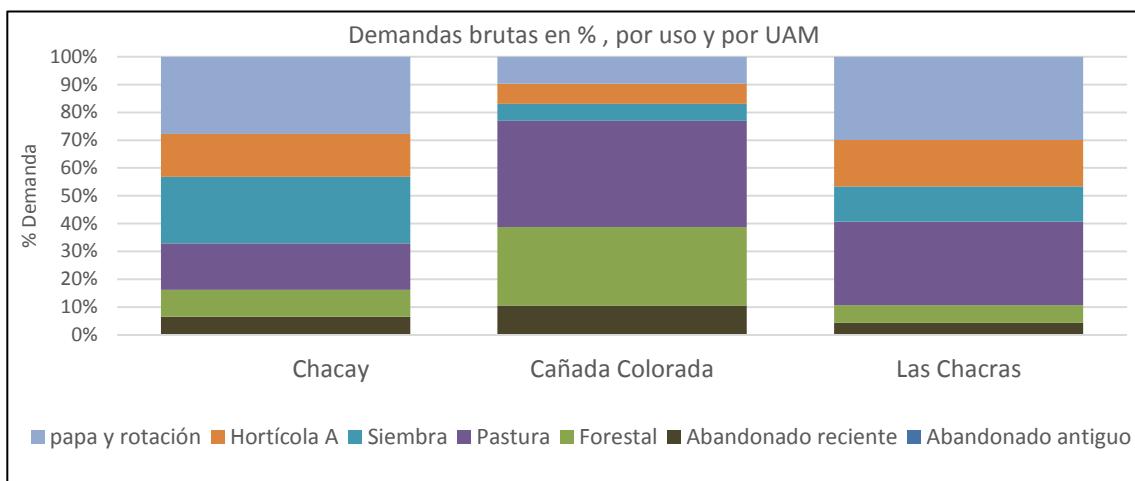


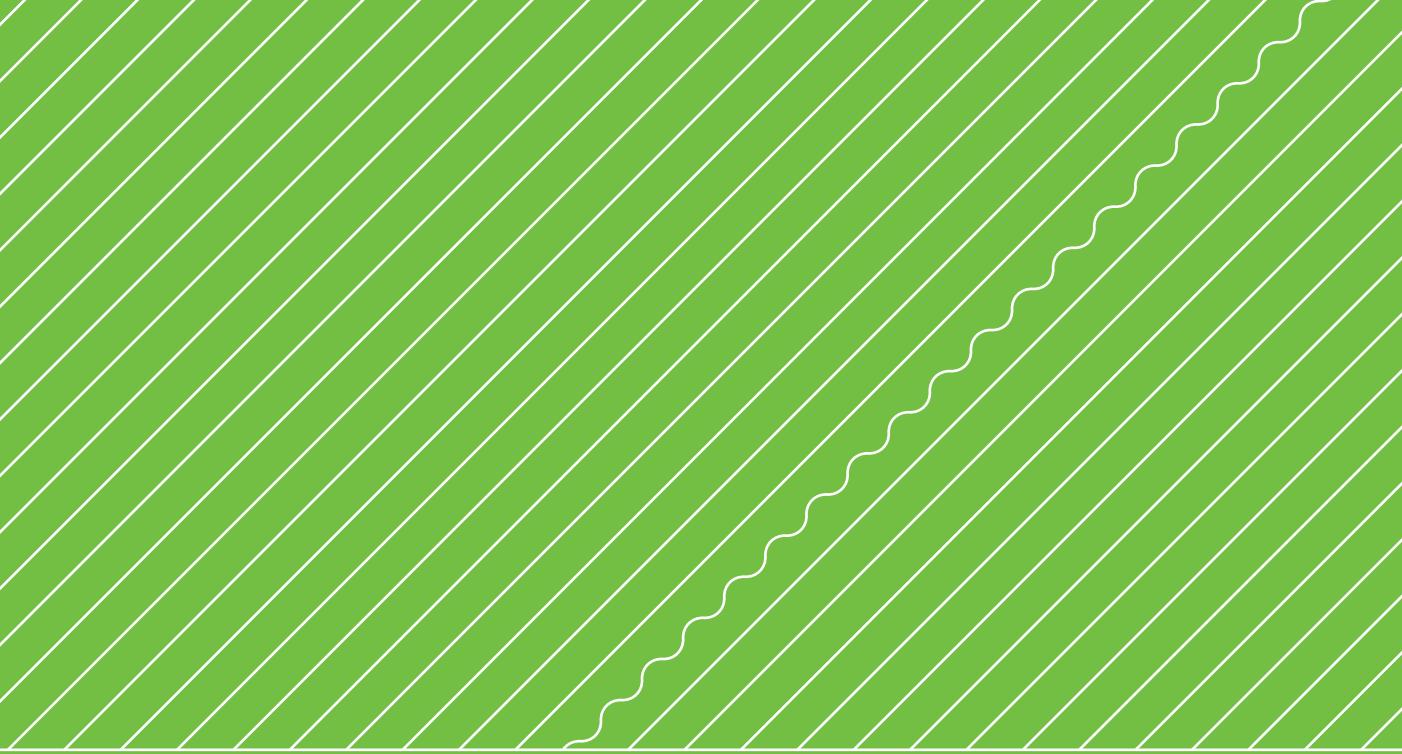
Figura 2.29: Demandas brutas en porcentaje por uso y por UAM derivadas del río Malargüe y arroyo Chacay.

Tabla 2.14: Demandas brutas en hm³ y mm por uso y por mes.

Uso	Abast. de Población	Abandonado antiguo	Abandonado reciente	Forestal	Pastura	Siembra	Hortícola A	papa y rotación	Total Usos Activos
Superficie	232	86	845	754	1104	477	412	714	4540
Variable	hm ³	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm
Agosto	0.5	0.0	0	0.2	22	1.3	170	2.2	195
Septiembre	0.5	0.0	0	0.3	31	2.0	261	3.0	274
Octubre	0.5	0.0	0	1.1	128	3.1	406	4.1	371
Noviembre	0.5	0.0	0	2.4	278	4.4	581	5.8	524
Diciembre	0.5	0.0	0	3.9	460	5.2	692	7.0	638
Enero	0.5	0.0	0	1.6	189	4.8	632	6.8	612
Febrero	0.5	0.0	0	1.4	160	3.7	491	5.7	519
Marzo	0.5	0.0	0	1.0	113	2.4	322	4.1	368
Abril	0.5	0.0	0	0.2	23	1.4	184	2.4	219
Mayo	0.5	0.0	0	0.1	13	0.7	91	1.4	123
Junio	0.5	0.0	0	0.1	13	0.5	68	1.3	116
Julio	0.5	0.0	0	0.1	14	0.5	72	1.4	123
Suma	5.9	0.0	0	12.2	1445	29.9	3969	45.1	4082
									13.2
									3201
									20.6
									2772
									140.2
									3088

2.5- Bibliografía

- Abraham, E. 2001. Plan estratégico Mendoza 2010. Diagnóstico entorno geográfico y ambiental, Mendoza. <http://www.ecoatlas.org.ar/unidades/ambiente/expansion.html>
- ASAE. S. 2000. Evaluation of irrigations furrows. American Society of Agricultural Engineering. EP419.1. USA P.893 – 898
- Boca, T. y Rodríguez, G. 2008 Métodos estadísticos de la evaluación de la exactitud de productos derivados de sensores remotos. Buenos Aires: Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar.
- Capitanelli, R. 2005. Climatología de Mendoza. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras.
- Cuneo, G. ; Ferrer, J. ; Laudadio, A.; Ortiz, N; . Roselló, M. y Satlari, G. 2016. Eficiencia de Conducción en la cuenca del río Mendoza. Departamento General de Irrigación. Mendoza
- De Fina, A. Gianetto, F; Richard, A. y Sabella. 1964. Difusión Geográfica de cultivos índice en la Provincia de Mendoza. INTA Bs.As. En Marzo, M. e Inchauspe, O. 1967. Geografía de Mendoza. Editorial Spadoni S.A. Mendoza.
- Hernández, J.I. 1982. Infiltración en la red secundaria del río Mendoza. Síntesis de trabajo. Documento D – 39. Serie Técnica CRAS. San Juan.
- Marzo, M. e Inchauspe, O. 1967. Geografía de Mendoza. Editorial Spadoni S.A. Mendoza.
- Masiokas, M. H., R. Villalba, D. A. Christie, E. Betman, B. H. Luckman, C. Le Quesne, M. R. Prieto, and S. Mauget. 2012. Snowpack variations since AD 1150 in the Andes of Chile and Argentina (30°–37°S) inferred from rainfall, tree-ring and documentary records, *J. Geophys. Res.*, 117, D05112, doi:10.1029/2011JD016748.
- Morábito, J., Salatino, S.y Schilardi, C. 2012. Prácticas para incrementar la productividad y asegurar la sostenibilidad del uso del agua y del suelo. VI Jornadas de Riego y Fertilriego. DGI, INA, INTA. Mendoza.
- Morábito,J. 2003 Desempeño del riego por superficie en el área de riego del río Mendoza. Eficiencia actual y potencial. Parámetros de riego y recomendaciones para un menor aprovechamiento agrícola en un marco sustentable. Tesis para optar al grado de Magister scientiae. Mendoza. Facultad de Ciencias Agrarias. Maestría en Riego y Drenaje. Universidad Nacional de Cuyo. Instituto Nacional del Agua. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Mustoni, N. 2015. La teledetección en la estimación del uso de los derechos de agua para el balance hídrico del río Tunuyán Superior. Congreso Nacional del Agua. Paraná.
- Norte, F. 1996. Mapa climatológico Mendoza. Inventario de recursos de la Región Andina Argentina. Sistema físico ambiental de Cuyo. Provincia de Mendoza. Junta de Andalucía Gobiernos y Universidades de la Región Andina Argentina
- Organización Meteorológica Mundial. 1994. Guía de prácticas hidrológicas. Adquisición y proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones. OMM nº 168. ISBN: 92- 63-30169-9
- Pereira Luis Santos (2010) El riego y sus Tecnologías. Editorial CREA UCLM. España. 296 p.
- Roselló, M. y Cúneo, G. 2015 Procesamiento de datos climáticos de la cuenca del río Mendoza.
- Satlari, G. 2011. Infiltración y Erosión. Sus efectos sobre la red de canales a partir de la regulación del río Mendoza. Monografía de especialista en Riego y Drenaje. Fac. de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Mendoza.



Capítulo 3

Balance Hídrico del río Malargüe

IRRIGACIÓN

1- Presentación

En este capítulo se expondrá la interpretación de los resultados, las principales conclusiones y la descripción de directrices futuras que se proponen en virtud de la realización del Balance Hídrico preliminar de la cuenca del río Malargüe. De este modo se describe el marco conceptual y metodológico adoptado y validado para la ejecución del Programa de Balance Hídrico Provincial, que es aplicable a todas las cuencas administrativas de Mendoza, considerando asimismo su periódica actualización y ajustes. Además se desarrolla a continuación el tratamiento de los resultados y productos que se han obtenido en el desarrollo de éste balance hídrico preliminar.

Se ha obtenido como resultado concreto el Balance Hídrico Actual, que ha sido calculado con las eficiencias de riego actuales, los derechos superficiales empadronados cultivados y los coeficientes de distribución utilizados a la fecha

Finalmente, se realiza un análisis institucional que deviene de la implementación del balance hídrico para la administración del agua en la cuenca.

2- Aspectos técnicos

Como productos técnicos del trabajo de referencia se destacan la definición del marco conceptual y metodológico para la elaboración del balance hídrico y los resultados alcanzados del mismo para la situación actual. Como productos intermedios, el conocimiento de uso de derechos de riego, saneamiento catastral, estimación de eficiencias de conducción y de riego, mejoras en la cartografía de la red de riego, parámetros climáticos y demás productos intermedios que se mencionan en este documento.

2.1- Desarrollo conceptual y metodológico

La propuesta de trabajo ha sido desarrollada en base a los importantes aportes que distintas administraciones del Departamento General de Irrigación han nutrido a este organismo y han permitido dar continuidad institucional a este proceso de alto prestigio técnico. Además, ha sido insoslayable la colaboración de personal calificado y con gran experiencia que posibilitaron el abordaje adecuado para la elaboración del presente estudio. También se resaltan como antecedentes imprescindibles para la elaboración del balance hídrico, las siguientes labores institucionales: Plan Hídrico Provincial (1999), Planes Directores de Cuenca (Proyecto DGI PNUD FAO ARG 00/008) (2003), Plan Estratégico de Desarrollo del Gobierno de Mendoza (2010), Plan Agua 2020 (2013), Programa Provincial de Balances Hídricos (2015-2017); Balances Hídricos de las cuencas del río Tunuyán (río Tunuyán superior – 2014 - y río Tunuyán inferior -2015) , Balance Hídrico de la cuenca del río Mendoza, presentados en la Honorable Legislatura Provincial, y los Balances de los ríos Diamante y Atuel, terminados en febrero de 2017.

Se ha logrado desarrollar y consolidar el marco conceptual y metodológico para la implementación de Programa de Balance Hídrico de todas las cuencas de Mendoza en el contexto del Plan Agua 2020. Este ha sido enriquecido y validado por medio de los convenios de cooperación de FAO (2013-2016), el Programa PROSAP y el Acuerdo UTF FAO ARG 015. También ha sido importante la colaboración del Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) y la Universidad de Arizona que ha brindado asistencia técnica en temas vinculados al diálogo política-ciencia y agua.

En lo que respecta a la adopción de una herramienta de planificación y gestión para ejecutar el balance hídrico, y después del análisis pormenorizado de los diversos modelos, se adoptó el software WEAP (Water Evaluation and Planning System). El mismo es software de libre acceso que ha sido desarrollado por el SEI (Stockholm Environment Institute) y como características principales se destaca su versatilidad

y la posibilidad de realizar evaluaciones de planificación integrada de los recursos hídricos. Además posibilita obtener resultados que contribuyen a los objetivos planteados y la toma de decisiones.

Finalmente se contó con el apoyo profesional y técnico de prestigiosas instituciones del medio local, tales como la Facultad Regional San Rafael de la Universidad Tecnológica Nacional, el INTA EEA Rama Caída, y EA. INTA Gral Alvear, la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo, ISCAMEN, la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas del Gobierno de Mendoza, el Instituto Nacional del Agua, e Inspecciones de Cauce.

3- Balance Hídrico Actual

A los efectos del presente análisis, es importante destacar que se exhiben resultados y conclusiones de las unidades administrativas de manejo (UAM) que se abastecen directamente desde el río Malargüe, y del arroyo El Chacay. No se incluyen resultados del arroyo El Alamito por no disponer de datos de oferta.

Se presenta la modelación actual de la cuenca del río Malargüe, teniendo en cuenta aspectos climáticos, de suelo, accidentes geográficos, etc. que permiten la caracterización de la misma. Cabe aclarar que la calibración del modelo no se ha logrado en su totalidad por falta de información de los movimientos de aguas subterráneas y de los aportes de arroyos y manantiales, tales como Menucos, Carapacho y Carilauquen., que permitirían lograr una adecuada calibración mediante la consideración de los volúmenes acumulados en la laguna Llancanelo (cierre de cuenca).

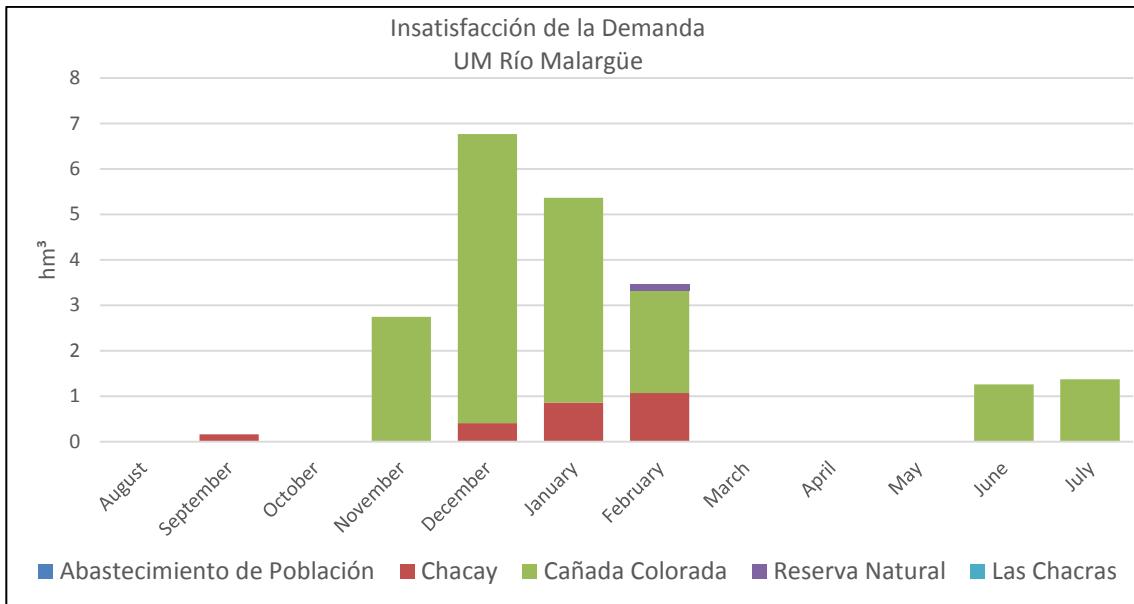
Para la ejecución de este balance se incorporaron las reglas de operación históricas del dique Blas Brisoli hacia el canal Cañada Colorada. También se han estimado las eficiencias actuales de conducción y de aplicación. Se han obtenido las superficies cultivadas con derechos y los coeficientes de distribución utilizados a la fecha. En la calibración del modelo construido mediante el software WEAP, resultará conveniente la incorporación de las correlaciones entre nieve acumulada y superficie de la laguna, al no estar cuantificados los aportes superficiales y subsuperficiales, que se estima que están relacionados con la nieve acumulada, por lo que resulta conveniente incorporar las correlaciones entre nieve acumulada y superficie de la laguna (Masiokas, 2012).

Producto de un análisis comparativo entre oferta y demanda para cada UAM y para los diferentes usos del recurso hídrico, se proponen y calculan dos indicadores que describen al Balance Hídrico Actual para el Río Malargüe. Estos son: Insatisfacción de la Demanda y Cobertura de la Demanda. Con este último indicador se infiere posteriormente la garantía.

Se entiende por insatisfacción de la demanda a la diferencia entre el volumen requerido para cubrir la demanda bruta y la cantidad de agua disponible (oferta). Este indicador, expresa cual es el volumen de agua faltante que no es posible cubrir con la oferta disponible y se lo ha expresado en hm^3 . Por su parte y relacionado con el anterior indicador, se entiende como cobertura de la demanda al porcentual de la demanda bruta que se abastece a partir de la oferta disponible. Se puede interpretar como la inversa de la insatisfacción de la demanda expresada en porcentaje.

2.2.3.1- Insatisfacción de la demanda

La diferencia de volúmenes posibles de entregar, frente al requerimiento bruto para cada UAM, permite visualizar la satisfacción o insatisfacción de la demanda y que constituye, como ya mencionamos, una expresión de resultado del Balance Hídrico Actual.



Fuente: Elaboración propia DGI 2017

Figura 6.6: Insatisfacción de la demanda para la eficiencia actual (hm^3) por UAM.

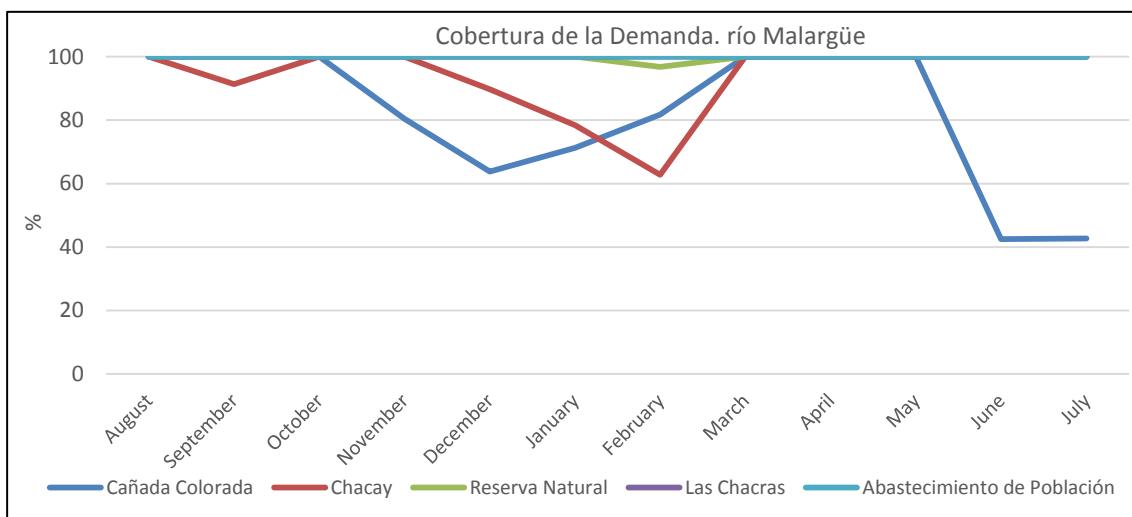
En la Figura 6.6 están representadas todas las UAM abastecidas desde el río Malargüe, y también el Arroyo El Chacay.

En las UAM Cañada Colorada se pone de manifiesto los déficits mensuales generados por la relación oferta-demanda. En la figura 6.6 se observa que en noviembre, diciembre, enero y febrero se presentan déficits de 2,74; 6,77; 5,37; 3,45 hm^3 en forma respectiva, que es el 18% de la demanda bruta total para esos meses. También, pueden observarse las insatisfacciones generadas en los meses de invierno a causa de la corta anual necesaria para realizar los mantenimientos de la red de riego. En la insatisfacción de la demanda, es gravitante la influencia de la baja eficiencia de riego, que se advierte cuando se observan los caudales que transportan los desagües del sistema de riego.

Se ha realizado el cálculo de las insatisfacciones de la demanda para cada una de las UAM, las que se muestran en la Tabla 6.4. Aquí se expresan los déficits, mes a mes, y se observa que el efecto de la corta anual de agua no es gravitante en volumen. Además, para una mejor comparación del indicador insatisfacción de la demanda, se consideró conveniente transformar el valor de volumen en hm^3 a mm de lámina (cociente entre volumen y superficie, expresado en mm). La insatisfacción de la demanda, expresada en mm, se la puede observar en la última columna, como una suma de todos los fallos mensuales acumulados. Expressar este indicador en lámina, permite relacionar al mismo, con conceptos agronómicos de riego como así también con la precipitación.

UM	Sup Emp. Cultivada	Ago (hm³)	Sep (hm³)	Oct (hm³)	Nov (hm³)	Dic (hm³)	Ene (hm³)	Feb (hm³)	Mar (hm³)	Abr (hm³)	May (hm³)	Jun (hm³)	Jul (hm³)	Suma (hm³)	Total (mm)
Cañada Colorada	2846	0.00	0.00	0.00	-2.74	-6.36	-4.51	-2.25	0.00	0.00	0.00	-1.26	-1.37	-18.50	-650
Las Chacras	538	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Sub Total Río	3384	0.00	0.00	0.00	-2.74	-6.36	-4.51	-2.25	0.00	0.00	0.00	-1.26	-1.37	-18.50	-547
Chacay	1009	0.00	-0.16	0.00	0.00	-0.41	-0.86	-1.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.49	-247
Reserva Natural	2479	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.13	0
Abast. de Población	232	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Total Cuenca	7105	0.00	-0.16	0.00	-2.74	-6.77	-5.37	-3.45	0.00	0.00	0.00	-1.26	-1.37	-21.12	-297

Tabla 6.4: Insatisfacción de las demandas para la eficiencia actual.



Fuente: Elaboración propia DGI 2017

Figura 6.8:Cobertura de la demanda en porcentaje para la eficiencia actual (hm^3) por UAM.

En la Tabla 6.5 y la Figura 6.8 se puede observar que las coberturas están por encima del 60 % en todas las UAM, excepto el efecto de la corta anual de agua en Cañada Colorada. El descenso de fines de primavera está asociado a mayores demandas, en consecuencia, menores coberturas. Las bajas eficiencias de riego, hacen descender las coberturas en diciembre y enero, meses de máxima demandas.

Por su parte, durante el periodo invernal, que es el de menor demanda, se realiza la corta anual de aguas a efectos de realizar obras de mantenimiento, mejoramiento de la red de distribución, ejecución de nuevas obras. Durante la corta anual se advierten estos fallos en la UAM Cañada Colorada.

Es importante aclarar que el modelo ha tenido en cuenta para el cálculo de la cobertura, la distribución hídrica promedio histórica, la cual genera estas curvas de cobertura que presentan fallos a lo largo de la temporada. Puede concluirse en consecuencia que la modelación realizada simula la erogación de agua del Dique Blas Brisolí que comúnmente efectúa la Jefatura de Zona. Este requerimiento de modelación fue oportunamente sugerido por el panel de expertos internacionales de FAO durante sus misiones de trabajo en Mendoza en los años 2013 y 2014 y durante la asistencia técnica 2015 se adquirieron capacidades para ejecutarlo en la Cuenca del río Mendoza y replicarlo en esta cuenca.

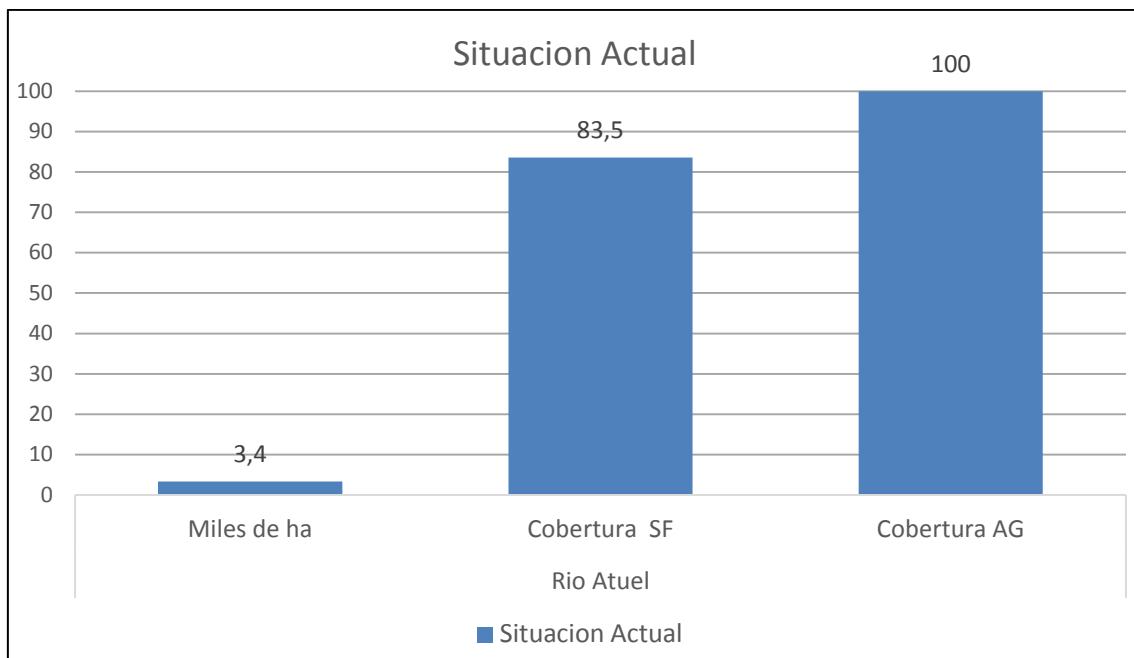
Para hacer el análisis de garantía en esta cuenca, se ha recurrido a los conceptos utilizados en los estudios previos de la regulación del río Mendoza, que fueron tomados y adaptados de los criterios de garantía usados en España (Estrada Lorenzo y Luján García, CEDEX, 1993), donde se tienen en cuenta las siguientes circunstancias: 1) que durante un mes no se satisface el 75 % de la demanda y 2) que durante tres meses o más el valor de la disponibilidad de cada mes esté entre el 75 % y el 80 % de la demanda. Cumplidas estas condiciones, “la garantía que generalmente se adopta, se sitúa entre el 85 y 90 %”. El método presenta el inconveniente que no considera la secuencia de la presentación de los fallos, ya que si los fallos se concentran en un determinado periodo, el servicio es peor que si se distribuyen a lo largo del tiempo.

Como se observa en la tabla precedente, se satisfacen los criterios para establecer la garantía según la metodología del CEDEX en el Canal Cañada Colorada.

UM	Sup Emp. Cultivada	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Cañada Colorada	2846	100	100	100	80	64	71	82	100	100	100	43	43
Las Chacras	538	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Sub Total Río	3384	100	100	100	84	70	76	85	100	100	100	52	52
Chacay	1009	100	91	100	100	90	78	63	100	100	100	100	100
Reserva Natural	2479	100	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100
Abastecimiento de Población	232	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Total Cuenca	7105	100	100	100	84	70	76	85	100	100	100	52	52

UM	Sup Emp. Cultivada	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Cañada Colorada	2846	100	100	100	80	64	71	82	100	100	100	43	43
Las Chacras	538	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Sub Total Río	3384	100	100	100	84	70	76	85	100	100	100	52	52
Chacay	1009	100	91	100	100	90	78	63	100	100	100	100	100
Reserva Natural	2479	100	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100
Abastecimiento de Población	232	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Total Cuenca	7105	100	100	100	84	70	76	85	100	100	100	52	52

Interpretación de resultados de los escenarios analizados



UAM	Sup Emp. Cultivada	Demanda Bruta (hm ³)	Oferta (hm ³)	Suma de Fallos (hm ³)	Cobertura por Suma de Fallos (%)	Balance Global Anual (hm ³)	Cobertura Anual Global (%)
Cañada Colorada	2846	94.59	187.20	-18.50	80.4%	92.61	100%
Las Chacras	538	17.70	35.04	0.00	100.0%	17.33	100%
Sub Total Río	3384.4	112.29	222.24	-18.50	83.5%	109.95	100%
Chacay	1009	21.97	27.60	-2.49	88.7%	5.64	100%
Reserva Natural	2479	34.89	69.04	-0.13	99.6%	34.16	100.0%
Abastecimiento de Población	232	5.92	12.43	0.00	100.0%	6.52	100.0%
Total Cuenca	7105.1	175.06	303.71	-21.12	95.8%	128.65	100%

Es importante recalcar que en el análisis de superficies consideradas en la modelación, se han tenido en cuenta las superficies empadronadas cultivadas y las superficies empadronadas totales. En este estudio no fue incluido el factor de pago de los empadronamientos, por cuanto esta variable depende del contexto económico de las actividades productivas, y presenta un comportamiento muy variable a lo largo del periodo estudiado y con una fuerte dependencia del ciclo agrícola. El criterio empleado en la modelación considera la superficie empadronada y sistematizada para riego, sin embargo, en la operación real de la red de distribución se tiene en cuenta la superficie empadronada al día con el canon de riego.

Los resultados muestran que hay déficits estacionales significativos generados por la relación oferta-demanda mensual. Si se analiza en términos anuales, se observa que la oferta hídrica no es suficiente para satisfacer la demanda bruta de las superficies cultivadas en la cuenca. En este punto es importante destacar que el desempeño a nivel global (conducción y aplicación) en la cuenca no es satisfactorio, y

que además al margen de la falta de regulación de los sistemas hídricos analizados, se observan desagües excesivos incluso en épocas en que no se cubre satisfactoriamente la demanda.

Se advierte en virtud de los resultados obtenidos de este primer Balance Actual de la cuenca del río Malargüe que la oferta disponible no es suficiente para cubrir la demanda actual bajo las condiciones existentes de operación y modelación. Esto implica que para la eficiencia global actual, la cobertura por suma de fallos para la demanda actual es en promedio del 83,5 % para el río Malargüe. Por ello se estima que es imprescindible aumentar la cobertura de demanda incrementando los valores de eficiencia tanto de distribución y especialmente de aplicación.

Mediante la presentación del Balance Actual de la cuenca del río Malargüe, que considera los usos activos empadronados, se cumple con el requerimiento constitucional que ordena el conocimiento con base técnica de la disponibilidad del agua para todos los usos concesionados en la cuenca administrativa.

4- Conclusiones y líneas de acción

4.1- Síntesis de la evaluación

Atento a estos resultados, que han seguido la metodología utilizada en otros ríos de la provincia, es necesario recalcar la situación especial de la cuenca del río Malargüe, por los cultivos especiales que se realizan, y por ser el cierre de la cuenca una reserva natural.

Se ha realizado el Balance Hídrico de la cuenca del río Malargüe en el marco de lo dispuesto por la Constitución Provincial, la ley de Aguas y las leyes provinciales Nº 386, Nº 430, Nº 6105, y Nº 8051 de ordenamiento territorial y usos del suelo, así como por la resolución nº 575/12 de la Superintendencia del Departamento General de Irrigación. Estos antecedentes y la labor realizada en el presente balance hídrico, establece la necesidad de ajustar y consolidar los valores asumidos, así como también incorporar componentes que permitan una calibración satisfactoria. Luego de ello realizar su revisión y actualización en un plazo prudencial, atento a la necesidad de ir realizando ajustes que permitan adecuar los resultados alcanzados a las modificaciones que se vayan produciendo, ya sea de tipo climáticas, productivas, culturales u otras emergentes que se consideren importantes y necesarias. Por todo ello se estima razonable prever su revisión cada 5 años.

De la información técnica producida en este balance hídrico, se puede observar que la llamada eficiencia externa alcanza el 79,3%. Esto significa que desde que el Departamento General de Irrigación capta el agua, hasta que la misma llega a la puerta de la finca, de cada 100 litros que la institución distribuye por los canales, llegan 79,3 litros a las tomas de las fincas. Por otra parte, se determinó que la eficiencia actual de aplicación parcelaria es de 40,4% Esto demuestra que la eficiencia de conducción es mayor a la eficiencia de aplicación y el mejoramiento de esta última es condición indispensable para que el agua disponible pueda ser aprovechada en forma eficaz y se disminuyan los fallos de cobertura de la demanda.

El resultado de la aplicación del balance hídrico, da cuenta en forma concisa y clara, de la apremiante necesidad de realizar un uso más eficiente del recurso hídrico. Esta práctica mejoraría sensiblemente la cobertura de la demanda de los cultivos existentes y por tanto, se tendría un impacto decisivo en la productividad de los mismos y se contribuiría al desarrollo económico de Malargüe en especial y de la provincia de Mendoza.

3.4.2- Líneas de acción propuestas en el marco del balance hídrico.

Al no contar con reguladores estacionales, se encuentra un limitante importante para la planificación estacional dirigida a la satisfacción de la demanda. Sin embargo la modernización introducida en el

control del dique Blas Brisoli permite incorporar mayor flexibilización al sistema. Ello se debe complementar con la mejora progresiva de las estructuras de derivación y control de los sistemas secundarios, a los fines de adecuarlos a los nuevos escenarios de demanda propuestos por la optimización del modelo construido en el software WEAP, de modo que puedan responder a variaciones estacionales en la demanda, y por consiguiente producir una mejora en las coberturas de la demanda. Si bien las tomas directas no tienen una corta formal de agua, el caso del canal Cañada Colorado requiere de un replanteo respecto de la duración y oportunidad de los períodos de corta anual de aguas, ya que la corta por obras y mantenimiento induce problemas de cobertura de la demanda en cultivos invernales por períodos extensos. Es necesario encontrar alternativas de otorgar dotaciones intermedias que atenúen el efecto restrictivo operado en estas explotaciones agrícolas, y de esta manera restringir la ocurrencia de fallos de cobertura.

Deberán implementarse acciones tendientes a garantizar la mejora de la eficiencia de aplicación en finca, siendo esta variable un aspecto clave para el desarrollo productivo de la zona, dado que la eficiencia global del sistema es considerada baja en los estándares internacionales, y repercute sensiblemente en la rentabilidad de los agricultores.

El modelo debe ser ajustado: y para ello deben ser consolidados los datos básicos. Se han advertido diferencias de manejo agrícola muy importantes, que resultan difíciles de globalizar con las clásicas fórmulas climáticas. La falta de información de caudales superficiales, subsuperficiales y excedentes de arroyos, que han limitado la calibración del modelo, se están subsanando con la incorporación de estaciones (MIDO). A los ya instalados Estancia Las Chacras, puente FFCC, está programado agregar en arroyo El Chacay, Estancia El Alamito, desagüe de los Caballos, colector Norte, y reconstruir la estación de nivel de la laguna LLancanelo. Todo ello redundará en un mejor entendimiento del comportamiento del acuífero, quien depende de forma directa de los deshielos estacionales y las precipitaciones en el llano, y todo ello repercute en el comportamiento de la laguna.

Es importante destacar la necesidad de dar continuidad al Programa de Balances Hídricos de la provincia de Mendoza, ya que su ejecución se constituye como una importante herramienta de gestión de cuencas, y por lo tanto es necesario su permanente actualización y revisión. Los resultados del programa van a posibilitar no solo dar cumplimiento al mandato constitucional del aforo de los ríos, sino también ser la base para planes de inversión, planes de fomento en tecnología de riego, manejo de las cuencas y brindar las bases para el desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Mendoza. Se propone su actualización en un periodo mínimo de cinco años, compatible con el mandato de administración del DGI.

Será oportuno profundizar en estudios tendientes a lograr el manejo conjunto de aguas superficiales y subterráneas, mediante el análisis, planificación y gestión del recurso hídrico. Las acciones que mejoren los indicadores de eficiencia en el uso del agua superficial tienen incidencia directa en el recurso subterráneo, y son de gran importancia en la conservación de las áreas naturales.

Debido a que es necesario alcanzar una mejora en las condiciones de eficiencia de riego, se plantea como imprescindible realizar acciones de capacitación y apoyo institucional a organismos de usuarios en materia de manejo y aprovechamiento de recursos hídricos. Es fundamental para esto concretar instancias de instrucción a productores y regantes, aprovechando las potencialidades que pueden proveer organismos especializados en materia de recursos hídricos, como así también instituciones educativas relacionadas. Esto conlleva al fortalecimiento institucional de las Inspecciones de Cauce, que son estructuras donde confluyen los principales actores productivos relacionados con el recurso hídrico de la provincia.

Para la evaluación de la disponibilidad hídrica a través del proceso de fusión nival y/o glaciar en las cuencas activas cordilleranas, es necesario el desarrollo de tecnologías adaptadas que posibiliten la medición de la radiación solar, ajustes del albedo, validación de algoritmos y gradientes térmicos. Estos avances redundarán en una mejora en el modelo predictivo de oferta hídrica del río Malargüe.

Con las limitaciones que implican el no contar con embalses reguladores estacionales, en concordancia con el Plan Agua 2020, se requiere profundizar y ampliar todas aquellas acciones que permitan modificar el esquema tradicional de distribución que opera a través de la oferta disponible para planificar los turnados. En este cambio de paradigma que se propone, y a través del conocimiento de variables de riego a nivel parcelario, es necesario pensar en una planificación de los turnados desde la parcela hacia la cabecera del sistema, partiendo de la demanda a partir de variables de agua, suelo y fenología del cultivo implantando. Esto se logra implementando sistemas de medición de estas variables, tales como caudales distribuidos a nivel primario y parcelario; mediciones de contenidos hídricos de los suelos; mediciones de pluviometría; mediciones de niveles de perforaciones; componente de calidad de agua y requerimiento de cultivos.

Una vez calibrado este modelo, va a permitir hacer un manejo integral de la cuenca a partir del conocimiento del balance particular de las UAM, ya que cada una de ellas representa una parte de la misma que se integra al balance general. En este sentido y como se ha observado, se debe presentar un manejo diferencial de estas UAM y una administración propia de cada una de ellas que debe ser compatibilizado con el manejo general de la cuenca.

Por último, es necesario considerar que la modelación efectuada permite hacer un manejo integral de la cuenca a partir del conocimiento del balance particular de las UAM, ya que cada una de ellas representa una parte de la misma que se integra al balance general. En este sentido y como se ha observado, se presenta un manejo diferencial de estas UAM y una administración propia de cada una de ellas que debe ser compatibilizado con el manejo general de la cuenca.

>>> PLAN H2020

Legado del Agua

4 ejes de trabajo



DEMANDA



EFICIENCIA Y
MÉTODOS DE
CONDUCCIÓN



CALIDAD



LEGALIDAD E
INSTITUCIONALIDAD



»
Balance
Hídrico



»
Obras por
Administración



»
Reservorios
en la Red
Hídrica



»
Plan de Acción
Recuperación
Vida Útil Embalse
El Carrizal



»
Modelo de
Indicadores
de Distribución
Operativa



»
Ciudadanía
del Agua

IRRIGACIÓN

Departamento General
de Irrigación