

*Balance Hídrico*  
**Río Atuel**

IRRIGACIÓN

## AUTORIDADES

**Superintendente**  
Cdr. José Luis Álvarez

**Honorable Tribunal Administrativo**  
*Sr. Consejero río Atuel*  
Alejandro Gutiérrez

**Jefe de Gabinete**  
Sr. Juan Pablo Yapura

**Secretario del Honorable Tribunal Administrativo**  
Dr. Santiago Ruiz Freites

**Jefe de Despacho**  
Dr. Andrés Iannizzotto

**Subdelegado de Aguas del río Atuel**  
Ing. Fabián Bujaldón

**Secretario de Gestión Hídrica**  
Mg. Mario Salomón

## EQUIPO TÉCNICO

**Secretario de Gestión Hídrica**  
Mg. Mario Salomón

**Área de Prensa y Difusión**  
Lic. María Paula Brandi  
Lic. Nicolás Morchio  
DG. Agustín Marigliano

**Director de Gestión Hídrica**  
Ing. Juan Andrés Pina

**Área Legal**  
Dr. Santiago Ruiz Freites  
Dra. Noelia Torchia  
Dr. Andrés Iannizzotto  
Dr. Matías Pérez Ventura

**Departamento de Investigación y Planificación Hídrica**  
Ing. Gustavo Satlari  
Ing. Guillermo Cúneo  
Lic. Nora Mustoni  
Agrim. Martín Salas  
Srta. Viveka Simón  
Ing. Federico Albrieu  
Sr. Tomas Martín  
Julieta Ferrer

**Área de Planeamiento Estratégico y Control de Gestión**  
Cdr. Carlos Farina  
Mg. Bernardo Herrero  
José Pissolito

**Subdelegación de Aguas del Río Atuel**

Ing. Fabián Bujaldón  
Ing. Rafael Pereira  
Ing. Santiago del Río  
Tec. Emanuel Bernal  
Tec Ariel Merlo

**Edición**  
Dr. Alejandro Tonolli  
Geo. Nicolás Parise

**FAO**  
Ing. Fernando Gomensoro  
Ing. Alejandrina Bacaro  
Ing. Matías Roselló

**Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI)**  
Dr. Facundo Martín

**Área de Drenaje y Aguas Subterráneas**

Lic. Matías Berardini



## **ÍNDICE**

### **BALANCE HÍDRICO DEL RÍO ATUEL**

Introducción .....	5
--------------------	---

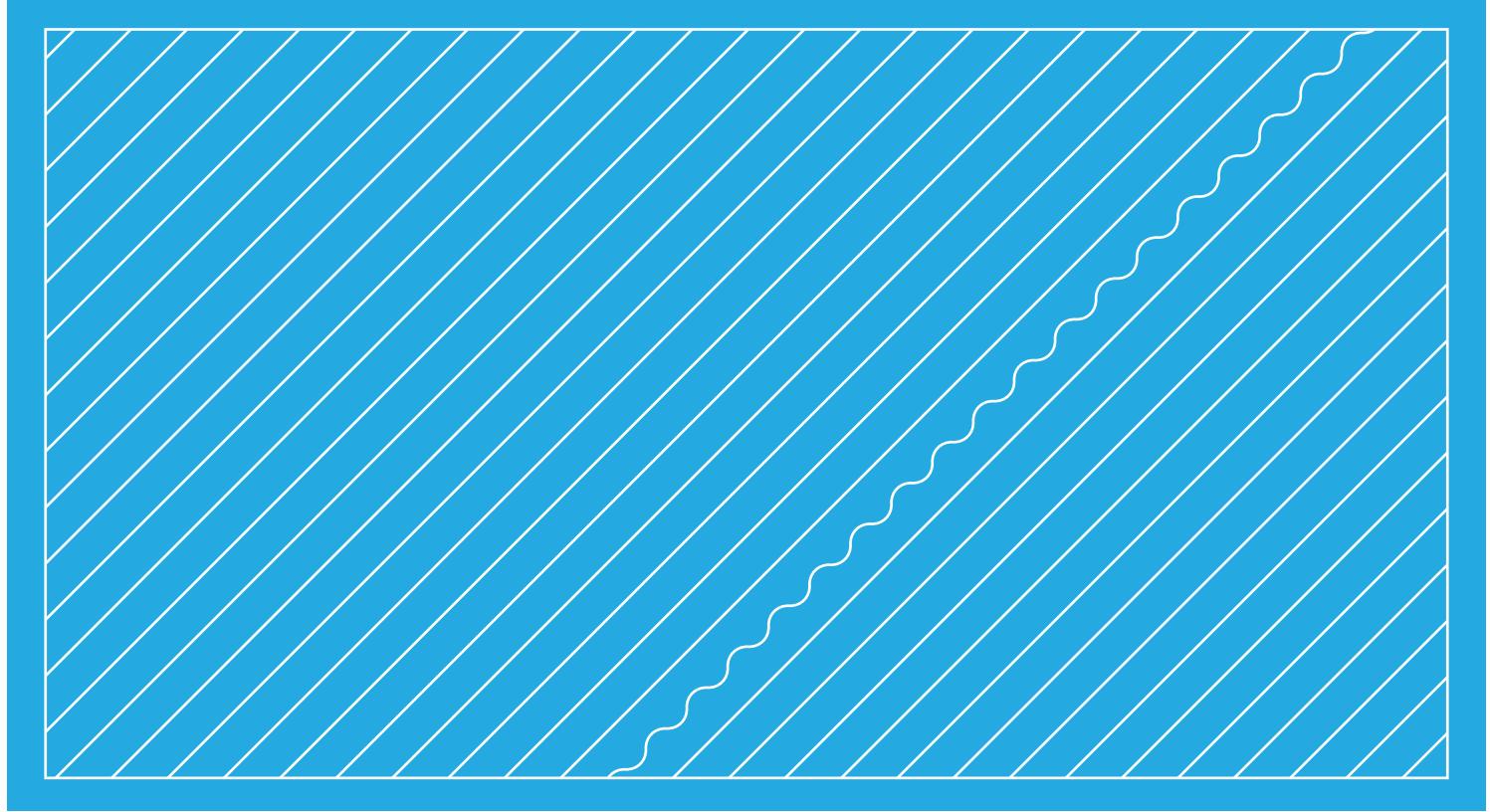
### **CONTENIDO**

Capítulo 1 .....	11
Capítulo 2 .....	19
Capítulo 3 .....	59
Capítulo 4 .....	91
Capítulo 5 .....	137

### **ANEXOS**

Anexo I .....	157
Anexo II .....	193





# Introducción

IRRIGACIÓN

## 1- Orígenes y Alcances

En el presente documento se desarrolla el Balance Hídrico del río Atuel 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.

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”. Dicha tarea, requerida en el siglo pasado para una 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 y 6105.

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 Actualse obtuvo 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 y que constituye un diagnóstico actual de las asignaciones superficiales otorgadas, en función de la disponibilidad del río Atuel.

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 condición 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.

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.<sup>1</sup> 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), 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.

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 impacten 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.



<sup>1</sup> 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 posibilitó 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 cuencas 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.

**Figura 1: Mapa estratégico institucional del Departamento General de Irrigación. (Actualización diciembre de 2015)**

Como puede advertirse en la perspectiva de los procesos (Figura 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 Atuel.

En este trabajo se ha considerado la situación actual de emergencia hídrica y los posibles efectos del cambio climático ambiental global, habiéndose determinado un diagnóstico actual 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 Atuel y la demanda de los distintos usos. Además se ha incluido información climática y las consideraciones pertinentes sobre su variabilidad, el requerimiento hídrico de los cultivos y las eficiencias actuales.

El documento comprende, de esta manera, una descripción detallada de la cuenca del río Atuel, tanto de sus componentes físicos y ambientales vinculados al sistema hídrico, como el de los usos empadronados/registrados. El trabajo cuenta con un marco conceptual y metodológico interdisciplinario propuesto para la elaboración del Balance Hídrico Actual que como aspecto relevante, se menciona que se procedió a la subdivisión de la cuenca en áreas administrativas de manejo de uso conjunto (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. El documento también posee la aplicación de un modelo hidrológico integral calibrado, que posibilitó realizar la esquematización de la cuenca, la sistematización de datos y la obtención de resultados. 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 (*WaterEvaluation and Planning*)<sup>2</sup> 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 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 Atuel, revisar y analizar la consistencia de los empadronamientos y registros de usos de carácter superficial y subterránea, así como efectuar un análisis de la situación presente. 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 Atuel, el abordaje conceptual y metodológico, el contexto general de la cuenca del río Atuel y el desarrollo técnico (estudio de la oferta, estudio de la

---

<sup>2</sup>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 (*WaterEvaluation and Planning*) del SEI (*StockholmEnvironmentInstitute*), 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.

demandas y balance actual. 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 Atuel con criterios de modernización que posibiliten contar con una herramienta de gestión integral basada en la planificación estratégica.

### 3.2- Objetivos Específicos

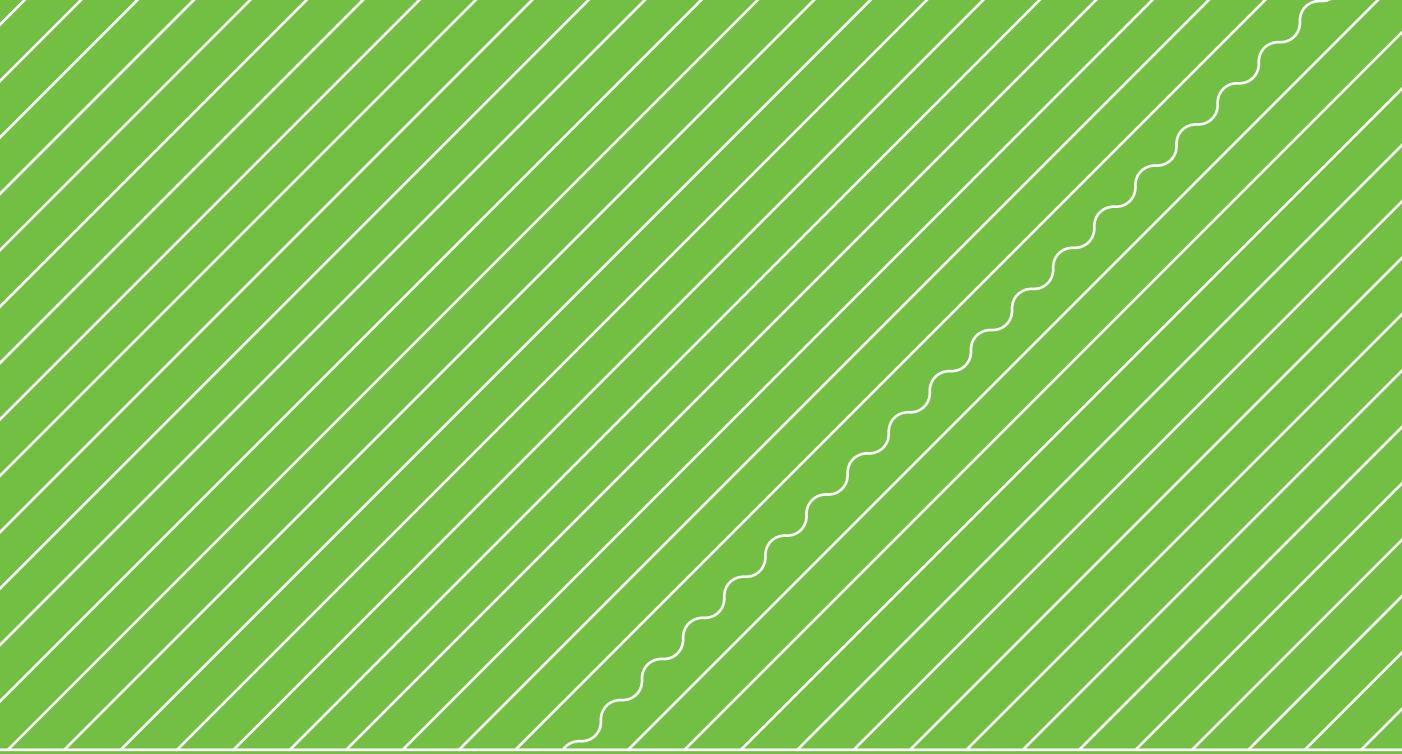
**Técnico:** Definir la oferta y demanda hídrica en la situación actual de la cuenca del río Atuel.

**Registral:** Establecer métodos de trabajo para la depuración, obtener un diagnóstico existente 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.





# Capítulo 1

# **Metodología**

**IRRIGACIÓN**

## Presentación

El presente capítulo tiene por objeto describir, en términos generales, el marco conceptual y metodológico diseñado para la elaboración del Balance Hídrico del río Atuel. A continuación se exponen los grandes criterios adoptados para la planificación y ejecución de las etapas comprendidas en las actividades técnicas y administrativas que fueron desarrolladas para la realización del presente balance hídrico. Asimismo, a través de un esquema secuencial de acciones brevemente descriptas, se presenta una visualización íntegra y conducente de la serie de pasos realizados. Luego, en su oportunidad necesaria y pertinente, en cada capítulo se desarrolla con mayor precisión cada uno de los aspectos conceptuales y metodológicos implementados.

En la primera sección del presente capítulo, se presentan los grandes conceptos que fueron necesarios construir en pos de operativizar la realización del balance hídrico. En la segunda sección se describe la secuencia metodológica del proceso de elaboración del Balance Hídrico para la cuenca del río Atuel. En ella se detalla el marco metodológico adoptado, la modelación efectuada, los materiales y métodos utilizados y se describen sucintamente los datos, la información relevada y las técnicas empleadas para su análisis.

### 1- Aspectos conceptuales generales

Un Balance Hídrico está orientado a determinar el grado de satisfacción de las demandas hídricas, a partir de las diferentes ofertas hídricas. Es decir contrasta las demandas para los distintos usos del recurso hídrico con las ofertas hídricas disponibles en una determinada cuenca. En particular, para la realización del balance propiamente dicho (capítulo 5) se han considerado las diversas demandas hídricas y sólo la oferta superficial. No obstante, tanto la oferta hídrica subterránea ha sido descripta y contemplada en el modelo construido como un elemento contextual y de interacción con la oferta hídrica superficial.

El objeto de estudio abordado (cuenca del río Atuel) es conceptualizado como un sistema socio-ecológico dinámico y complejo, donde interactúan distintos elementos ambientales (sociales, bióticos, abióticos) en un espacio delimitado y durante un tiempo también acotado. Por todo ello, el marco conceptual y metodológico desarrollado en el balance hídrico contiene un esfuerzo dirigido a la aplicación de un análisis de tipo sistémico e integrador.

Se destaca que los fenómenos, objetos y variables fueron observadas en su expresión y contexto natural, y bajo un diseño metodológico no experimental (no se realizaron ensayos ni se manipularon las variables), ya que así lo demanda un estudio de alta complejidad, como el que aquí se presenta. Por ello, las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizaron sin intervención o influencia directa de condiciones externas, y como consecuencia de esto se asume la existencia de un grado de incertidumbre apropiado para las condiciones del caso abordado.

La realización del presente balance hídrico involucró realizar construcciones conceptuales y metodológicas que permitieran operativizar la ejecución del mencionado balance. Entre estas construcciones se destacan las siguientes.

#### 1.1- Oferta hídrica - Oferta media

Se ha considerado la oferta media del río Atuel como así también la de los ríos y arroyos que aportan a él, debido a que dichos cursos son los que el Departamento de Hidrología dispone de información estadística confiable y que permiten establecer valores medios. Además las leyes 386 y 430 de la provincia de Mendoza mencionan como valor de referencia a los caudales medios. No obstante se validó esta consideración mediante un análisis de las frecuencias de caudales para visualizar cuán cerca o lejos está la oferta media del río del valor modal o valor más frecuente.

## 1.2- Demanda hídrica - Unidades Administrativas de Manejo (UAM)<sup>1</sup>

Para el estudio hídrico del área irrigada de la cuenca del río Atuel, se han construido unidades de análisis denominadas Unidades Administrativas de Manejo (UAM) siguiendo los mismos criterios adoptados en trabajos anteriores (DGI, 1997; BHTS<sup>2</sup>, 2015; BHTI y BHM<sup>3</sup>, 2016 y BHD<sup>4</sup>). Las parcelas irrigadas (unidades de observación) se ubican dentro de las UAM que fueron definidas 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 y a su vez, conforman un área definida en dónde se distribuye el agua a ellas asignadas y donde está presente una o un grupo de autoridades de administración y gestión (Inspecciones de Cauce).

## 1.3- Herramienta de modelación Software WEAP

La existencia de un contexto dinámico en la administración del agua, obliga a considerar las posibles variaciones en la demanda y oferta de agua. De este modo, variables tales como: crecimiento o decrecimiento del área cultivada, inversión en fincas o en redes interparcelarias, construcción o no de embalses reguladores, variaciones en la oferta por efecto del cambio climático, entre otras variables, son temas que hoy deben ser considerados para responder de manera completa, actualizada e integrada, a lo planteado en las leyes de principios del siglo pasado y en la misma Constitución Provincial. En este sentido se consideró necesario buscar una herramienta que permita enlazar la información disponible y que a su vez soporte la introducción de variables diversas. Asimismo, se buscó que dicha herramienta asegure el enfoque integrador de la administración del agua desde el punto de vista de la demanda hídrica: patrones de uso del agua, esquemas de asignación, estrategias de reuso y eficiencias, pero también que considere los temas relacionados con el suministro: caudales distribuidos, los recursos de aguas subterráneas y embalses, entre otros.

Luego de un análisis de distintos modelos de gestión de aguas<sup>5</sup>, el equipo técnico del DGI abocado a la realización del balance hídrico, decidió adoptar en 2012 el software WEAP (*WaterEvaluation and PlanningSystem*). Dicho modelo ha sido desarrollado por el SEI (*StockholmEnvironmentInstitute*) y otorgan acorde capacidad de modelación y también versatilidad en su uso. Es decir, este software constituye una herramienta que permite la modelación de la cuenca y la planificación de los recursos hídricos de la misma, ya que contrasta la oferta de agua con la demanda mediante un sistema de distribución de variabilidad espacial y temporal con diferencias en las prioridades de demanda y oferta.

Por último se aclara que el presente marco conceptual y metodológico puede ser replicado a posteriori y que por su estructura flexible permite la incorporación de nuevas variables y consideraciones que resulten necesarias y pertinentes.

## 2- Secuencia metodológica del balance hídrico

En este apartado se presenta un esquema metodológico secuencial de los pasos realizados para la obtención del Balance Hídrico. Se enumeran y describen sucintamente los principales pasos.

---

<sup>1</sup> De aquí en adelante se nombraran a las Unidades Administrativas de Manejo, como UAM.

<sup>2</sup> BHTS: Balance Hídrico Tunuyán Superior

<sup>3</sup> BHTI y BHM: Balance Hídrico río Tunuyán Inferior y Balance Hídrico río Mendoza.

<sup>4</sup> BHD: Balance Hídrico río Diamante

<sup>5</sup> SIMGES, modelo de Simulación de Gestión de cuencas, de la Universidad Politécnica de Valencia, que integra el bloque AQUATOOL. SWAT Model: *Soil and Water Assessment Tool* (herramienta de valoración de suelos y riego) de USDA Agricultural Research Service at the Grassland, Soil and Water Research Laboratory in Temple, Texas, USA.

## **2.1- Marco de la propuesta de trabajo**

La presentación de la propuesta de trabajo se enmarca en el cumplimiento de lo normado en el art. 194 de la Constitución provincial, que establece la obligación de realizar el aforo de los ríos. Dicho “aforo”, o modernamente “Balance Hídrico”, permitirá conocer la oferta y la demanda del recurso hídrico actual. El trabajo emprendido resulta de vital importancia para la realización de una gestión integral del recurso hídrico.

## **2.2- Organización de equipos de trabajo y recursos**

El trabajo fue realizado por el equipo técnico del Departamento de Planificación Hídrica que interactuó permanentemente con los departamentos de Hidrología, Drenaje y Aguas Subterráneas de la Dirección de Gestión Hídrica; la Dirección de Calidad del Agua; la Dirección de Recaudación y Financiamiento; la Dirección de Información y también el personal de la Subdelegación de Aguas del río Atuel y las distintas Inspecciones de Cauce.

## **2.3- Recopilación de antecedentes**

Se realizó una intensa búsqueda, recopilación y sistematización de antecedentes relevantes referidos al caso en estudio, tanto en el propio DGI como en otras dependencias provinciales y nacionales. Dicha información fue utilizada como datos secundarios y permitieron la concentración de esfuerzos en la obtención de datos faltantes o erróneos.

## **2.4- Definición del área de estudio y establecimientos de la unidad de análisis (UAM)**

Se delimitó el área de estudio, en la cual se definió la cuenca administrada (cuenca del río Atuel) de acuerdo a criterios de manejo de distribución y uso hídrico, y también a particularidades hidrológicas e hidráulicas. Luego se procedió a la descripción física y administrativa del área de estudio y se establecieron las unidades administrativas de manejo (unidades de análisis), que en el caso de esta cuenca se construyó un solo tipo denominada uso conjunto ya que la fuente de abastecimiento hídrico es superficial y subterránea. Resulta oportuno mencionar que si bien se establecieron unidades administrativas de manejo, no se omitió la interdependencia entre ellas.

## **2.5- Estudio de la oferta hídrica**

Se analizó la oferta hídrica teniendo en cuenta las particularidades de cada UAM definida y se consideró tanto la oferta de agua superficial como de agua subterránea, pero también los factores que afectan su calidad.

### **2.5.1- Estudio de la oferta superficial**

Para el estudio de la oferta superficial se consideraron los ríos, canales y arroyos que aportan al río Atuel. De ellos, se analizaron antecedentes, series históricas y datos producidos por el Departamento de Hidrología, en cuanto a la serie de aforos en ríos y arroyos e información de operación de canales fue provista por la Subdelegación de Aguas del río Atuel. Según estos datos se caracterizó la oferta mediante el cálculo de frecuencias de caudales medios mensuales. A su vez se realizó un estudio de los establecimientos que vuelcan efluentes a los cauces, tanto de origen industrial como de plantas depuradoras y se cuantificaron los reúsos.

### **2.5.2- Estudio de la oferta subterránea**

Se realizó un análisis de la información hidrogeológica recopilada, actualizada y ampliada para comprender la oferta de aguas subterráneas de la región. Además se efectuaron talleres de evaluación y visitas a campo que ayudaron a lograr una mejor modelación hidrogeológica de la cuenca. Dicha modelación fue considerada como un módulo específico dentro del modelo construido según los distintos niveles de acuíferos.

Para determinar las extracciones de agua subterráneas, se tomó como dato el valor máximo posible de extracciones para las distintas zonas homogéneas definidas en la cuenca hidrogeológica bajo estudio. Para ello se obtuvo el rendimiento promedio de las perforaciones pertenecientes a cada zona y que a su vez representa el valor máximo a extraer de cada zona homogénea. Dada que todas las UAM trabajadas son de uso conjunto, se estimó que el bombeo suple la insatisfacción de la demanda de las fincas que disponen de aguas subterráneas.

## **2.6- Estudio de la demanda hídrica**

A partir de un análisis registral, de la recopilación y sistematización de información secundaria y de la toma de datos primarios se estimó la demanda hídrica para los diferentes usos agrícolas y no agrícolas (abastecimiento poblacional, uso industrial y arbolado público).

### **2.6.1- Depuración del padrón de usuarios y estimación de superficie empadronada por unidad administrativa de manejo**

Se trabajó a partir de la última base de datos de la Dirección de Catastro provincial y de los registros obrantes en el DGI. Con ello se procedió a depurar los registros y se resolvieron las inconsistencias observadas, obteniendo un listado consistente de los derechos y categorías de usos para cada UAM. A de dicho listado se calculó la superficie total empadronada y se ajustó al padrón real de usuarios según la categoría de derecho (definitivos y eventuales). Obtenida esta información se logró determinar el área máxima a abastecer y a *posteriori* realizar estimaciones de cobertura de demanda y garantía de abastecimiento a las concesiones.

### **2.6.2- Estimación de demanda neta por unidad administrativa de manejo**

#### **2.6.2.1- Uso del suelo.**

##### **Análisis de usos del suelo y validación de los datos en campo**

Se realizó la determinación de los usos del suelo (agrícola y no agrícola) a través de la interpretación de imágenes satelitales de alta resolución. Dichas imágenes fueron clasificadas y sometidas a un análisis de consistencia mediante una base de datos, que permitió a *posteriori* realizar estimaciones de células de cultivo<sup>6</sup> para el cálculo de la demanda. Posteriormente se realizaron verificaciones a campo para dar consistencia final a la información obtenida en gabinete.

##### **Cultivos de referencia y establecimiento de la célula de cultivo por UAM**

En función de los datos de la producción agrícola de la cuenca en estudio, se establecieron los siguientes cultivos representativos: vid para vinificar, ciruelo (como representativo de los frutales), tomate (como representativo de los cultivos hortícolas de verano), Lechuga (como representativo de los cultivos hortícolas de invierno), olivo, ajo (como representativo de los cultivos de siembra / rastrojo), alfalfa

---

<sup>6</sup> Célula de cultivo: representa la composición porcentual de una clase de cultivo determinado en un área definida (UAM). En este escrito se establece la célula de cultivo en términos porcentuales para cada cultivo por UAM.

(como representativo de las pasturas), álamo (como representativo de los forestales). Además se han tomado en cuenta las propiedades que están sistematizadas para riego, las que están en rotación y las que presentan vegetación espontánea bajo riego, como potenciales demandantes de agua a futuro. Cada uno de estos cultivos y condición de uso conforma una célula de cultivo de la UAM.

Posteriormente se realizó una validación a terreno y se establecieron las superficies de cada uno de los cultivos de referencia y de las condiciones de uso. Con dicha información se procedió a estimar la proporción de cada tipo de cultivo por UAM y se construyó la base de cultivos para el cálculo de demanda. Esta información sistematizada fue incorporada al módulo correspondiente del modelo construido para la cuenca del río Atuel.

### **2.6.2.2- Estimación de la demanda neta de los cultivos referenciales**

A partir de la superficie ocupada por cada cultivo de referencia, su correspondiente evapotranspiración de referencia y su calendario agrícola local, se obtuvieron las demandas netas de riego.

#### **Calculo de la evapotranspiración de referencia (ET0)**

A los efectos de la determinación de la Evapotranspiración del Cultivo de referencia (ET0) se utilizaron dos software de cálculo: MABIA, dentro del software WEAP, el cual se contrastó con el software “Cropwat v8.0”, diseñado y provisto por FAO, que también utiliza el método de Penman-Monteith para el cálculo de relaciones hídricas de los cultivos. En ambos casos se utilizó como *inputs* los datos de frecuencia diaria de las estaciones meteorológicas locales, con datos consistentes para el periodo 2000-2015.

#### **Estimación de la demanda neta por unidad administrativa de manejo**

Se calcularon las demandas netas por UAM a partir de la determinación de las células de cultivo y las necesidades de riego de dichas células. En el cálculo de las demandas netas no intervienen los factores de eficiencia de uso.

### **2.6.3- Estimación de demanda bruta por unidad administrativa de manejo**

#### **2.6.3.1- Estimación de las eficiencias de riego**

En la estimación de eficiencias de riego se analizaron dos componentes: las eficiencias de conducción (externas) del sistema de distribución hídrica y las eficiencias de aplicación parcelarias (internas).

#### **Estimación de la eficiencia de conducción**

Para obtener un valor de eficiencia de conducción de cada UAM, se siguió el método de aforo que consiste en medir los caudales en distintas hijuelas y canales para contrastar volúmenes de entradas y salidas. Los resultados obtenidos mediante las medidas realizadas a campo fueron analizados y comparados con trabajos anteriores y en función de ello se estimaron los valores a adoptar para la cuenca del río Atuel.

#### **Estimación de la eficiencia de aplicación actual**

Mediante la recopilación de antecedentes bibliográficos y estudios de campo realizado por los técnicos de la Subdelegación de Aguas del río Atuel se propuso un valor de eficiencia de aplicación actual en la cuenca de estudio, que posteriormente fue sometido a evaluación por parte de expertos en el tema.

#### **Estimación de la eficiencia global del sistema**

A partir de la definición de la eficiencia de conducción y de las eficiencias de aplicación parcelaria consensuada, se determinó la eficiencia global para cada UAM.

### **2.6.3.2- Estimación de demanda bruta por unidad administrativa de manejo**

Se calculó la demanda bruta a partir de afectar la demanda neta actual por la eficiencia global del sistema. Con el valor obtenido de demanda bruta se determinó la necesidad de riego para cada una de las UAM, considerando las particularidades de cada una. Resulta oportuno mencionar que esta necesidad de riego, ha sido calculada integrando variables de clima, suelo, planta y también cultura (prácticas agronómicas culturales de tipo local).

### **2.7- Construcción del modelo. Carga de datos al Software WEAP**

Se incorporaron al Software WEAP todas las variables de oferta y demanda para construir el modelo de simulación. A su vez se realizó una esquematización del sistema hídrico completo, definiendo las UAM que componen la cuenca y se determinaron las interrelaciones entre los elementos físicos y los valores que adoptan las distintas variables involucradas.

### **2.8- Validación de expertos FAO-IAI-Consultoría en planificación estratégica**

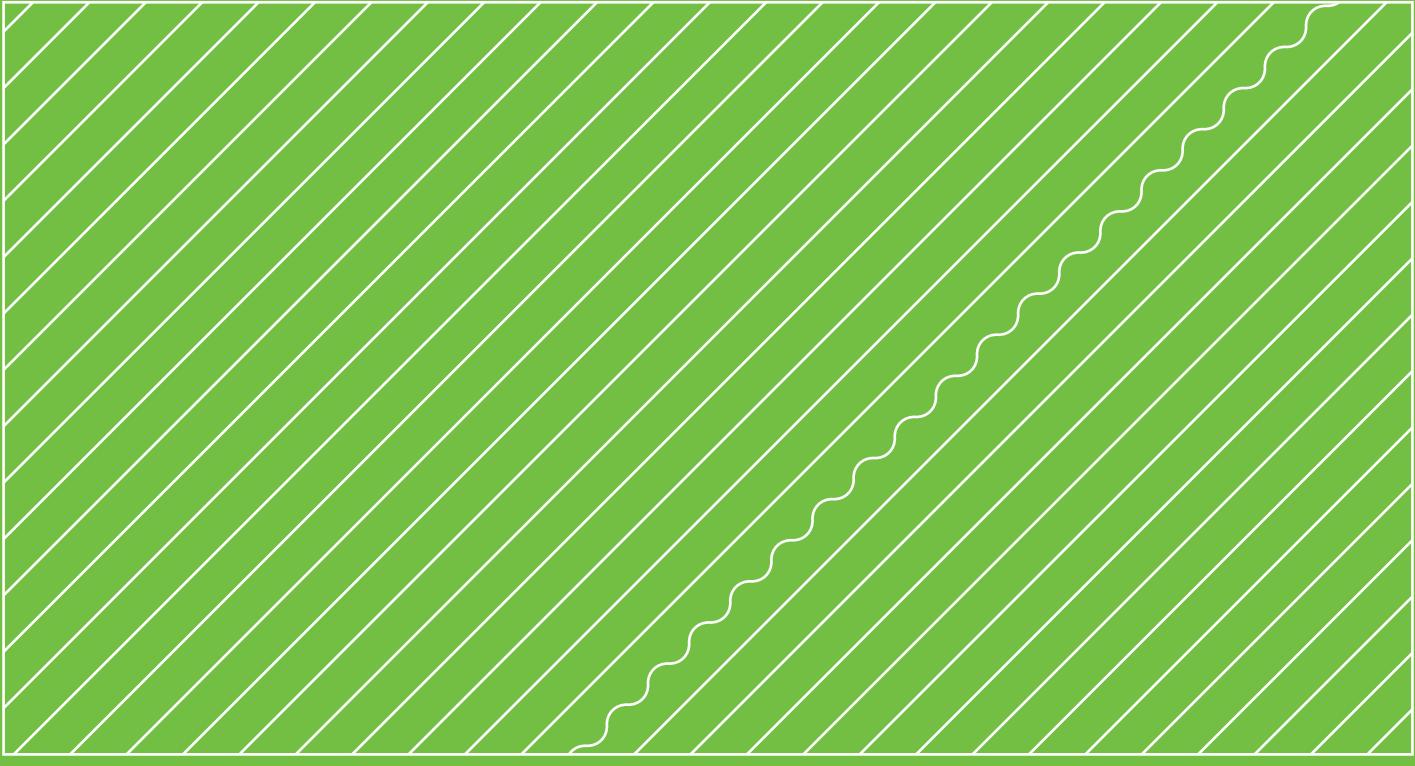
En diversas instancias se realizó una validación de los aspectos generales y específicos del Balance Hídrico por parte de distintos expertos en el estudio hídricos. Para la validación del modelo construido mediante el software WEAP se contó con la colaboración de técnicos de FAO, y para la validación del marco metodológico se recibieron los aportes de expertos del IAI. En cuanto a la planificación estratégica del proyecto y su articulación con el Plan Agua 2020, la misma fue realizada por consultores expertos en planificación estratégica situacional y por escenarios.

### **2.9- Elaboración del balance hídrico actual**

El balance hídrico actual se realizó a través del modelo construido en el software WEAP. En dicho modelo se simuló, en base a datos reales, la relación entre la oferta y demanda hídrica de la cuenca del río Atuel, y se realizó una estimación de la insatisfacción de la demanda para las condiciones actuales de eficiencia de riego, superficies cultivadas, uso de la tierra y el estado actual de las concesiones.

### **2.10- Elaboración de resultados y discusiones**

Se interpretaron los resultados y se desarrollaron las discusiones pertinentes en base a las simulaciones acordadas, tanto en su faz técnica como institucional. Es importante destacar que al tratarse del primer acto administrativo de Balance Hídrico, el mismo queda sujeto a reformulaciones y actualizaciones que sean necesarias por cambios en la demanda de los distintos usos para los futuros balances.



## Capítulo 2

# Contexto General

IRRIGACIÓN

## 1. Introducción

En este capítulo se presentan las características, principalmente, socio-económicas del área que abarca la cuenca del río Atuel. En menor medida y de manera sintética son presentadas las características físico-naturales, ya que las mismas son ampliamente estudiadas en otros capítulos del presente Balance Hídrico.

La caracterización social, económica y productiva se ha realizado en base a datos obtenidos de las páginas oficiales de la Municipalidad de San Rafael, de la Municipalidad de General Alvear, de la DEIE<sup>1</sup> del Gobierno de Mendoza y de Organismos Nacionales. No obstante se hace la salvedad que tanto la cuenca, como el área irrigada por el río Atuel ocupan parcialmente el territorio del departamento de San Rafael y que en el mismo también se encuentra una porción de la cuenca del río Diamante, por lo que algunos de los datos aquí expuestos no hacen referencia exclusivamente a datos del área irrigada y no irrigada de la cuenca aquí estudiada, sino principalmente del departamento de San Rafael. Asimismo resulta importante afirmar que la dinámica socio-económica del área irrigada por los ríos Atuel y Diamante constituye, en términos generales, es una unidad de estudio de relativa homogeneidad, cuyas pequeñas diferencias se explican desde las propias dinámicas de las áreas irrigadas y de las políticas públicas departamentales y provinciales.

Resulta importante señalar que una variable importante en los estudios de cuencas hídricas es la posición relativa respecto al escurrimiento del sistema hídrico en cuestión, es decir, se pueden identificar potenciales diferencias de acuerdo al área de la cuenca sobre la que se focalice nuestra atención. Es decir, si analizamos los sectores de la cuenca alta, media o baja se presentan diferencias respecto a las características de alimentación y escurrimiento hídrico, así como también morfológicas, entre otras. De este modo y dado que las áreas irrigadas por los ríos Atuel y Diamante se ubican en la cuenca media resulta plausible afirmar que entre ambas no hay diferencias sustantivas.

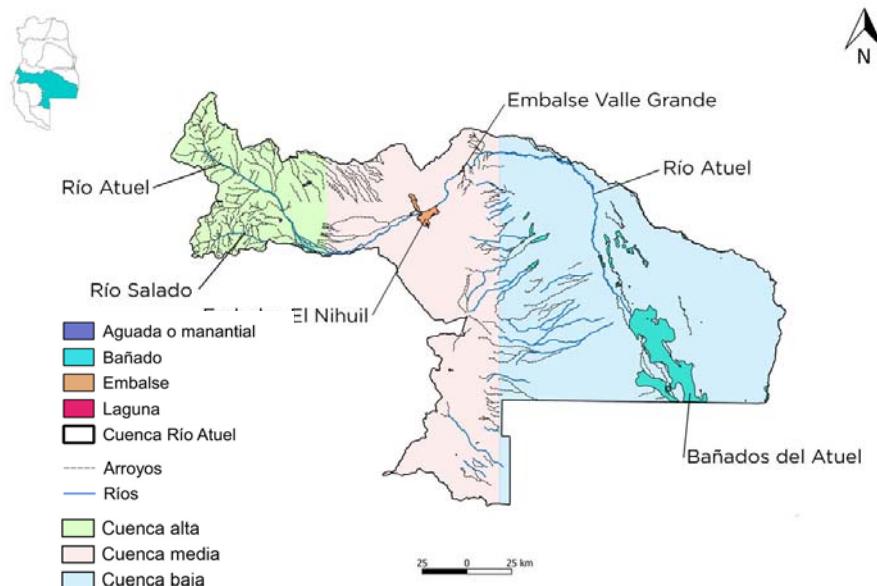
## 2. Descripción general de la cuenca

### 2.1 Área marco de referencia: cuenca del río Atuel

La cuenca del río Atuel se extiende al sur de la provincia de Mendoza abarcando principalmente la mitad sur del departamento de San Rafael, un sector del noreste y otro al noroeste del departamento de Malargüe y la mitad sur del departamento de General Alvear.

---

<sup>1</sup> DEIE: Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas. Gobierno de Mendoza.



Fuente: "Aqualibro" Departamento General de Irrigación

**Figura 2.1: Cuenca del río Atuel.**

El río Atuel desemboca intermitentemente en el río Salado, es de régimen nival aunque recibe también aportes pluviales y tiene una longitud aproximada de 600 km. La cuenca se ubica entre los paralelos 34° y 35° de latitud sur, y entre los meridianos de 70° y 67° 30' de longitud oeste.

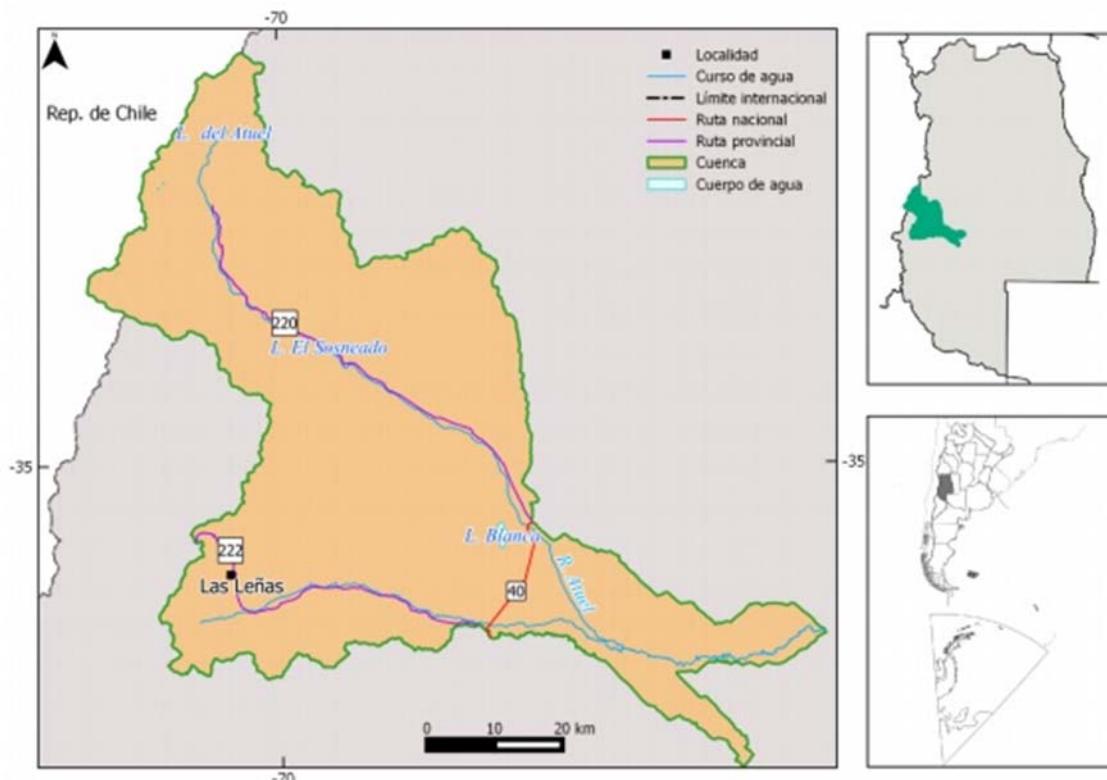
El río Atuel tiene un caudal medio anual de 34.7 m<sup>3</sup>/seg., aforados en la estación La Angostura (para un período de registro de 91 años). Tiene un desarrollo oeste-este, atravesando distintos ambientes geográficos desde la cordillera de los Andes, con picos que superan los 5000 m s.n.m., hasta la llanura semi desértica de 400 ms.n.m. en su tramo final donde ocasionalmente desemboca en el río Salado. La superficie total es de 13000 km<sup>2</sup>.

La cuenca hidrológicamente activa se encuentra en la región oriental, donde las precipitaciones pluvio-nivales de origen orográfico varían entre 600 y 800 mm anuales, que alimentan a ríos y arroyos de una desarrollada red imbrífera. En la región occidental por el contrario, con un régimen pluviométrico del orden de los 250 mm anuales, el río es prácticamente alóctono.

Los recursos hídricos superficiales provenientes de la alta cuenca son interceptados en la cuenca media, en la cual se desarrolla un paisaje serrano, y por obras de aprovechamiento hidráulico que posibilitan la regulación de los caudales se desarrollan establecen áreas de regadío y también de generación de energía hidroeléctrica.

### 2.1.1 Cuenca alta

El río Atuel nace en la laguna del mismo nombre, a la altura de 3500 m s.n.m., en la cordillera de Los Andes. Su cuenca, donde se junta la nieve, ocupa cerca de 3500 km<sup>2</sup>. A lo largo de su recorrido, el cauce atraviesa distintos relieves y desciende hacia el sur. El valle del Atuel comienza a ensancharse a medida que se escapa de la cordillera principal, hasta la desembocadura del arroyo de las Lágrimas. En este tramo, recibe una cantidad importante de afluentes como el Pajaritos y el Oscuro, entre los cuales se encuentra la planta de concentración de azufre de SOMINAR (Sociedad minera argentina) abandonada en la actualidad. Un elemento fundamental en la morfología de esta cuenca es la influencia volcánica, principalmente la actividad expansiva del volcán Otero, que el río Atuel lo deja a la izquierda en su recorrido.



Fuente: Inventario Nacional de Glaciares, IANIGLA, CONICET (2015).

**Figura 2.2: Cuenca superior del río Atuel.**

**Tabla 2.1: Superficie total de glaciares inventariados en la cuenca del río Atuel**

Tipo de geoforma inventariada	Área (km <sup>2</sup> )
Glaciar descubierto	63,10
Manchones de nieve / glaciaretos	3,67
Glaciar cubierto	11,22
Glaciar cubierto con glaciar de escombros	14,40
Glaciar de escombros	23,12
Total	115,51

Fuente: Inventario Nacional de Glaciares, IANIGLA, CONICET (2015).

El área de la cuenca del río Atuel cuenta con algunos cerros destacados, entre los que se encuentran el Cerro Sosneado (5189 ms.n.m.), Volcán Overo (4619 ms.n.m.), Risco Plateado (4999 ms.n.m.) y Las Leñas (4351 ms.n.m.)<sup>2</sup>. La cuenca superior del río Atuel abarca una extensión de 3979 km<sup>2</sup>. En base a las imágenes satelitales de 2010/2011, en esta cuenca se inventariaron 389 geoformas que cubren una superficie englazada de 115,51 km<sup>2</sup>, lo que representa el 3% del área total bajo estudio (Tabla 2.1).

### 2.1.2 Cuenca media

Desde el punto de vista morfológico, esta cuenca está relacionada con la depresión de los Huarpes, el bloque de San Rafael y la depresión de la travesía (cuenca cuyana).

<sup>2</sup>Alturas obtenidas del IGN

Desde El Sosneado, el río Atuel se expande hasta originar en la planicie (depresión de los Huarpes) dos brazos encerrando un paraje denominado La Isla y capta los caudales del río Salado en el sitio de las Juntas. Este sector de la cuenca es un área de alumbramientos (emergencia) e infiltraciones de agua que toman contacto con una serie de bañados y esteros que se encuentran en la margen izquierda del río.

Una vez atravesada la depresión de los Huarpes, el Atuel ingresa nuevamente en un ambiente montañoso, perteneciente al bloque de San Rafael, donde la sierra Pintada es el núcleo. En este tramo, llamado el cañón del Atuel, el río ha trazado un cauce angosto que inicia su recorrido aguas abajo de las actuales compuertas del dique El Nihuil prolongándose por 40 km que termina aguas arriba de Rincón del Indio. Los Nihuiles es un complejo que tiene como función detener el escurrimiento de las aguas, embalsarlas (formando un lago), generar electricidad a partir de sus centrales hidroeléctricas y almacenar agua para abastecer en períodos de escasez. El máximo aprovechamiento del río para riego se produce cuando recorre un sentido noreste, se acerca al río Diamante y experimenta, después de superar Villa Atuel un recorrido sureste.

### **2.1.3 Cuenca inferior**

La morfología en la que avanza el río está relacionada con el borde de la llanura cuyana y la depresión fluvial que experimenta. Puede considerarse que comienza aguas abajo de Carmensa (aprovechamiento más meridional del río Atuel en la actualidad) y se prolonga hasta nuestra provincia circulando por un terreno de escasa pendiente. Esta característica ha provocado que, antes de atravesar el límite pampeano, el río formara en el pasado una multitud de brazos entrecruzados (sistema anastomosado) desembocando en el río Salado.

Respecto a las localidades que el río Atuel atraviesa por departamentos se mencionan las siguientes. En San Rafael la cuenca se extiende, de forma parcial o total, sobre los distritos de: Cuadro Benegas ,El Sosneado, El Nihuil, Rama Caída, Punta del Agua, Las Malvinas, Villa Atuel, Jame Prats, Cañada Seca, La Llave y Real del Padre. En General Alvear se extiende sobre el sur de los distritos Ciudad, Alvear Oeste y Bowen y sobre la mayor parte del distrito San Pedro del Atuel. Por último, en el departamento de Malargüe la cuenca sólo se extiende por una porción del extremo norte del distrito Ciudad y una porción del noreste del distrito Agua Escondida.

## **3. Caracterización biofísica de la cuenca del río Atuel**

### **3.1. Principales aspectos físicos**

#### **3.1.2. Relieve**

La cuenca del río Atuel se caracteriza principalmente por cuatro relieves, la cordillera de los Andes al oeste, el Bloque de San Rafael en el centro, el sistema de la Payunia al sur y la Llanura sanrafaelina que forma parte de una unidad mayor designada como Llanura de la Travesía o Gran Bajo Oriental.

#### **3.1.2.1 Cordillera de los Andes:**

Se formó al final de la era Mesozoica, a finales del Cretácico tardío, por el movimiento de subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana. Los movimientos sísmicos y la actividad volcánica posterior han tenido más importancia en la configuración del relieve que los agentes erosivos externos. En la morfología actual se encuentran elevadas cordilleras, junto con extensos altiplanos y profundos valles longitudinales paralelos a los grandes ejes montañosos. Los valles transversales son escasos, salvo en los Andes argentinos-chilenos.

Dentro del área de estudio sólo encontramos el sistema de la cordillera Principal o del Límite, la de mayor altitudes a nivel continental y uno de los tres sistemas de cordilleras que encontramos en la provincia, junto a la cordillera Frontal y la Precordillera.

### **3.1.2.2. Bloque de San Rafael:**

El Bloque de San Rafael (Criado Roque, 1972) es una unidad morfoestructural pericordillerana, ubicada en su casi totalidad en el departamento de San Rafael, en el centro-sur mendocino, desde el río seco de Las Peñas al norte hasta el sur del paraje La Escondida (González Díaz, 1972). El rumbo general de sus estructuras es noroeste-sudeste, coincidente con una antigua franja de fracturación paleozoica. Litológicamente está integrado fundamentalmente por leptometamorfitas asignadas al Precámbrico, una serie sedimentaria de comprobada edad ordovícica, silúrica devónico, carbonífero, espesas secuencias volcánicas clásticas del Paleozoico superior-Mesozoico inferior de los grupos Sierra Pintada y Cerro Carrizalito; y sedimentos y coladas basálticas cenozoicas de gran ocurrencia espacial al este del área de análisis.

### **3.1.2.3. Llanura Sanrafaelina.**

Hacia el naciente de las áreas de relieve positivo e intermedio, anteriormente descriptas, se extiende la Llanura Sanrafaelina. Dentro de esta unidad de relieve negativo, en relación a las alturas situadas al poniente, se distinguen dos sectores netamente diferenciados entre sí por su topografía y características geomórficas: 1)- Llanura sanrafaelina sin cubierta de arena eólica y 2)- Llanura Sanrafaelina con cubierta de arena eólica.

#### **Llanura sanrafaelina sin cubierta de arena eólica.**

Se extiende entre el río seco La Hedionda al norte, el río Atuel y los Médanos de Picardo al sur, la Bajada Pedemontana de 25 de Mayo - Rincón del Atuel al oeste y hacia el naciente se la reconoce hasta las localidades de Monte Comán, Llave sur, AtuelNorte y Real del Padre. El relieve general es complejo ya que se distinguen lomadas, bajos, llanuras de derrames, canales de escorrentimientos abandonados, etc., graduando en altura y pendiente desde el oeste hacia el este y también de norte a sur. Hacia el poniente se destacan netamente las lomas de Divisadero y Los Coronelos, cuyas cumbres descienden suavemente hacia el este. A partir de éstas cumbres se desarrollan dos sectores, donde se ubican la mayor parte del área cultivada y de asentamiento urbano del departamento San Rafael.

Toda el área descripta se caracteriza por estar constituida por materiales de origen fluvial con granulometría y litología heterogénea producidos por la deposición de los ríos Diamante y Atuel principalmente y secundariamente por numerosos cursos temporarios. El agente erosivo que ha originado a esta unidad es el agua, principalmente, dando lugar a geoformas de gradación geomorfológica. Las principales subunidades reconocidas son el cono aluvial del río Diamante y la llanura de derrame del río Atuel.

#### **Llanura Sanrafaelina con cubierta de arena eólica.**

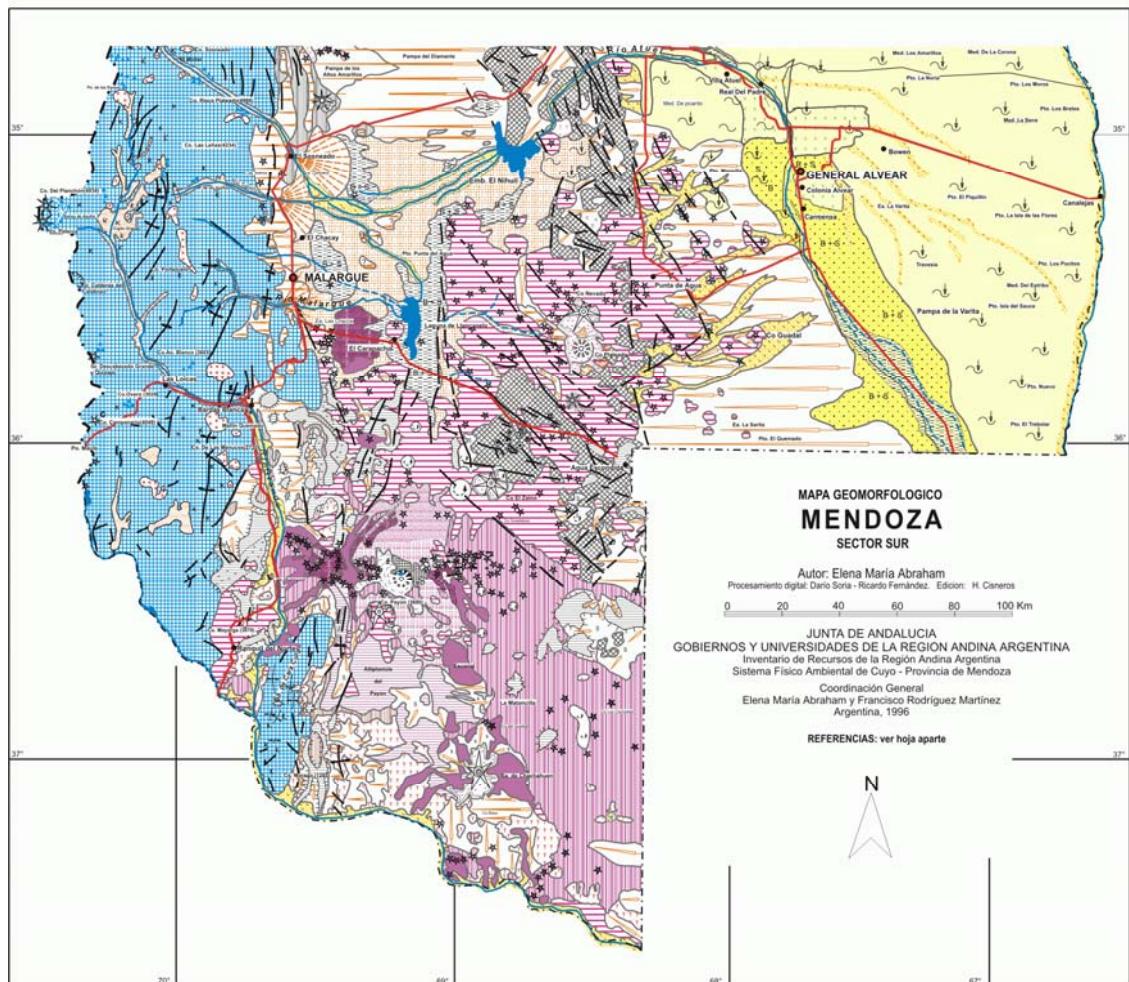
Un amplio sector de la Llanura Sanrafaelina se halla cubierta por arena de origen eólico, cuyo espesor y distribución varían notablemente. Así, enormes masas de médanos fijados por vegetación se ubican al norte del río Seco La Hedionda (en los sectores denominados Médanos La Hedionda, La Represa y La Carretilla), al sur del río Atuel y hacia el naciente de Colonia Las Malvinas, se hallan los Médanos de Picardo.

Hacia el este, y principalmente, sobre la margen izquierda del río Diamante y entre éste y el río Atuel se reconocen médanos de menor altitud (Médanos de La Carlota y Amarillo). Los estudios efectuados por Moscatelli (1979) mostraron que las acumulaciones medanosas cubren sedimentos de origen fluvial,

corroborando así la superposición de un ciclo eólico de acumulación sobre un ciclo fluvial anterior, ya destacados por Polanski (1962) y González Díaz (1972).

### 3.1.2.4. Payunia

La Payunia forma parte de una extensa región volcánica, ubicada al este de la cordillera de los Andes, en la faja llamada de retroarco andino (Llambíaset *et al.*, 2010), entre las coordenadas 36°00' y 37°20'S, y los 69°40' y 68°15'O. Las formaciones geológicas que se encuentran en la región tienen cronologías que abarcan desde el Paleozoico (Pérmino) hasta el Holoceno. Con base en la bibliografía geológica y para el abordaje de la base regional de recursos líticos, se propuso subdividir la región en tres sectores (Salgán 2012): norte, central y sur. En el sector norte, en su extremo noreste, se encuentran rocas paleozoicas en las que son frecuentes las vetas de cuarzo hidrotermal (González Díaz 1972; Narciso *et al.*, 2001), entre las que se hallan las actuales minas de extracción de minerales y fuentes arqueológicas potenciales: Piedras Blancas y El Pantanito. En áreas sin cubrir por las rocas volcánicas del Mioceno-Plioceno se localizaron afloramientos de rocas silíceas cuya génesis parece estar asociada a procesos de silicificación de rocas previas y precipitación química de sílice en forma de nódulos. Narciso *et al.*, (2001) mencionan que en el contacto con los basaltos del Grupo Palauco se desarrolla un nivel de nódulos silíceos que forman lentes de sílice criptocristalina de color blanquecino y rojo de origen diagenético. Estas han sido asociadas en forma preliminar a las canteras primarias Piedras Bayas y La Leona.



Fuente: Inventario de Recursos de la Región Andina Argentina. CCT Mendoza.

**Figura 2.3: Mapa geomorfológico del sur de la provincia de Mendoza.**

### 3.2.1. Suelos (aspectos edáficos)

El material madre de estos suelos proviene del sector de la cordillera Principal comprendido en el cono aluvional del Atuel, más los provenientes de Sierra Pintada (Bloque de San Rafael) donde hay importantes manifestaciones volcánicas, sobre todo al sur del río Atuel.

El proceso pedogenético operado durante el Cuaternario dio lugar a la formación de suelos cuyas características corresponden, sobre todo, a dos Órdenes: los Entisoles que predominan en la parte occidental, y los Aridisoles que llegaron hasta los límites con San Luis.

#### 3.2.1.1. Caracterización de los suelos de la cuenca del río Atuel

En función de estudios precedentes, y en especial, de los realizados dentro del marco del convenio INTA-CFI (Estudio de Suelos al sur Mendocino - 1982), se destacan los siguientes comentarios:

Los suelos identificados carecen de desarrollo genético, y se han formado a partir de sedimentos fluviales y eólicos, en donde los aportes eólicos han sepultado a los fluviales.

Los suelos formados con predominio de la acción fluvial yacen en superficies llanas o suavemente onduladas y planos cóncavos; son las texturas más finas en superficie, a veces de consistencias firmes, de moderadamente a bien drenados y en ciertos sectores con permeabilidad moderadamente lenta.

Los suelos no presentan capas aglutinadas que limiten la profundidad, y son escasos los suelos cuyas texturas dificulten seriamente la percolación. Existe un cierto enriquecimiento de materia orgánica en la parte superior de algunos perfiles, pero sin una evolución pedogenética generalizada, debido a los factores de edad y clima.

La remoción activa de los materiales ha producido períodos de estabilidad exiguo como para que el agua haya generado procesos de meteorización notables y procesos de lixiviación de materiales dentro del perfil. La vegetación en los suelos de origen fluvial es más desarrollada que la de las regiones eólicas, exceptuando aquellos lugares cóncavos con alta concentración salina alcalina.

## 3.3. Clima

### 3.3.1- Generalidades

El área bajo estudio se caracteriza por ser una zona ambientalmente muy heterogénea, especialmente por la presencia de la cordillera de los Andes, la cual imprime características topográficas y climáticas a toda la región. Además el piedemonte y la planicie oriental conforman dos estructuras topográficas que complejizan la orografía y con ello el clima presente.

Mendoza se encuentra dentro de la zona templada, bajo la influencia directa de los anticiclones del Atlántico y del Pacífico, la depresión del noroeste argentino y el surco de bajas presiones del sur del país. En particular, la presencia de la cordillera junto al predominio de los vientos provenientes del oeste, hacen del sur de Mendoza un paisaje de características áridas-semiáridas, donde se pueden distinguir de oeste a este las siguientes unidades morfoclimáticas.

**-De la montaña (nival) frío y árido:** esta comprende la zona de las altas cumbres de la cordillera Principal hasta la cordillera Frontal. La misma está dominada por las masas de aire emitidas por el anticiclón del Pacífico que provoca precipitaciones invernales de tipo nival.

**- De transición, clima templado a frío y seco:** esta unidad se encuentra influenciada por la confluencia de los anticlones del Pacífico y Atlántico y de la depresión del Noroeste. Al sur se presenta con tendencia al frío y a la uniformidad de precipitaciones a lo largo del año.

**- De llanura, semiárido tendiendo a cálido:** está dominada por las masas de aire del anticiclón del Atlántico, con precipitaciones de verano que en promedio varían entre 45 y 50 mm y está afectada por vientos Foehn (Zonda) principalmente durante el periodo invernal. La influencia de la depresión del noroeste ocasiona un régimen térmico estival más fresco que en el norte de la provincia, como consecuencia de la acción más eficiente de las masas de aire de rumbo sureste.

### 3.3.3- Características climáticas del área irrigada de la cuenca del río Atuel

#### 3.3.3.1. Factores determinantes del clima

Mendoza se encuentra influenciada por el anticiclón del Atlántico (situado a 1800km de Mendoza y emite una masa de aire cálida y húmeda que constituye la única fuente de precipitación pluvial para la provincia con régimen estival), por el anticiclón del Pacífico (situado aproximadamente a 600km de Mendoza y entre los meses de mayo y agosto se desplaza hacia el norte, emitiendo masas aire húmedas que al cruzar la cordillera precipita en forma de nieve y se transforman en un viento cálido y secos llamados regionalmente "viento Zonda". El resto del año se localiza al sur, aportando aire frío y seco) y por la cordillera de Los Andes que actúa como barrera orográfica.

#### 3.3.3.2- Régimen térmico

Los valores térmicos caracterizan a la zona como continental. Los valores de la temperatura media de los meses más cálidos oscilan alrededor de los 23°C, los inviernos son fríos con una temperatura media del mes más frío entre 7° y 9°C. Por su parte, la amplitud media es de 17° C (Tabla 2.2). El conjunto de estas características térmicas otorga la posibilidad de realizar cultivos correspondientes a una zona templada.

Tabla 2.2: Parámetros climáticos en del departamento de San Rafael<sup>3</sup>

Parámetros/ mes	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Anual
Temperatura media (°C)	9,3	12,5	16,9	20	22,7	24,1	22,5	19,8	15	10,8	8,1	7,2	15,7
Temperatura media máxima (°C)	18,2	20,9	25,1	28,4	31,1	32,3	30,4	27,6	23,2	18,8	16,9	16,1	24,1
Temperatura media mínima (°C)	0,8	3,7	7,7	10,4	13,2	15,1	14,1	11,8	7,3	3,4	0,2	-1	7,2
Humedad relativa media (%)	46,7	44,1	42,9	38,8	40,2	43,3	49,5	52,8	55,2	58,1	52,5	48,8	47,8
Radiación (W/m <sup>2</sup> )	3626	4910	6196	7272	7706	7508	6553	5427	3977	2882	2549	2787	5116
Viento medio (m/s)	1,7	1,7	1,7	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6
Precipitación media (mm)	13,5	22,7	31,7	36,6	41,7	43,4	50,8	38,7	23,8	11,6	5,6	8,1	328,3

Fuente: Elaboración propia DGI 2000-2014

<sup>3</sup> Los parámetros surgen de promediar los datos promedios de las estaciones meteorológica Las Paredes, La Llave (ambas pertenecientes a la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas) e INTA EEA Rama Caída, para el periodo comprendido entre enero de 2000 y diciembre de 2014.

### 3.3.3.3- Régimen de vientos

Según los registros promedios mensuales de vientos referenciados a 2m de altura, oscilan entre una velocidad 2,1 y 0,8 m/s (7,6 y 3,1 km/h), siendo los vientos más fuertes los de primavera - verano. La dirección predominante de los vientos durante el año para San Rafael es del sudeste y se destacan dos tipos de vientos ocasionales: el Zonda y el Pampero.

### 3.3.3.4- Régimen de precipitaciones

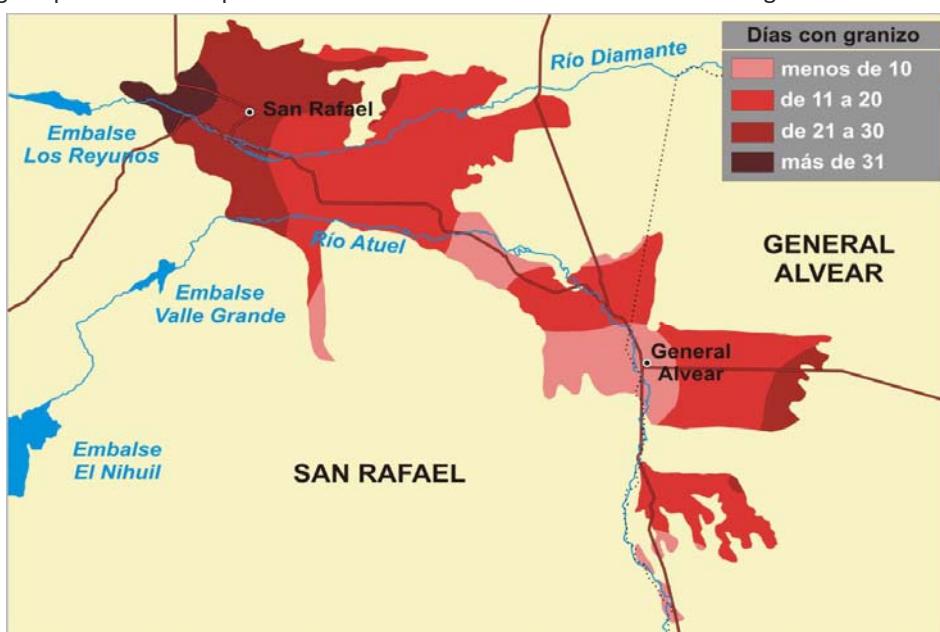
El régimen de las precipitaciones que alimentan el río Atuel es de carácter pluvio-nival. Las precipitaciones de la cuenca superior son invernales y en su mayor parte nivales. Se producen desde el junio hasta agosto, disminuyendo sensiblemente en septiembre y octubre, para alcanzar el mínimo durante los meses de verano. En tanto que en la cuenca media y baja, contrariamente a la zona de alta montaña, las máximas precipitaciones se producen en el periodo estival y en invierno las precipitaciones mínimas. La precipitación anual promedio varía de 250 a 350 mm y se incrementa de oeste a este.

### 3.3.4- Accidentes climáticos

#### 3.3.4.1- Granizo

El granizo es un fenómeno típico de zonas áridas y semiáridas. Durante los meses de verano se produce un gran calentamiento del suelo, el que es capaz de producir tormentas convectivas de gran desarrollo vertical. En la provincia de Mendoza las tormentas graniceras se producen entre los meses de octubre y abril. La dirección predominante de las tormentas graniceras es oeste - este, aunque se han registrado en dirección oeste - sur y oeste – norte. Su distribución puede ser puntual o a lo largo de franjas bien definidas, dependiendo ello de diversos factores, como tipo y dimensión de las nubes productoras, vientos a distintas alturas y posibles existencias de corrientes de la atmósfera del tipo ascendente por razones topográficas u otras.

A continuación se expone la figura 2.4, en donde se puede visualizar la cantidad de días con granizo promedio anual, para los oasis irrigados de los ríos Atuel y Diamante. De dicha figura se interpreta que el área irrigada por el río Atuel presenta un medio a elevado número de días con granizo.



Fuente: Ortiz Maldonado, A (1991) Adversidades Agrometeorológicas de Mendoza

**Figura 2.4: Clases de suelo del área de influencia del río Diamante y del río Atuel.**

### 3.3.4.2- Heladas

Las heladas<sup>4</sup> que afectan los cultivos pueden ser tempranas, cuando se producen en otoño, o tardías cuando se producen durante la primavera. El período que existe entre la última helada tardía promedio y la primera helada temprana promedio define el período libre de heladas. Para Mendoza este período va de los 180 y 240 días, +/- 25 días dependiendo de la zona, observándose que el período libre de heladas aumenta de sur a norte y de este a oeste para esta región.

## 2.3- Aspectos biológicos: vegetación y fauna<sup>5</sup>

### 2.3.1- Fitogeografía

De acuerdo al modelo fitogeográfico definido por Cabrera (1976), a lo largo del recorrido del río Diamante desde el oeste hasta el este por el paralelo 34° 30'sur, se presentan tres unidades fitogeográficas: Provincia Fitogeográfica Altoandina, Provincia Fitogeográfica Patagónica y Provincia Fitogeográfica del Monte (Figura 2.5). Esta última coincide con la llamada Diagonal Árida Sudamericana, la cual abarca una parte importante de este subcontinente, desde el norte de Perú a lo largo de los Andes hasta el sur de Neuquén y continuando a través de la Patagonia hasta aproximadamente la desembocadura del río Chubut (Bruniard, 1982).

El Monte ocupa una amplia franja (80%) de la cuenca y se corresponde con la planicie oriental. El monte se caracteriza por tener una precipitación promedio anual de 200 mm. La vegetación predominante es de tipo estepa arbustiva xerófila, sammófila o halófila, dominada por zigofiláceas pertenecientes a los géneros Larrea principalmente *L. divaricada* y *L. cuneifolia* (jarillas), *Bulnesia retama* (retamo) y *Plectrocarpasp* (mancapotrillo). Además, son frecuentes otros arbustos como *Prosopistorcuata*, *Prosopis alpataco*, (alpatacos), *Cercidiumpraecox* (chañar brea), *Chuquiragaerinacea*, *Cassiaaphylla* (pichanilla) y algunas poblaciones aisladas de especies arbóreas como *Geophroeaedecorticans* (chañar), *Prosopis alba*, *Prosopis flexuosa* (algarrobos) y *Salixhumboldtiana* (sauce), desarrollándose en bolsones y llanuras de suelos arenosos o pedregoso-arenosos y con escasa materia orgánica (Capitanelli, 1972; Roig, 1972; Cabrera, 1976).

La provincia Patagónica corresponde al 10 % de la superficie de la cuenca del mencionado río y se extiende desde el nivel del mar hasta los 2200 m de altitud, desde el piedemonte andino en el centro de Mendoza hacia el sur, ampliándose gradualmente hasta cubrir el sector occidental de Neuquén, Río Negro y la mayor parte de Chubut, Santa Cruz y el nordeste de Tierra del Fuego. Esta unidad se caracteriza por un clima frío y seco, con intensos vientos provenientes de las masas de aire emitidas por el anticiclón del Pacífico, con precipitaciones invernales de tipo nival (600 a 1000 mm.), siendo la vegetación dominante las estepas arbustivas, de caméfitos y herbáceas, y también las estepas halófilas, sammófilas y las vegas, las cuales se desarrollan sobre suelos basálticos, arenosos, pedregosos y pobres

<sup>4</sup> En la provincia de Mendoza los mayores daños son producidos por heladas mixtas que, generalmente se inician con el descenso térmico producido por el ingreso de un frente frío que produce mucha nubosidad, lo que determina que la pérdida de calor por irradiación sea pequeña, debido al efecto invernadero que producen las nubes. Una vez pasado el frente frío, la nubosidad se disipa y en consecuencia la pérdida calórica por irradiación es grande, que sumado a un ambiente previamente enfriado por el frente frío, se produce un importante descenso térmico fruto de la combinación de la advección del aire frío ingresado con el frente y la irradiación posterior.

Una situación más severa que la descripta ocurre cuando la humedad atmosférica es baja por haber corrido viento zonda y se produce la advección de un frente frío y seco, incapaz de producir nubosidad y de elevar la humedad atmosférica, lo que determina que simultáneamente con la advección del aire frío se produzca un gran pérdida calórica por irradiación, debido a la ausencia de nubosidad y la baja humedad atmosférica. Le sigue en importancia el daño de las heladas vinculadas con la topografía que se producen en extensas áreas cultivadas ubicadas en sectores bajos o en de lugares pedemontanos, donde la topografía accidentada dificulta el libre drenaje del aire frío.

<sup>5</sup> La presente descripción de la fitogeografía y zoogeografía ha sido tomada de Fernández 2012, y se ha adaptado al territorio de la cuenca del río Diamante.

en materia orgánica (Capitanelli, 1972; Cabrera, 1976). La comunidad esteparia está principalmente dominada por *Mulinum spinosum* (hierba negra), *Ephedra ochreata* (solupe), *Chuquiragarosulata* (uña de gato) y especies de los géneros *Azorella* (llareta), *Adesmia*, *Poa* (pasto), *Senecio* (senecio común) y *Maihuenia* (Hierba del Guanaco) (Roig, 1972; Cabrera, 1976).

Finalmente, la provincia Altoandina se extiende a lo largo de la cordillera de los Andes, desde el límite con Bolivia hasta Tierra del Fuego, por encima de los 2200 hasta los 4400 m. de altitud en el límite máximo de la cubierta vegetal. Particularmente en Mendoza aparece por arriba de los 3000 msnm (Cabrera, 1976). Dentro de esta provincia fitogeográfica se encuentra la laguna del Diamante, la cual es un área natural protegida de la provincia de Mendoza (Figura 2.5). Esta unidad se caracteriza por poseer un clima frío con un régimen de precipitaciones invernales (níveas), las cuales provienen del anticiclón del Pacífico. Las estepas graminosas, de caméfitos y arbustivas predominan en esta provincia y son comunes las vegas y los semidesiertos de líquenes, destacándose los géneros *Adesmia* (leña amarilla), *Cassia*, *Oxalis* (vinagrillo), *Verbena* (verbena) y *Mulinum* (hierba negra), que se desarrollan sobre suelos rocosos, pedregosos o arenosos (Cabrera, 1976).

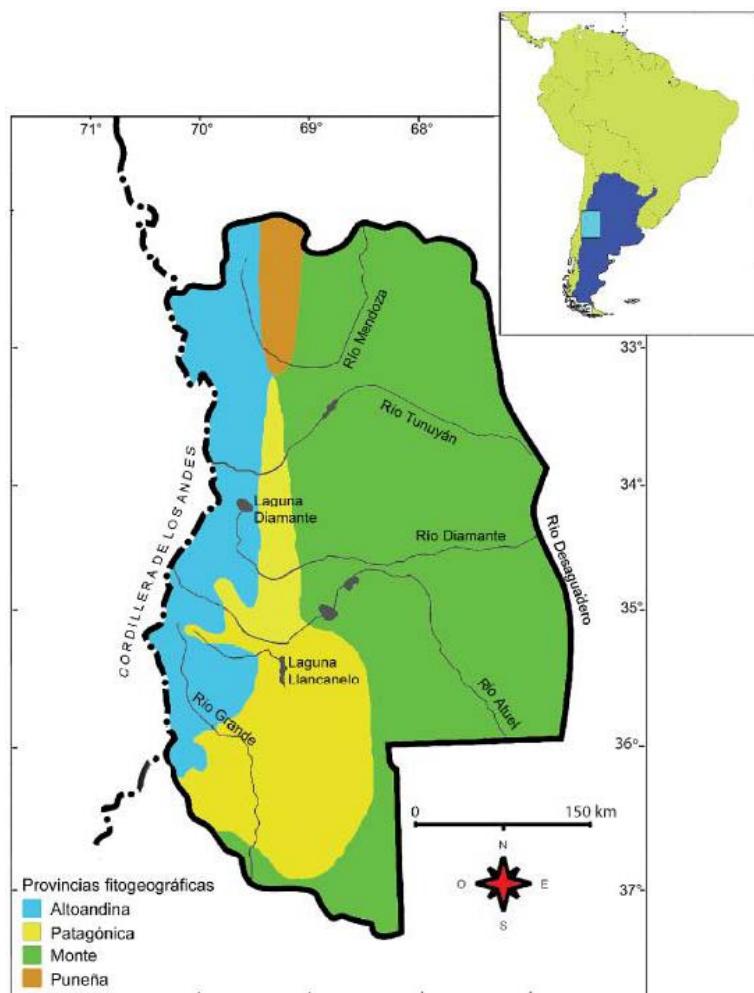


Figura 2.5: Fitogeografía de Mendoza según Cabrera, 1976

### 2.3.2- Zoogeografía

En concordancia con el modelo zoogeográfico propuesto por Ringuelet (1961) para la Argentina, la provincia de Mendoza se encuentra ubicada en la Región Neotropical y Subregión Andino- Patagónica, principalmente formando parte de los Dominios Andino, Patagónico y Central o Subandino (Figura 2.6).

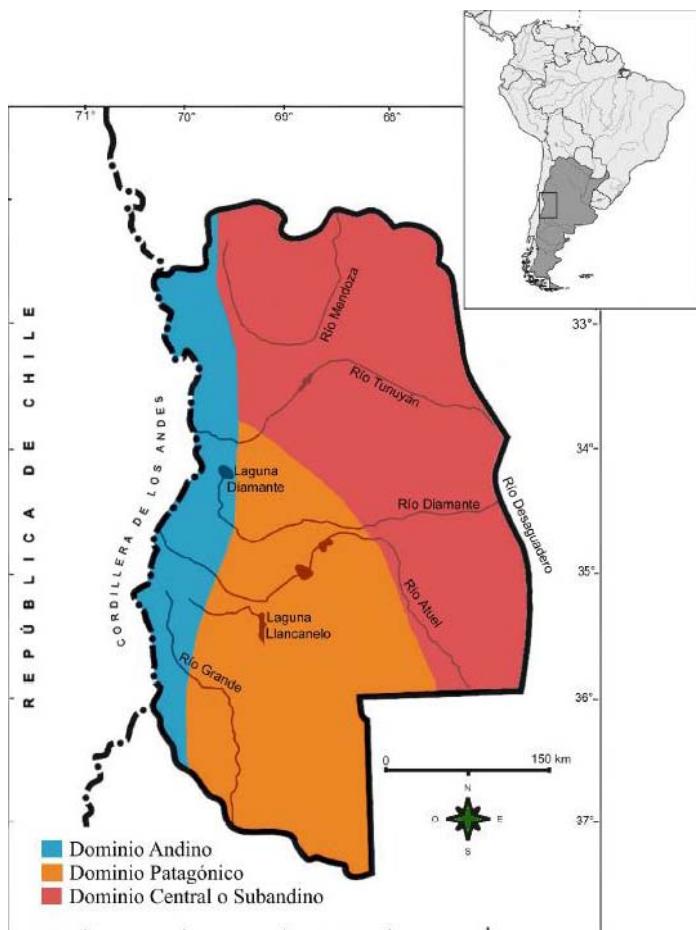


Figura 2.6: Zoogeografía de Mendoza según Riguet (1961)

Roig (1972) fue quien realizó un esquema zoogeográfico detallado para la provincia de Mendoza, mediante una perspectiva ecológica y geográfica del poblamiento de una amplia variedad faunística. En tal sentido, el autor distinguió tres unidades principales: 1) Fauna de las montañas y precordillera, 2) Fauna de las llanuras y 3) Fauna de la estepa patagónica. Coincidentemente con la variabilidad de la fitogeografía detallada para la cuenca del río Diamante, la fauna también está representada y descripta en función de unidades de oeste a este.

La primera unidad corresponde a los Altos Andes, ubicada por encima de los 2.300 msnm hasta la terminación de la cubierta vegetal. La fauna que habita esta región se encuentra principalmente adaptada a condiciones extremas de temperatura y presión atmosférica. Además se pueden evidenciar algunas asociaciones diferenciadas en distintos microambientes tales como los pastizales de altura, ubicados entre los 2500 y los 4000 msnm donde se reúne la mayor diversidad faunística; los peladales, los cuales están presentes desde los 3000 hasta los 4500 msnm y las estepas arbustivas situadas por debajo de los 2500 msnm., en el macizo principal de los Andes.

Entre la mastofauna de montaña se destacan los félidos *P. concolor* y *Leopardus jacobita* (gato andino), los cánidos *L. culpaeus* y *L. griseus*, el mefítido *C. chinga*, el camélido *L. guanicoe*, los roedores *D. patagonum*, *L. viscacia*, *C. mendocinus* y *M. australis*, el quiróptero *Myotis dinelli* (murcielaguito amarillento) y los xenartros *C. villosus* y *Z. pichiy* (Roig, 1972; Barquezet al., 2006).

Las aves están representadas entre otras por las paleognatas *Pterocnemiapennata* (choique) y *Nothoproctapentlandii* (inambúsilvador), los anátidos *Lophonetta specularioides* (pato crestón) y *Merganeta armata* (pato corta corriente), los charadridos *Vanellus chilensis* (tero común) y *Nycticryphes semicollaris* (aguatero), el colúmbido *Metriopelia melanoptera* (paloma andina), el thinocórido *Attagis gayi* (agachona grande), los passeriformes *Geositta isabellina* (caminera grande),

*Geosittacunicularia* (caminera común), *Geosittarufipennis* (caminera colorada), *Cynclodesfuscus* (remolinera común), *Cinclodesatacamensis* (remolinera castaña) y *Sturnellaloyca* (loica), y numerosas aves rapaces tales como *Vulturgrphus* (cónedor), *Geranoaetusmelanoleucus* (águila mora), *Buteopolysoma* (aguilucho común), *Phalcoboenusalbogularis* (carancho de la sierra), *Caracaraplancus* (carancho), *Milvagochimango* (chimango), *Falco peregrinus* (halcón peregrino), *Falco sparverius* (halconcito colorado) y *Bubo magellanicus* (tucúquere) (Roig, 1972; Olrog y Pescetti, 1991; Narosky y Izurieta, 2003).

Los reptiles exhiben una distribución altitudinal bien definida y se destacan los ofidios *Bothropsneuwiedii* (yarará chica) y *Lystrophissemicinctus* (falsa coral) y los saurios *Liolaemusbibroni*, *Liolaemusflavipiceus* (lagartijas) y *Pristidactylusscapulatus* (matuasto matutino) (Roig, 1972; Scolaro, 2006).

Los anfibios anuros *Rhinellaspinulosa* (sapo andino) y *Alsodesmontanus* (sapo) están bien representados en la cordillera andina (Roig 1972, Cei y Castro 1978). Por su parte, la ictiofauna nativa característica de los arroyos y ríos de la montaña son en su mayor parte siluriformes tales como *Trichomycterusborelli* (bagre de torrente) y *Hatcheriamacraei* (pique cuyano) (Ringuelet et al., 1967; Roig, 1972; Villanueva y Roig, 1995).

La segunda unidad (Fauna de las Llanuras) abarca las extensas llanuras del este, donde se observan grandes formaciones medanosas, loésicas y salitrales, que incluyen pastizales, jarillales y bosques abiertos de *Prosopispp.yG. decorticans*. En dichas llanuras los mamíferos están representados entre otros por los marsupiales marmosinos *T. pallidior* y *D. albiventris*, los félidos *P. concolor*, y *L. geoffroyi*, los xenartros *C. vellerosus* y *C. villosus*, el quiróptero *Tadaridabrasiliensis* (moloso común), los roedores *D. patagonum* y *L. maximus*, y numerosos cricétidos (Roig, 1972; Barquezet al., 2006).

Entre las aves más características de la llanura se encuentran las paleognatas *Rhea americana* (ñandú común), *Eudromiaelegans* (martineta) y *Nothuradarwini* (inambú pálido), el psittaciforme *Cyanoliseuspatagonus* (loro barranquero), las rapaces estrigiformes *Tyto alba* (lechuza de campanario) y *Athenecunicularia* (lechucita de las vizcacheras), las rapaces falconiformes *Buteoalbicaudatus* (aguilucho cabeza negra), *Parabuteounicinctus* (gavilán mixto), los colúmbidos *Zenaida auriculata* (torcaza) y *Columbina picui* (torcacita), el caprimulgido *Podagernacunda* (ñacundá) y los paseriformes *Furnariusrufus* (hornero) y *Pseudoseisuralophotes* (cacholote castaño) (Roig, 1972; Olrog y Pescetti, 1991; Narosky y Izurieta, 2003).

Entre los reptiles de la llanura se encuentran el quelonio *Chelonoidischilensis* (tortuga terrestre), los ofidios *Bothropsammodytoides* (yarará ñata) y *Microtuspyrrhocryptus* (coral), los saurios *Tupinambisrufescens* (lagarto colorado) y *Homonotadarwini* (gecko) y especies de los géneros *Teius*, *Pristidactylus* y *Phymaturus* (lagartijas) (Roig, 1972; Cei, 1986; Scolaro, 2006).

Los anfibios anuros que habitan la llanura forman parte de un grupo poco variado de anuros, representados por *Rhinellaarenarum* (sapo común), *Leptodactylusocellatus* (rana criolla) y, *Leptodactylusbufonius* (rana vizcachera) y *Odontophrynusoccidentalis* (escuerquito) (Roig, 1972; Cei y Castro, 1978). Entre los peces que residen en los ríos, arroyos de la llanura se hallan los siluriformes *Trichomycterusmendozensis* (bagres de torrente mendocinos) y *Trichomycterusareolatus* (bagre chico), el pércido *Percichthys trucha* (perca) y el simbranquiforme *Synbranchusmarmoratus* (anguila criolla) (Ringuelet et al., 1967, Roig, 1972; Villanueva y Roig, 1995).

Por último la fauna de la estepa Patagónica, comprende el extremo sur de la provincia en forma de cuña hacia el centro de la misma, incluyendo parte de los valles cordilleranos y la franja oeste de la zona árida que se corresponde a parte de la cuenca alta y media del río Diamante.

La composición mastozoológica de la estepa Patagónica se destaca por la presencia entre otras especies del marsupial *Lestodelphysballi* (comadrejita patagónica), el camélido *L. guanicoe*, los félidos *P. concolor* y *L. geoffroyi*, el cánido *L. culpaeus*, los mustélidos *L. patagonicus* y *Galictis cuja* (hurón menor), el

xenartroZ. *pichiy*, el quiróptero *T. brasiliensis*, los roedores *M. coipus*, *D. patagonum* y numerosos cricétidos (Roig, 1972; Barquezet al., 2006).

Las aves de la estepa Patagónica conforman un grupo muy heterogéneo con formas tanto terrestres como acuáticas y entre las numerosas especies se hallan las paleognatas *P. pennata* y *E. elegans*, los passeriformes *Asthenes modesta* (canastero pálido), *Phryngilus unicolor* (yal plomizo) y *Zonotrichiacapensis* (chingolo), los anátidos *Chloephagapicta* (cauquén común) y *Anasflavirostris* (pato barcino), los podicipediformes *Rollandiarolland* (macá común) y *Podicephorusmajor* (macá grande), el phoenicoptériforme *Phoenicopteruschilensis* (flamenco austral), los ardeidos *Ardea alba* (garza blanca) y *Ardeacocoi* (garza mora), los rállidos *Rallussanguinolentus* (gallineta común), *Fulicaleucoptera* (gallareta chica) y *Fulicaarmillata* (gallareta ligas rojas) y una composición de aves rapaces similar a la observada en los ambientes anteriores (Roig, 1972; Olrog y Pescetti, 1991; Narosky e Izurieta, 2003).

Los reptiles de la estepa Patagónica corresponden en su mayoría a formas afines a los ambientes áridos y semi-áridos y entre otros habitan los ofidios *B. ammodytoides* y *B. neuwiedii*, y numerosos saurios tales como *H. darwini*, *Phymaturuspuyuniae* (lagarto cola de piche), *Leiosaurusbellii* (matuasto de bell), *Liolaemuslongatus* y *Liolaemusdonosobarrosi* (lagartijas) (Roig, 1972; Scolaro, 2006).

Entre los anfibios que habitan la estepa Patagónica se encuentran bien representado *Pleurodemabufoninum* (ranita de cuatro ojos) (Roig, 1972). Por último, los peces que habitan en los ríos, arroyos y lagunas de la estepa Patagónica son los siluriformes *T. heterodontum* y *Diplomystescuyanus* (otuno cuyano), el aterínido *Odonthestheshatcheri* (pejerrey patagónico) y el agnato *Geotriaaustralis* (lamprea) (Ringuelet et al., 1967; Roig, 1972; Villanueva y Roig, 1995).

## 4. Caracterización socio-económica del área de estudio (departamentos de San Rafael y General Alvear)

El departamento de San Rafael tiene una extensión de 31.325 km<sup>2</sup>, lo que representa el 20,82 % del territorio provincial. Por su parte el departamento de General Alvear tiene una extensión de 14.440 km<sup>2</sup>, lo que representa el 9,41 % del territorio provincial.

### 4.1. Aspectos sociales

#### 4.1.1. Población

Teniendo en cuenta los distritos que se extienden sobre el área de estudio en la cuenca del río Atuel en el sector de la provincia de Mendoza, según el último censo de 2010, cuenta con un valor estimado de 90000 habitantes, aproximadamente 47.000 en el departamento de General Alvear y el resto en el departamento de San Rafael, ya que las áreas de Malargüe que forman parte de la cuenca están prácticamente deshabitadas no han sido consideradas.

Tabla 2.3: Población por distritos del área de estudio. (2010)

Distrito	Sexo		
	Total	Varón	Mujer
<b>Total</b>	<b>89.153</b>	<b>44.152</b>	<b>45.001</b>
<b>Distritos de San Rafael</b>			
Cañada Seca	11.027	5.576	5.451
Cuadro Benegas	4.303	2.163	2.140
El Nihuil	1.105	514	591
El Sosneado	542	318	224
Jaime Prats	2.289	1.178	1.111
La Llave	1.676	845	831
Las Malvinas	1.786	921	865

Punta de Agua	<b>830</b>	487	343
Rama Caída	<b>7.692</b>	3.904	3.788
Real del Padre	<b>6.297</b>	3.111	3.186
Villa Atuel	<b>5.177</b>	2.585	2.592
<b>Distritos de Gral. Alvear</b>			
Ciudad	<b>31.018</b>	14.744	16.274
Bowen	<b>8.803</b>	4.480	4.323
Alvear Oeste	<b>4.693</b>	2.320	2.373
San Pedro del Atuel	<b>1.915</b>	1.006	909

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

Respecto a la distribución espacial de la población, hace algo más de cuatro décadas, en el departamento de San Rafael había mayor población en el sector rural que en las localidades urbanas: 52% en el primero (67869 hab.) y 48% en las segundas (63370 hab.). En el año 1991 un 32% estaba en el sector rural (50091 hab.), y un 68% en el sector urbano (108175 hab.). En el año 2001 de los 173571 habitantes del departamento unos 28000 (menos del 17%) habitaban la zona de influencia del río Atuel.

Según el censo del 2010 la población total del departamento era de 188018 habitantes y la vinculada a la cuenca del río Atuel, de 43000 habitantes (más del 18%).

Tabla 2.4: Viviendas por área, según distrito. (2010)

Distrito	Área Urbano-Rural						
	Total	Urbano	%	Rural agrupado	%	Rural disperso	%
<b>Total</b>	<b>31.675</b>	<b>14.750</b>	<b>47%</b>	<b>3.409</b>	<b>11%</b>	<b>13.516</b>	<b>43%</b>
<b>Distritos de San Rafael</b>	<b>14.839</b>	<b>2.370</b>	<b>16%</b>	<b>2.992</b>	<b>20%</b>	<b>9.477</b>	<b>64%</b>
Cañada Seca	3.517	0	0%	643	18%	2.874	82%
Cuadro Benegas	1.347	0	0%	351	26%	996	74%
El Nihuil	1.159	0	0%	1.054	91%	105	9%
El Sosneado	219	0	0%	16	7%	203	93%
Jaime Prats	877	0	0%	132	15%	745	85%
La Llave	613	0	0%	168	27%	445	73%
Las Malvinas	559	0	0%	82	15%	477	85%
Punta de Agua	385	0	0%	121	31%	264	69%
Rama Caída	2.235	0	0%	377	17%	1.858	83%
Real del Padre	2.094	1.188	57%	0	0%	906	43%
Villa Atuel	1.834	1.182	64%	48	3%	604	33%
<b>Distritos de Gral. Alvear</b>	<b>16.836</b>	<b>12.380</b>	<b>74%</b>	<b>417</b>	<b>2%</b>	<b>4.039</b>	<b>24%</b>
Ciudad	11.021	9.852	89%	0	0%	1.169	11%
Bowen	3.377	1.764	52%	0	0%	1.613	48%
Alvear Oeste	1.587	764	48%	75	5%	748	47%
San Pedro del Atuel	851	0	0%	342	40%	509	60%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

Según el censo 2010 un 47% de las viviendas están ubicadas en zonas urbanas mientras que un 42% se ubica en zonas rurales de forma dispersa y sólo un 11% en zonas rurales pero de forma agrupada. El distrito con mayor porcentaje de viviendas en zona urbana es el de Ciudad del departamento Alvear, mientras que en el distrito sanrafaelino el 93% de las viviendas se encuentra en zonas rurales y de manera dispersa.

#### 4.1.2. Ocupaciones y empleo

La población económicamente activa en el departamento de San Rafael, según el censo 2010, representa más del 59% de la población total. Según el mismo censo, el 7% de esta población se encontraba desocupada.

**Tabla 2.5: Cantidad y porcentaje de población ocupada por sector.**

DEIE CNA 02' Servicio Estadístico Municipal	Locales relevados					Personal ocupado en locales relevados				
	T Pcial	Zona Sur	%	San Rafael	%	T Pcial	Zona Sur	%	San Rafael	%
Agricultura, ganadería, caza y sivicultura	260	66	25,4%	55	21,2%	3508	620	17,7%	495	14,1%
Pesca y servicios conexos	2	0	0,0%	0	0,0%	4	0	0,0%	0	0,0%
Explotación de minas y canteras	47	10	21,3%	3	6,4%	1275	181	14,2%	37	2,9%
Industria manufacturera	4781	829	17,3%	589	12,3%	36595	5609	15,3%	4504	12,3%
Electricidad, gas y agua	117	20	17,1%	14	12,0%	2334	241	10,3%	156	6,7%
Construcción	491	89	18,1%	62	12,6%	8191	492	6,0%	290	3,5%
Comercio (mayor y menor)	32792	4929	15,0%	3535	10,8%	79398	9566	12,0%	6615	8,3%
Servicio de hotelería y restaurantes	2304	339	14,7%	214	9,3%	10375	1138	11,0%	732	7,1%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	2725	424	15,6%	296	10,9%	15949	1639	10,3%	1126	7,1%
Intermediación financiera	713	119	16,7%	84	11,8%	4916	587	11,9%	452	9,2%
Servicios inmobiliarios	4516	657	14,5%	510	11,3%	15172	1333	8,8%	989	6,5%
Administración pública, defensa y seguridad	866	185	21,4%	110	12,7%	42102	5952	14,1%	4142	9,8%
Enseñanza	2123	363	17,1%	249	11,7%	62440	963	1,5%	6921	11,1%
Servicios sociales y de salud	3638	583	16,0%	443	12,2%	24657	2801	11,4%	1844	7,5%
Servicios comunitarios, sociales y personales	5506	932	16,9%	633	11,5%	24874	2921	11,7%	1966	7,9%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

#### 4.1.3. Educación y salud

La tasa de analfabetismo para el departamento de San Rafael se ubicaba, según datos del censo 2010, en el orden del 2,9 %, siendo la media provincial 2,2%, mientras que la de General Alvear es del 4% y la tercera más alta de la provincia. No obstante se observa una importante disminución de este índice, ya que según el censo de 1991 el analfabetismo promedia en dos puntos porcentuales menos en relación al último censo.

La cobertura médica por algún tipo de obra social o prestadora, para los habitantes de San Rafael según los datos de la DEIE (año 2011) es del 69%, lo que implica que el 31% no presenta cobertura. La distribución espacial indica que un 22.4% de los habitantes de zona urbana y un 41,9% de los de zona rural no tienen cobertura médica.

La cobertura médica en el departamento de General Alvear presenta características similares, también para el mismo año (2011) siendo la cobertura del 67%, por lo que un 33% de la población no presenta cobertura. Del total urbano un 20% de la población no cuenta con acceso a cobertura médica, mientras que en las zonas rurales el porcentaje se duplica.

#### 4.1.4. Calidad de vida

Los datos obtenidos por el Censo Nacional de población, hogares y vivienda del año 2010 indican para el departamento de San Rafael que aproximadamente el 89% de los habitantes del departamento tienen sus necesidades básicas satisfechas, pero con diferentes niveles de bienestar. El 10.6% de los habitantes tienen necesidades básicas insatisfechas lo que marca una importante disminución respecto al año 2001 en que era del orden del 16%.

Los mismos datos indican para el departamento de General Alvear que aproximadamente un 85% de los habitantes del departamento tienen sus necesidades básicas satisfechas, pero con diferentes niveles de bienestar. El 14.6% de los habitantes tienen necesidades básicas insatisfechas lo que marca una importante disminución respecto al año 2001 en que era del orden del 18%.

**Tabla 2.6: Hogares por presencia de al menos un indicador de NBI, según distrito (2010).**

Distrito	Al menos un indicador de NBI				
	Total	Hogares sin NBI	%	Hogares con NBI	%
<b>Total</b>	<b>26.677</b>	<b>23.614</b>	<b>89%</b>	<b>3.063</b>	<b>11%</b>
<b>Distritos de San Rafael</b>	<b>11.929</b>	<b>10.045</b>	<b>84%</b>	<b>1.884</b>	<b>16%</b>
Cañada Seca	3.100	2.547	82%	553	18%
Cuadro Benegas	1.189	1.011	85%	178	15%
El Nihuil	317	289	91%	28	9%
El Sosneado	152	105	69%	47	31%
Jaime Prats	676	550	81%	126	19%
La Llave	488	419	86%	69	14%
Las Malvinas	462	349	76%	113	24%
Punta de Agua	253	164	65%	89	35%
Rama Caída	1.993	1.749	88%	244	12%
Real del Padre	1.797	1.499	83%	298	17%
Villa Atuel	1.502	1.363	91%	139	9%
<b>Distritos de Gral. Alvear</b>	<b>14.748</b>	<b>13.569</b>	<b>92%</b>	<b>1.179</b>	<b>8%</b>
Ciudad	9.938	9.348	94%	590	6%
Bowen	2.794	2.488	89%	306	11%
Alvear Oeste	1.431	1.260	88%	171	12%
San Pedro del Atuel	585	473	81%	112	19%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

#### 4.1.5. Agua potable

La provisión del servicio de agua potable, en el oasis bajo riego del río Atuel, es realizada mediante la captación de agua subterránea y agua superficial.

**Tabla 2.7: Hogares por provisión de agua en la vivienda y el terreno, según distrito. (2010)**

Distrito	Provisión de agua						
	Total	Por cañería dentro de la vivienda	%	Fuera de la vivienda pero dentro del terreno	%	Fuera del terreno	%
<b>Total</b>	<b>41.425</b>	<b>34.613</b>	<b>84%</b>	<b>4.734</b>	<b>11%</b>	<b>2.078</b>	<b>5%</b>
<b>Distritos de San Rafael</b>	<b>11.929</b>	<b>8.693</b>	<b>73%</b>	<b>2.202</b>	<b>18%</b>	<b>1.034</b>	<b>9%</b>
Cañada Seca	3.100	2.229	72%	550	18%	321	10%
Cuadro Benegas	1.189	894	75%	196	16%	99	8%
El Nihuil	317	270	85%	38	12%	9	3%
El Sosneado	152	43	28%	76	50%	33	22%
Jaime Prats	676	399	59%	182	27%	95	14%
La Llave	488	320	66%	88	18%	80	16%
Las Malvinas	462	212	46%	182	39%	68	15%
Punta de Agua	253	88	35%	108	43%	57	23%
Rama Caída	1.993	1.664	83%	210	11%	119	6%
Real del Padre	1.797	1.390	77%	307	17%	100	6%
Villa Atuel	1.502	1.184	79%	265	18%	53	4%
<b>Distritos de Gral. Alvear</b>	<b>14.748</b>	<b>12.960</b>	<b>88%</b>	<b>1.266</b>	<b>9%</b>	<b>522</b>	<b>4%</b>
Ciudad	9.938	9.174	92%	530	5%	234	2%
Bowen	2.794	2.267	81%	411	15%	116	4%
Alvear Oeste	1.431	1.134	79%	183	13%	114	8%
San Pedro del Atuel	585	385	66%	142	24%	58	10%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

En la última tabla podemos observar que un 16 % de las viviendas del área de estudio no tienen acceso al agua dentro de sus hogares, sino que la buscan fuera de la vivienda. En el departamento Ciudad de General Alvear el acceso se eleva a un 92%, mientras que en el distrito sanrafaelino de El Sosneado más de un 70% de las viviendas no posee toma de agua en su interior, incluso un 22% no cuenta con acceso al recurso en su propio terreno.

**Tabla 8: Hogares por procedencia del agua para beber y cocinar, según distrito. (2010)**

Distrito	Procedencia del agua para beber y cocinar											Irrigación, río, canal, arroyo o acequia	%	
	Total	Red públ.	%	Perf. con bomba a motor		Perf. con bomba manual			Pozo	%	Trans. por cisterna	%		
				Perf.	con	bomba	a	motor				l		
<b>Total</b>	<b>26.677</b>	<b>22.767</b>	<b>85%</b>	<b>1.367</b>	<b>5</b>	<b>148</b>	<b>1</b>	<b>569</b>	<b>2</b>	<b>615</b>	<b>2</b>	<b>1.211</b>	<b>5</b>	
<b>Distritos de San Rafael</b>	<b>11.929</b>	<b>9.004</b>	<b>75</b>	<b>938</b>	<b>8</b>	<b>96</b>	<b>1</b>	<b>455</b>	<b>4</b>	<b>342</b>	<b>3</b>	<b>1.094</b>	<b>9</b>	
Cañada Seca	3.100	2.521	81	150	5	20	1	127	4	50	2	232	7	
Cuadro Benegas	1.189	883	74	37	3	3	0	31	3	42	4	193	16	
El Nihuil	317	264	83	16	5	0	0	4	1	3	1	30	9	
El Sosneado	152	40	26	2	1	0	0	20	13	17	11	73	48	
Jaime Prats	676	321	47	155	23	12	2	30	4	83	12	75	11	
La Llave	488	310	64	88	18	8	2	16	3	20	4	46	9	

Las Malvinas	462	313	68	24	5	1	0	27	6	7	2	90	19
Punta de Agua	253	94	37	17	7	3	1	71	28	4	2	64	25
Rama Caída	1.993	1.513	76	148	7	6	0	86	4	52	3	188	9
Real del Padre	1.797	1.573	88	128	7	30	2	8	0	35	2	23	1
Villa Atuel	1.502	1.172	78	173	12	13	1	35	2	29	2	80	5
<b>Distritos de Gral. Alvear</b>	<b>14.748</b>	<b>13.763</b>	<b>93</b>	<b>429</b>	<b>3</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>114</b>	<b>1</b>	<b>273</b>	<b>2</b>	<b>117</b>	<b>1</b>
Ciudad	9.938	9.657	97	154	2	23	0	25	0	66	1	13	0
Bowen	2.794	2.541	91	66	2	8	0	38	1	82	3	59	2
Alvear Oeste	1.431	1.160	81	169	12	9	1	13	1	59	4	21	1
San Pedro del Atuel	585	405	69	40	7	12	2	38	6	66	11	24	4

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

En la misma línea con los análisis realizados en la anterior tabla, en ésta última se interpreta que un 85% de las viviendas del área de estudio accede a agua potable de una red pública, sin embargo encontramos marcados contrastes, por ejemplo en el distrito Ciudad de General Alvear donde el 97% de las viviendas tiene acceso a la red pública, mientras que en el distrito ya citado de El Sosneado sólo un 22% de las viviendas accede a dicha red. En éste último distrito un 48% de las viviendas accede al recurso hídrico a través de un canal, arroyo, acequia o por el agua de lluvia que recoge. Sin embargo la media de viviendas que acceden de esta forma precaria al recurso en el área de estudio es el 5%, que en números absolutos contabiliza 1211 viviendas.

## 4.2. Aspectos económicos

Las principales actividades económicas que se desarrollan en el área son el turismo, la vitivinicultura, el cultivo de hortalizas y olivas y la ganadería. El turismo se desarrolla fuertemente en la región que comprende el Cañón del Atuel que se encuentra en el departamento de San Rafael, a 37 km de la localidad homónima. El Cañón del Atuel posee una edad estimada de 60 millones de años y es utilizado para la generación de energía y para la irrigación.

El Producto Bruto Geográfico (PBG) de Mendoza para el año 2014 fue de 13453 millones de pesos (pesos 1993), y representa aproximadamente el 4% del PBI nacional. La evolución en el período considerado es en alza, con pequeñas variaciones para los años 2009 y 2014 representando un crecimiento de 26% respecto del año 2004 y con un promedio de crecimiento para el decenio del 20,5%.

**Tabla 2.9: Producto Bruto Geográfico de la provincia de Mendoza por departamentos (2014) (En miles de pesos de 1993).**

Departamentos	General Alvear	San Rafael	Total Provincial
Agropec.	20.312,1	131.952,2	<b>956.433,7</b>
Minas y C.	-	24.220,9	<b>1.011.546,3</b>
Ind. Manuf.	17.872,3	91.507,9	<b>2.063.592,1</b>
Elec., G y A	2.959,4	19.814,8	<b>239.385,2</b>
Constr.	8.688,3	20.075,2	<b>231.778,5</b>
Comercio	48.202,4	259.505,8	<b>3.388.766,1</b>
Transporte	18.605,3	61.694,7	<b>962.243,7</b>
Estab. Fin.	50.688,9	211.132,2	<b>2.005.273,2</b>
Servicios	75.638,5	291.111,0	<b>2.593.765,6</b>
PBG	<b>242.967,2</b>	<b>1.111.014,7</b>	<b>13.452.784,3</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

En la Tabla2.9 se observa que el Producto Bruto Geográfico del departamento de San Rafael para el año 2014 es más de cuatro veces el de General Alvear, así también se observa que el sector servicios es el más importante en ambas economías y que en el departamento de General Alvear no existe actividad minera pero San Rafael. En este último caso la actividad minera es la que menos aporta de las expuestas en la tabla analizada.

**Tabla2.10: Participación Porcentual al PBG provincial: Departamento / Total Sector (2014).**

Departamentos	General Alvear	San Rafael
Agropec.	2,12%	13,80%
Minas y C.	0,00%	2,39%
Ind. Manuf.	0,87%	4,43%
Elec., G y A	1,24%	8,28%
Constr.	3,75%	8,66%
Comercio	1,42%	7,66%
Transporte	1,93%	6,41%
Estab. Fin.	2,53%	10,53%
Servicios	2,92%	11,22%
PBG	1,81%	8,26%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

En la Tabla2.10 se observa que los dos departamentos estudiados aportan el 10% del PBG provincial, en particular el departamento de San Rafael representa por si solo un 8,26% del PBG, mientras que General Alvear un 1,81%.

El aporte de San Rafael en la actividad agropecuaria es incluso mayor, representa el 13,80% del total provincial en dicho sector, como así también es importante su aporte en los sectores de servicios y establecimientos financieros, ambos por arriba del 10%, mientras que los sectores menos aportantes al PBG provincial son el de minas y canteras (2,39%) e industria manufacturera (4,43%).

En el caso del departamento de General Alvear se destaca el aporte que realiza en el sector de la construcción (3,75%), muy por arriba del aporte porcentual total al PBG. Otros sectores importantes son el de servicios, establecimientos financieros y la agricultura, estos tres sectores aportan entre un 2 y 3 % al total del PBG. Al igual que San Rafael los sectores menos desarrollados son la actividad minera y la industria manufacturera.

En resumen se puede establecer son dos departamentos que aportan principalmente al PBG desde el sector terciario y primario agrícola, y es casi insignificativo el aporte del sector industrial y del minero.

**Tabla2.11: Producto Bruto Geográfico de la provincia de Mendoza por departamentos (2014).**

Departamentos	General Alvear	San Rafael
Agropec.	8,36%	11,88%
Minas y C.	0,00%	2,18%
Ind. Manuf.	7,36%	8,24%
Elec., G y A	1,22%	1,78%
Constr.	3,58%	1,81%
Comercio	19,84%	23,36%

Transporte	7,66%	5,55%
Estab. Fin.	20,86%	19,00%
Servicios	31,13%	26,20%
PBG	100,00%	100,00%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

En la Tabla 2.11 se presenta lo que aporta cada sector al PBG departamental. Se observa que las economías de ambos territorios son similares, por ejemplo los tres sectores más importantes son en ambas economías servicios, establecimientos financieros y comercio, por esto también se puede decir que son economías dominadas por el sector terciario, ya que estos tres sectores representan en General Alvear más del 72% de su PBG, mientras que en San Rafael representan más del 78% del PBG. Cabe aclarar que el peso del sector terciario es aún mayor, ya que no estamos considerando el sector de transporte.

En relación a las actividades secundarias, en ninguno de los dos departamentos el sector representa más del 8% del total de sus economías, por lo que se puede decir que no se ha alcanzado niveles de industrialización altos.

Por último en el sector primario si hay una leve diferencia en cuanto el peso de la actividad en comparación a los otros sectores, en el PBG de General Alvear el sector está representado únicamente por la actividad agropecuaria y alcanza a ser un 8,36%, en San Rafael al 11,88% que representa la agricultura le sumamos el 2,18% del sector minas y canteras y resulta en un 14,06% del PBG departamental.

#### 4.2.1 Actividad agropecuaria

La fruticultura es la actividad que más superficie implantada posee en ambos departamentos. Dentro de este universo, el ciruelo para industria es el cultivo más importante, incluso dentro de la provincia, ya que San Rafael representa el 57% de la superficie implantada con ciruelo en la provincial y General Alvear el 31%. En segundo lugar sigue la vid, luego el olivo, "otros cultivos" (forrajeros, flores, etc.) y por último, el cultivo de hortalizas.

En el año 2008 más de la mitad de las explotaciones agrícolas de General Alvear eran de frutales, representando casi el 10% del total de explotaciones de dicho tipo de cultivo en toda la provincia, el resto prácticamente lo conforman las dedicadas a la vid. En el departamento de San Rafael la predominancia de unidades de explotación de frutales es aún mayor, por encima del 62%, representando más del 20% del total provincial en dicho tipo de cultivo (Tabla 2.12)

Tabla 2.12: Cantidad de Eap's por tipo de cultivo, según departamento (2008).

Departamento	Cereales para grano	Forrajerías anuales	Forrajerías perennes	Hortalizas	Aromáticas	Vid	Frutales	Bosques y montes implantados
Total	87	175	820	3.230	204	10.562	14.981	394
Gral. Alvear	32	38	206	92	2	849	1307	38
Godoy Cruz	-	-	-	-	-	-	-	-
Guaymallén	1	5	4	544	6	166	403	9
Junín	-	1	11	56	-	1036	1219	6
La Paz	1	2	8	1	-	30	50	1
Las Heras	-	1	18	100	3	130	175	26
Lavalle	-	6	65	294	1	768	882	23
Luján de Cuyo	1	3	4	198	4	565	620	10

Maipú	3	4	10	1.014	1	824	1721	5
Malargüe	5	9	52	5	-	-	-	1
Rivadavia	-	1	11	18	-	1032	1160	7
San Carlos	7	36	67	291	167	277	412	42
San Martín	2	3	20	143	4	2051	2296	8
San Rafael	21	58	312	218	15	1967	3384	113
Santa Rosa	2	2	20	7	1	411	479	4
Tunuyán	3	1	6	85	-	152	409	91
Tupungato	9	5	6	164	-	304	464	10

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

En la Tabla 2.13 se observa que de las 16660 ha cultivadas en Alvear, 10577 son de cultivos perennes, mientras que en San Rafael de las 47115 ha cultivadas, 36372 corresponden a cultivos perennes. En ambos departamentos le sigue en importancia, pero muy por detrás, el cultivo de forrajeras perennes.

**Tabla 2.13: Superficie total de las EAP con límites definidos, por tipo de uso de la tierra, según departamento (2008).**

Departamento	Superficie implantada							Cultivos sin discriminar	
	Total	Total	Cultivos		Forrajeras		Bosques y/o montes		
			anuales	perennes	anuales	perennes			
Hectáreas									
Total	7.911.652,6	274.466,8	6.037,3	212.862,0	2.678,9	13.494,3	6.032,4	33.361,8	
Capital	-	-	-	-	-	-	-	-	
General Alvear	909.531,3	14.660,9	358,2	10.577,8	429,5	2.492,5	596,3	206,6	
Godoy Cruz	1,0	1,0	-	1,0	-	-	-	-	
Guaymallén	7.698,8	6.153,6	21,1	3.486,0	5,9	12,5	81,3	2.546,7	
Junín	19.784,6	14.013,6	3,5	13.370,8	2,0	98,1	70,7	468,5	
La Paz	592.284,9	356,9	6,5	307,9	3,0	37,5	1,0	1,0	
Las Heras	127.244,4	2.860,4	46,0	1.096,3	4,0	283,4	686,5	744,2	
Lavalle	188.995,9	19.635,7	112,0	14.133,1	45,5	961,4	399,0	3.984,7	
Luján de Cuyo	58.277,5	18.874,5	88,4	15.666,5	29,8	61,0	66,0	2.962,8	
Maipú	44.558,3	29.016,8	48,0	20.326,0	50,0	231,5	19,3	8.342,1	
Malargüe	1.679.048,9	3.971,6	3.014,7	-	103,0	455,0	1,0	397,9	
Rivadavia	148.662,0	18.975,3	95,0	18.380,2	-	199,6	27,2	273,3	
San Carlos	1.074.102,1	14.688,2	398,9	6.238,9	597,8	833,6	1.429,8	5.189,2	
San Martín	81.603,7	39.267,1	29,5	37.103,1	12,5	154,5	12,1	1.955,4	
San Rafael	2.006.699,5	47.115,5	540,5	36.372,8	1.007,4	7.114,8	898,8	1.181,2	
Santa Rosa	549.460,8	10.542,5	61,0	9.897,4	17,5	252,5	267,0	47,1	
Tunuyán	256.896,0	18.811,5	38,5	16.076,2	3,0	161,0	1.364,1	1.168,7	
Tupungato	166.802,9	15.521,7	1.175,5	9.828,1	368,0	145,4	112,3	3.892,4	

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

#### 4.2.1.1 Fruticultura

En las Tablas 2.14 y 2.15 se puede observar la importancia de dos cultivos, por un lado el de ciruelo en el área de estudio, el 66% del total provincial se produce aquí y se destaca que en la última década desarrolló un crecimiento lento pero constante de superficie cultivada. Por otro lado, la superficie de damasco en la región representa buena parte del total provincial y se cultiva en los dos departamentos, sin embargo en este frutal no se observa aumento de la superficie cultivada, se ha mantenido estable desde hace casi 10 años.

**Tabla 2.14: Superficie cultivada con ciruelo (en ha.) por departamento, según campaña.**

Departament	Campaña
-------------	---------

	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15
Total	19.548,1 7	21.206,9 3	23.462,5 8	24.700,3 3	25.153,0 0	24.948,0 0	24.636,0 0	24.609,0 0
<b>Capital</b>								
Gral. Alvear	3.034,81	3.195,80	3.995,74	4.132,49	4.270,00	4.225,00	4.099,00	4.018,00
Godoy Cruz	0,53	0,53	0,53	0,53			1,00	
Guaymallén	268,46	272,46	271,61	265,18	272,00	263,00	239,00	235,00
Junín	779,78	796,01	832,25	827,34	869,00	874,00	817,00	795,00
La Paz	63,28	82,82	85,91	89,71	90,00	88,00	89,00	109,00
Las Heras	231,42	249,37	250,67	224,67	202,00	221,00	218,00	212,00
Lavalle	553,14	635,89	661,36	648,56	677,00	657,00	658,00	634,00
Luján de Cuyo	201,51	236,51	238,75	247,25	248,00	231,00	222,00	223,00
Maipú	972,79	1.126,40	1.182,97	1.191,82	1.215,00	1.250,00	1.261,00	1.263,00
<b>Malargüe</b>								
Rivadavia	812,44	859,71	982,21	1.127,25	1.152,00	1.158,00	1.147,00	1.204,00
San Carlos	170,49	179,49	197,34	200,04	201,00	198,00	185,00	177,00
San Martín	1.839,81	2.088,82	2.276,10	2.365,04	2.469,00	2.364,00	2.329,00	2.249,00
San Rafael	9.426,78	10.103,0 2	11.015,5 5	11.814,8 7	11.854,0 0	11.886,0 0	11.869,0 0	12.012,0 0
Santa Rosa	700,39	870,39	942,70	1.040,98	1.128,00	1.108,00	1.090,00	1.117,00
Tunuyán	267,79	275,19	279,39	289,09	287,00	278,00	266,00	217,00
Tupungato	224,76	234,51	249,51	235,52	219,00	147,00	146,00	144,00

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

**Tabla 2.15: Superficie cultivada con damasco (en ha.) por departamento, según campaña.**

Departamento	Campaña							
	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15
Total	2.795,22	2.886,92	3.060,51	3.044,14	3.058,00	2.948,00	2.845,00	2.786,00
<b>Capital</b>								
Gral. Alvear	443,94	456,13	551,55	568,66	579,00	576,00	563,00	551,00
Godoy Cruz	0,10	0,10	0,10	0,10	-	-	-	-
Guaymallén	17,65	19,15	19,15	19,15	18,00	18,00	18,00	18,00
Junín	123,82	125,97	124,22	123,97	125,00	113,00	91,00	91,00
La Paz	9,75	14,75	14,75	14,75	15,00	15,00	15,00	15,00
Las Heras	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	10,00	10,00	10,00
<b>Malargüe</b>								
Rivadavia	55,88	169,47	163,25	157,56	150,00	130,00	122,00	126,00
San Carlos	-	-	-	-	-	-	-	4,00
San Martín	483,96	476,42	482,26	431,34	441,00	413,00	409,00	393,00
San Rafael	1.211,61	1.254,76	1.323,98	1.345,71	1.340,00	1.307,00	1.270,00	1.251,00
Santa Rosa	187,25	206,40	216,46	220,56	220,00	216,00	196,00	200,00
Tunuyán	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	4,00
Tupungato	2,00	2,00	2,00	2,00	9,00	9,00	10,00	10,00

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

En las dos siguientes tablas se observa el cultivo de durazno y pera es de menos consideración que los anteriormente evaluados, sin embargo también representan buena parte del total provincial en superficie implantada, en la pera sin embargo notamos como la superficie cultivada se ha mantenido durante casi 10 años. En el caso de la superficie cultivada de durazno (ver tabla 2.16) la superficie

cultivada se ha mantenido estable y entre los dos departamentos representan un tercio del total cultivado de dicho frutal en la provincia.

Departamento	Campaña							
	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15
<b>Total</b>	<b>17.096,3</b>	<b>17.801,7</b>	<b>18.484,4</b>	<b>18.945,5</b>	<b>19.129,0</b>	<b>19.248,0</b>	<b>18.798,0</b>	<b>18.711,0</b>
Godoy Cruz	14,5	14,5	14,5	14,5	15,0	15,0	15,0	15,0
Gral. Alvear	2.275,5	2.375,7	2.364,5	2.344,5	2.382,0	2.320,0	2.234,0	2.166,0
Guaymallén	44,3	44,2	44,2	46,3	50,0	45,0	45,0	47,0
Junín	926,5	943,8	922,3	907,9	908,0	887,0	840,0	828,0
La Paz	17,6	17,7	17,3	17,3	17,0	17,0	17,0	17,0
Las Heras	23,2	23,4	36,7	36,7	36,0	36,0	36,0	37,0
Lavalle	138,1	156,1	162,3	163,2	164,0	158,0	151,0	142,0
Luján de Cuyo	359,5	390,3	398,5	399,8	394,0	356,0	356,0	350,0
Maipú	802,6	847,7	905,4	939,2	978,0	1.002,0	1.008,0	987,0
Malargüe	-	-	-	-	-	-	-	-
Rivadavia	967,2	997,2	1.015,1	1.008,4	943,0	917,0	811,0	826,0
San Carlos	117,7	124,6	147,3	161,3	171,0	167,0	163,0	146,0
San Martín	2.321,8	2.329,1	2.380,8	2.383,8	2.358,0	2.339,0	2.199,0	2.138,0
San Rafael	4.475,1	4.614,3	4.973,1	5.137,6	5.194,0	5.063,0	4.979,0	4.878,0
Santa Rosa	595,9	639,5	648,0	631,9	605,0	592,0	539,0	514,0
Tunuyán	2.437,6	2.643,3	2.811,0	3.061,1	3.159,0	3.543,0	3.578,0	3.710,0
Tupungato	1.579,1	1.640,3	1.643,4	1.692,1	1.755,0	1.791,0	1.827,0	1.910,0

**Tabla 2.16: Superficie cultivada con durazno (en ha.) por departamento, según campaña**

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

**Tabla 2.17: Superficie cultivada con peral (en ha.) por departamento, según campaña**

Departamento	Campaña							
	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15
<b>Total</b>	<b>6.463,3</b>	<b>6.544,3</b>	<b>6.658,3</b>	<b>6.573,7</b>	<b>6.582,0</b>	<b>6.330,0</b>	<b>6.145,0</b>	<b>5.941,0</b>
Godoy Cruz	-	-	-	-	-	-	-	-
Gral. Alvear	1.041,4	1.048,0	1.079,2	1.030,7	1.023,0	1.008,0	954,0	901,0
Guaymallén	16,3	16,3	16,3	16,3	16,0	16,0	17,0	14,0
Junín	24,4	20,6	20,6	20,6	20,0	15,0	14,0	13,0
La Paz	27,6	32,6	35,2	35,2	35,0	35,0	34,0	34,0
Las Heras	66,1	59,1	59,1	59,6	68,0	65,0	64,0	69,0
Lavalle	283,1	315,6	300,1	287,6	275,0	265,0	258,0	253,0
Luján de Cuyo	157,8	164,8	160,0	161,6	160,0	144,0	131,0	129,0
Maipú	44,1	43,4	43,4	42,5	32,0	32,0	31,0	31,0
Malargüe	-	-	-	-	-	-	-	-
Rivadavia	26,9	26,9	46,5	37,5	38,0	36,0	36,0	36,0
San Carlos	960,2	949,0	968,7	971,9	966,0	904,0	871,0	850,0
San Martín	273,6	260,0	244,0	244,1	237,0	182,0	176,0	144,0
San Rafael	1.815,4	1.868,6	1.892,6	1.845,2	1.823,0	1.776,0	1.724,0	1.672,0

Santa Rosa	22,5	18,5	18,5	18,8	18,0	20,0	15,0	20,0
Tunuyán	1.463,6	1.463,8	1.513,0	1.524,4	1.557,0	1.567,0	1.557,0	1.528,0
Tupungato	240,3	257,1	261,1	277,9	314,0	265,0	263,0	247,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

#### 4.2.1.2 Actividad pecuaria

El área de estudio es una importante zona de desarrollo ganadero, en las siguientes tablas se puede observar que San Rafael y General Alvear poseen el mayor número de unidades de explotación de bovinos y ovinos, sólo por detrás en ambos casos se ubica el departamento de Malargüe.

**Tabla 2.18: Cantidad de Eap's que poseen animales por especie y tipo de delimitación, según departamento. (2008)**

Departamento	Eap's con bovinos			Eap's con ovinos		
	Total	Con límites definidos	Sin límites definidos	Total	Con límites definidos	Sin límites definidos
<b>Total</b>	<b>2.654</b>	<b>1.451</b>	<b>1.203</b>	<b>751</b>	<b>314</b>	<b>437</b>
Capital						
General Alvear	248	247	1	26	26	
Godoy Cruz	1		1			
Guaymallén	1	1		2	2	
Junín	2	2		2	2	
La Paz	140	140		5	5	1
Las Heras	66	8	58	24	1	23
Lavalle	268	45	223	111	18	93
Luján de Cuyo	52	9	43	9	6	3
Maipú	7	7		3	3	
Malargüe	938	299	639	364	127	237
Rivadavia	22	17	5	3	3	
San Carlos	118	103	15	18	13	5
San Martín	10	10		1	1	
San Rafael	595	418	177	165	90	75
Santa Rosa	129	112	17	7	7	
Tunuyán	36	15	21	5	4	1
Tupungato	21	18	3	6	6	

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

**Tabla 2.19: Cantidad de EAP's que poseen animales por especie y tipo de delimitación, según departamento. (2008)**

Departamento	Caprinos			Porcinos		
	Total	EAP	EAP	Total	Con límites definidos	Sin límites definidos
<b>Total</b>	<b>2.379</b>	<b>743</b>	<b>1.636</b>	<b>273</b>	<b>219</b>	<b>54</b>
Capital	-	-	-	-	-	-
General Alvear	43	42	1	45	45	-
Godoy Cruz	2	-	2	6	-	6
Guaymallén	1	1	-	8	8	-
Junín	1	1	-	5	5	-
La Paz	63	63	-	15	15	-
Las Heras	43	6	37	26	7	19
Lavalle	513	57	456	31	14	17
Luján de Cuyo	35	5	30	9	4	5
Maipú	10	10	-	18	18	-

Malargüe	1.192	314	878	7	4	3
Rivadavia	1	1	-	4	4	-
San Carlos	44	34	10	-	-	-
San Martín	10	10	-	2	2	-
San Rafael	336	134	202	73	69	4
Santa Rosa	65	52	13	11	11	-
Tunuyán	5	5	-	7	7	-
Tupungato	15	8	7	6	6	-

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DEIE.

## 5- Resumen histórico<sup>6</sup> Río Atuel, Mendoza, Argentina.

El sistema andino, que se extiende por el centro-oeste de la República Argentina, está conformado por las cuencas de los ríos Mendoza, Tunuyán, Diamante y Atuel en la provincia de Mendoza; y los ríos San Juan y Jáchal, en la provincia de San Juan. Estas seis cuencas principales son alimentadas por los deshielos cordilleranos. La importancia de los mismos radica en dos aspectos: el agrícola y el hidroeléctrico.

De todos los ríos del Sistema Hídrico del río Desaguadero, el Atuel fue el primero que se benefició con obras para su aprovechamiento tanto agrícola como energético. Esto se debió a las ventajosas condiciones topográficas y geológicas ofrecidas por su cauce para la implantación de infraestructura. El río Atuel nace en la laguna del mismo nombre, a la altura de 3.500 metros sobre el nivel el mar, en la cordillera de Los Andes. Su cuenca de alimentación nival ocupa cerca de 3.500 km<sup>2</sup>. A lo largo de su recorrido, el cauce atraviesa distintos relieves y desciende hacia el sur. Después del encuentro con el río Las Lágrimas, pasa frente a las termas de El Sosneado y se desvía hacia el sudeste, donde luego de unirse con el Salado, en Las Juntas, sale de la zona cordillerana atravesando Sierra Pintada. Discurre por un valle de pendiente suave que contiene el vaso donde se forma el dique El Nihuil.

Según estudios de Humberto A. Lagiglia<sup>7</sup>, una mazorca de maíz procedente de las márgenes del río Atuel, tendría una antigüedad cercana a los 2.000 años. Es decir que a principios de la era cristiana se practicaba la agricultura en el sur de la provincia de Mendoza, lo que nos lleva a concluir que ya por aquella época ya existían sistemas rudimentarios de irrigación. Cabe agregar que el hallazgo de semillas de un árbol inexistente en estas latitudes (de acuerdo a Lagiglia), sino propio del norte de Sudamérica, demuestra que aquellas poblaciones no quedaban encerradas en sus contornos, yendo a otros lugares y facilitando dicha actitud peregrina, al mismo tiempo de practicar sus viajes, la importación de otros sistemas de riego, conjuntamente con la implantación de novedosos esquemas agrícolas.

Más aún, la falta de cerámica al comienzo de la cultura denominada “Atuel II”, significa para los científicos que dicha población era principalmente cazadora/recolectora, agregando a su dieta nuevas formas de alimentación, gracias a sucesivas olas de inmigración. Con lo cual, la adopción también de la agricultura en pequeña escala, influyó decididamente en la forma de vida de la población cercana al río Atuel, mediante un cambio que se produjo lentamente y no en forma pronunciada.

Durante el período precerámico, el “abrigó” conocido como Agua de la Cueva, a 2.900 msnm, en la precordillera mendocina, testimonia la presencia humana entre 8900 y 8300 años A.C. En la Cueva del Indio del Rincón del Atuel, se observa que a partir del siglo III A.C., los cazadores y recolectores comenzaron a practicar la agricultura, demostrándolo así restos de porotos, semillas de maíz y de zapallo encontrados por los investigadores. Gracias a las culturas andinas, ya en 1660 se aprovechaban

6 Extracto de “Breve Historia del Río Atuel”, Raúl Silanes (DGI, 2007).

7 Humberto A. Lagiglia (1938-2009), arqueólogo y antropólogo. Profesor de “Arqueológica Prehistórica” en la carrera de Historia de la Universidad Nacional de Cuyo. Fundador del Museo de Historia Natural de San Rafael, Mendoza.

las aguas de muchos arroyos de la zona del río Atuel, regándose con ellas particularmente las tierras de Coihueco<sup>8</sup>.

El 7 de abril de 1806 partió Luis de la Cruz, alcalde del Cabildo de Concepción de Chile, para llevar a cabo un viaje expedicionario por el sur provincial mendocino, con el objetivo de encontrar un camino directo desde Chile a Buenos Aires. Este viaje será de gran relevancia para el conocimiento hidrográfico de la región, ya que a través de él se conoció que el río Atuel llevaba sus aguas al río Desaguadero (o Chadileuvú, como se lo conocía en ese momento). De esta manera se establecía que, en aquellos tiempos, el río Diamante tenía un curso distinto al actual y, a su vez, que el río Atuel era solamente un tributario del primero. La unidad de estos dos ríos sucede hasta 1809, cuando son divididos artificialmente por Miguel Teles Menezes, quien ocupaba interinamente el cargo de comandante de Armas y Frontera desde 1799. Una de sus acciones más importantes, en su recorrido por las fronteras de la zona sur, fue la realización de esta obra, la cual explica de la siguiente manera:

“Desde el momento que se me encargó la Comandancia de esta Frontera, dediqué mis conatos no sólo a los deberes de empleo, sino a todo cuanto pudiera ser útil al Estado. Miraba con dolor perderse las aguas del caudaloso río Diamante y, a fuerza de investigaciones personales, encontré un punto distante diez leguas de San Rafael corriendo al Este, en que podía darse un piquete al río. Puse a trabajar mi pensamiento venciendo inmensas dificultades y por fin tengo la más vista de las complacencias en asegurar a VS. Que ya no existe la gran confluencia de los ríos Atuel y Diamante (...). No tardarán las aguas de vencer los cortos escollos que les presentan algunos arenales y tal vez antes de seis meses, las aguas del famoso Diamante, correrán unidas a las del río Tunuyán<sup>9</sup>”.

El intendente de la provincia de Cuyo, Gral. José de San Martín, en 1817, se reúne con los caciques del sur mendocino y otorga títulos de dominio de las tierras. El cacique Vicente Goico recibe las tierras que van desde “Hay Sol” hasta “Soitue” y la actual Punta del Agua, esto es, al sur de la provincia de Mendoza. En la operación, el cacique Goico estaba acompañado por un mediador, su amigo Ángel Báez, a quien en pago por sus servicios obsequia el territorio comprendido por 10 leguas de ancho y 10 leguas de largo, frente al río Atuel. Lima compra las tierras a la esposa de Báez, posteriormente abandonada por éste a su suerte. En 1824 Vicente Goico (dueño indiscutido del sur de Mendoza, que estaba ocupado totalmente por sus tribus), consigna la venta de tierras geográficamente ubicadas en el Atuel<sup>10</sup>.

Durante 1850, por orden del Gobernador de Mendoza, Coronel Alejo Mallea, se realizaron trabajos mediante los cuales se logró reencauzar las aguas del río Diamante al Atuel por su antiguo curso. Dirigió esos trabajos un vecino del lugar, el señor Bartolo González.

De acuerdo a un documento de la época, escrito por el Comandante de la Frontera Sud, Manuel Pedernera, fechada el 30 de octubre de 1850, se pueden conocer las tareas que se realizaron para volver a juntar las aguas de estos dos ríos, transcribimos algunas partes de él: “Aprovecho esta ocasión para notificar a S.E. que el trabajo que ordenó emprender sobre el río Diamante, a objeto de desrumbar sus aguas y juntarlas con el río Latuel (Atuel), se ha conseguido felizmente el importante fin, atravesándolo completamente con dos formidables trincheras compuestas de terrenita pies de gallo sólidos y duraderos, y corridas de rastrones de monte pisado con piedra, las que toman una distancia como de ocho cuadras<sup>11</sup>”.

El 31 de enero de 1865, se nombra por decreto a Julio Ballofet para realizar las mensuras de los campos del sur de Mendoza, levantar el plano topográfico, reconocer el curso de los ríos,

8 (Anteproyecto Definitivo red primaria río Atuel, Tomo 1, Franklin Consult, 1981).

9 “Informe de don Miguel Teles Menezes, sobre caminos de Mendoza que comunican con Chile”, 1807 (Archivo Histórico de Córdoba).

10 Martha Páramo de Isleño, “Aporte documental para una historia de la irrigación en el sur mendocino”, 1980.

11 Los ríos Diamante y Atuel vuelven a mezclarse, como ocurría antes de la obra de Menezes, quien en 1809 realizara el trabajo de separarlas artificialmente.

determinar el caudal de las aguas y marcar las posibles vías de comunicación. Ese mismo año, el 11 de abril, Ballofet informa mediante un oficio al Ministro del Interior, Guillermo Rawson (Presidencia de Bartolomé Mitre), no haber podido concluir su trabajo topográfico, pese a la colaboración del Comandante de Frontera, por falta de gente, “al no encontrar ser viviente alguno desde el río Atuel hasta el Chacay, habitando en la zona sólo muchos indios y otros animales”.

Todavía una parte del río Diamante volcaba sus aguas al Atuel, fundando esta aseveración en la obra de Manuel A. Sáenz “Límites de Mendoza”. En dicha obra, el autor sostiene que antiguamente el río Diamante se unía al Atuel como unas doce o quince leguas de San Rafael y que, por esa razón, se daba nombre de Diamante a la reunión de las aguas de los ríos, hasta su desembocadura en el Salado como consigna en algunos mapas de la época. Incluso en nota del Poder Ejecutivo de Mendoza dirigida al Ministro del Interior (junio de 1869), se utiliza la expresión de “río Nuevo” para referirse al Diamante a partir de su antigua unión con el Atuel. Manuel A. Sáez también denomina la zona de confluencia de ambos ríos de la misma manera, en su mapa de la provincia de Mendoza.

Por otra parte, en 1876 se continúan planteando alternativas para desviar las aguas del río Diamante al Atuel, de manera más estable y segura. En este caso será el Mayor José A. Salas, en una carta al Gobernador Francisco Civit, le expresa la posibilidad de realizar esta desviación a través de un cañadón inmenso llamado Los Pozos, punto desde el cual el curso del río, por sí sólo, alcanzaría la unión. Según Salas, la gran utilidad producida por este proyecto, era que se podrían cultivar los terrenos ubicados a uno y otro lado del río.

En tal sentido, Salas afirma<sup>12</sup>: “Juzgo fácil echar las aguas del río ‘Atuel’ al ‘Diamante’, con un costo pequeño que no alcanaría los \$1.000. El Atuel, al salir de los cerros de la Cordillera, desemboca en una zona que tendrá unas 15 leguas. Además, presenta la ventaja de inclinarse y tomar un cañadón inmenso que se llama ‘Los Pozos’, de donde habría la posibilidad de que por sí sólo se viniera al ‘Diamante’ (...) Entonces sería sencilla la colonización del ‘Rincón Grande’, y la adquisición de un camino poblado y de muchos recursos hasta Villa Mercedes...”.

Meses más tarde, en diciembre de 1876, el General Julio A. Roca visita San Rafael, para conocer y decidir acciones que permitieran el poblamiento de la zona. En una carta del 20 de diciembre de 1876, dirigida al Gobernador Joaquín Villanueva, Roca expresa su visión con respecto al futuro del Sur de Mendoza, y hace especial hincapié en los ríos Atuel y Diamante, opinando lo siguiente: “El Atuel y el Diamante, que tanta distancia guardan en sus orígenes, se aproximan casi hasta tocarse, luego de atravesar estrechísimos pasos, formando mil torrentes y cascadas, en la sierra de San Rafael. Pareciera que faltos de aliento para salvar estas moles de granito, quisieran prestarse mutuamente fuerza, confundiendo sus aguas. Franqueando obstáculos, empieza nuevamente la llanura, y ellos moderan su marcha”.

Y con respecto a San Rafael, Roca dice: “este Departamento pronto adquirirá una gran importancia. Todo tiene y, sobre todo, dos abundantes ríos, el Atuel y el Diamante, que están esperando la mano del hombre para sacar canales de sus flancos, fecundando cientos de miles de cuadras cubiertas de viñedos y proveer así de vinos a la República entera”. Asimismo, Roca consideraba conveniente volcar las aguas del Atuel al Diamante, al mencionar que “Vaciando

---

12 Carta de Salas a Francisco Civit, aparecida en el diario El Constitucional, el 19 de febrero de 1876.

el Atuel al Diamante, distante apenas ochenta y dos cuadras uno de otro, frente al Establecimiento Nacional, operación que nos costaría arriba de diez mil pesos fuertes, las aguas de estos dos ríos podrían llevarse hasta los campos del Pozo del Peje, veintiocho leguas aquí, por entre hileras de álamo y sauces que sirven de sombra para el viajero”.

El año 1879 fue clave para el desarrollo de la Campaña del Desierto, ya que en esa fecha se decidió el avance general de las distintas columnas militares en forma simultánea, con una serie de movimientos que procuraban expulsar a los indígenas hasta los confines de la Patagonia. Los contingentes militares, además llevaban topógrafos, que realizaban distintos relevamientos de las zonas de avanzada. Destaca entre ellos el realizado por la vanguardia de la tercera división, que habla de las características de los ríos Salado y Atuel. En el Informe del 25 de mayo de 1879, se comenta que las tropas tardaron varios días en cruzar estos pantanos de un metro de profundidad media, agregando que “cuando la mano del hombre tome posesión de estas regiones, el problema de secar estos pantanos hará necesario construir canales de desagüe, con el fin de impedir emanaciones malsanas y mortíferas, capaces de convertir esta comarca una región inhospitalaria. Una vez desecados estos campos, en el lugar de los pantanos habrá terrenos muy fértiles”.

A mediados de 1884 Carlos Villanueva escribe su obra “De Mendoza a Ñorquín”, donde desarrolla una valiosa visión geográfica del río Atuel. Además, Villanueva en su carácter de socio corresponsal, promueve la venta de los campos de Taboada y Beláuztegui a Diego de Alvear, constituyendo lo que hoy es el Departamento de General Alvear. Ese mismo año el Gobierno de Mendoza le concede a Carlos Villanueva derechos definitivos de agua para 30.000 hectáreas, aunque la muerte de Diego de Alvear posterga el inicio de los cultivos de la zona. Los herederos de Lima (Pascual y Aniceto), por el año 1885 tuvieron conocimiento de que a Mendoza había llegado un pariente de la familia Arizu, que se llamaba Bernardino Izuel y decía ser ingeniero. Contrataron sus servicios con el fin de conseguir que éste canalizara y diera riego a sus tierras por el río Atuel. Izuel encontró muchos obstáculos para llevar a cabo la empresa.

En General Alvear, la colonización en ese entonces era emprendida por un descendiente del General Carlos María de Alvear, el citado Diego de Alvear, quien adquirió vastas propiedades junto al río Atuel. En la empresa participaron sus yernos Enrique Bosch y Pedro Christophersen, quien a su vez fundó la colonia La Escandinava. Se recuerda como pioneros de Villa Atuel no sólo a Bernardino Izuel, Jacinto Sotero y Balbino Arizu, secundados por Teodoro Fernández, José Pedroza, Aníbal Jaliff, Juan Aibar, Feliciano Ozcariz, Federico Loasses, Genaro y Donato Abaurre, y los hermanos Gorri, entre otros. Varias de estas personas, fueron traídas por Izuel, para trabajar con él en la construcción del Canal, afincándose algunos hasta ser propietarios de pequeñas bodegas, dando comienzo en muchos casos a los primeros cultivos en la zona.

Como gobernador de esos tiempos, Tiburcio Benegas mostró gran interés en la problemática del riego para la provincia de Mendoza. No es casual que con fecha 5 de mayo de 1887, organizara el Departamento de Irrigación y Obras Públicas, para lo cual funda el Departamento Topográfico con el Departamento General de Aguas; nombrando Director al ingeniero Abel Degoulet. Un mes después, junio de 1887, aparece un oficio gubernamental expresando que la Cámara Legislativa concede al Coronel Rufino Ortega, derechos de aprovechamiento indefinido por la cantidad de agua que le sea necesaria del río Atuel. Sin embargo, el 20 de setiembre de ese mismo año (1887), el Poder Ejecutivo provincial resuelve no otorgar más concesiones de agua a una sola persona por una extensión mayor a 500 hectáreas de los ríos Diamante y Atuel, para evitar que las aguas de estos ríos sean monopolizadas.

Paralelamente a estas iniciativas, en 1888 Bernardino Izuel contrata con los Lima (Pascual y Aniceto) la construcción de un canal para regar los campos linderos de la costa del Atuel. Cobraría el trabajo a cambio de la entrega a su nombre de 2.500 ha<sup>13</sup>. Izuel, radicado en Buenos Aires desde 1869, donde se había dedicado al comercio, hizo una verdadera fortuna, y decidió ampliar sus negocios, para lo cual se dirigió a Chile estrenando el ferrocarril trasandino, oportunidad en la que por una fuerte nevada, debió quedarse en Mendoza. En ésta ciudad se relacionó con las familias más representativas de la época (Ortega, Civit, Villanueva, Salas, Lima, etc.), quienes lo entusiasmaron para que se radicara en la zona. Contrata entonces con Rufino Ortega la construcción del canal La Montaña, del Departamento de Rivadavia; y con Domingo Bombal, la construcción de otro canal, destinado a regar los campos de La Llave Vieja, tarea que cobra en terrenos, los cuales coloniza afincándose en San Rafael. Es allí donde en 1888 contrata con los herederos de José María Lima Rosas, la construcción del canal destinado al riego de los campos asentados en la costa del río Atuel.

Antes de dar batalla en el proyecto, Izuel vuelve a Buenos Aires sin ir a Chile, liquida sus negocios y se viene a esta región que no dejará jamás. Uno de sus parientes traídos de Europa por él, Sotero Arizu, adquirió tierras conocidas desde ese momento con el nombre de La Soterina.

El 12 de enero de 1891, el Poder Ejecutivo Provincial (Gobernador Oseas Guiñazú) concede a Domingo Bombal, el derecho de aprovechamiento indefinido, por la cantidad de agua que sea necesaria del río Atuel, para el cultivo de hasta 500 hectáreas. Días después, el 4 de abril se le otorga a José A. Guiñazú el permiso correspondiente, para que ejecute las obras de canalización del río Atuel. El 18 de noviembre el Poder Ejecutivo concede a José W. Maessen (representante de los herederos del Dr. Guillie), el derecho de aprovechamiento indefinido del agua del río Atuel, para regar hasta 500 hectáreas. El 20 de noviembre César Cipolletti informa al Ministerio de Hacienda de la Provincia de Mendoza, sobre los problemas que pueden acarrear las concesiones de agua, dadas por el gobierno en el río Atuel.

Promediando el mes de abril de 1893, estalla otro escándalo público, ante el pedido de una “monstruosa concesión de derechos de agua que pretende hacer el gobernador Anzorena a Calisto Ovalle Vicuña, ciudadano chileno, para regar 50.000 hectáreas de terreno en las costas del río Atuel”. El tema es sometido al dictamen de una convulsionada Legislatura Provincial.

En 1899 llega a esta región Ambrosio Biurrun, quien se casa con una hija de Izuel (Julia Pilar), y conforma una familia con descendencia numerosa. Mientras todo esto sucede, muchos años demora Izuel, trabajando sin cesar, para terminar su colosal obra. Realiza una verdadera odisea, financiándola con sus propios medios, viaja a Chile con el objeto de vender su ganado, cruzando a lomo de mula la cordillera; vende su finca La Llave Vieja; y, en definitiva, agota todos sus recursos al invertir una fortuna, desprendiéndose en forma paulatina de su patrimonio. Nunca se rinde. Aún ante el desaliento generalizado, continúa trabajando para lograr su objetivo. Transcurren los años y los viajeros, que pasaban por esos desolados parajes, ven al “loco Izuel”, como lo llaman, empeñado en la tarea, al parecer imposible, de construir un canal de 35 kilómetros, excavando más de un millón de metros cúbicos de tierra para su realización, en un lugar lleno de dificultades. Izuel agota sus recursos económicos en este

---

13 Bernardino Izuel (20 de mayo de 1851-13 de enero de 1937), Ganfranc, Huesca, Aragón, España, termina el trabajo en 1904.

emprendimiento, trabajando él solo con su esposa Castora Iracheta para concluir la obra<sup>14</sup>. Sus connacionales y parientes (traídos por él mismo desde España), los hermanos Arizu (Sotero, Balbino y Jacinto), conocedores de la situación, acuden en su auxilio y le facilitan ayuda.

El 20 de mayo de 1901 se funda la Colonia Alvear, sobre la margen izquierda del río Atuel, iniciándose de inmediato el trazado de los canales de riego, con la presencia del ingeniero Carlos Chapeaurouge como fundador. En agosto del mismo año, mediante un oficio Carlos de Chapeaurouge pide protección al Poder Ejecutivo de Mendoza, en representación de los herederos de Diego de Alvear, para poblar, colonizar y hacer producir las inmensas zonas desiertas comprendidas entre los ríos Atuel y Salado. En realidad, se proponía fundar dos colonias agrícolas, ubicadas a orillas de cada uno de esos ríos, en tierras “a las que se le ha dado mala fama ex profeso para dificultar su explotación civilizadora”.

El 7 de enero de 1902 la Legislatura concede permiso de aprovechamiento de aguas del río Atuel a Mario y Pío Perrone, para el cultivo de 10.000 hectáreas, dando comienzo al cauce que luego se denominaría Canal Perrone. El permiso es “por tiempo indefinido para el cultivo de diez mil hectáreas de terreno ubicadas en el Departamento de San Rafael, destinadas a la formación de una colonia agrícola”.

El 23 de diciembre de 1903 se proclama gobernador a Carlos Galigniana Segura y vicegobernador a Conrado Céspedes. Galigniana Segura, durante su gestión intenta mejorar y ampliar las zonas cultivadas de Mendoza: en tal sentido, encomienda al ingeniero Carlos Wauters un estudio pormenorizado de las posibilidades reales que tiene la provincia. Cabe recordar que Wauters fue el encargado de construir el dique Cadillal, en la provincia de Tucumán, proyectado por su maestro César Cipolletti. Con respecto al estudio en Mendoza, Wauters generó tres informes: el primero de ellos sobre el “Aprovechamiento de las aguas del río Tunuyán Superior”, donde detalla la forma de beneficiar con el riego la amplia zona que comprende el departamento de San Carlos, desde La Consulta hasta Pareidas. En el segundo informe, Wauters exponía sus propuestas para el “aprovechamiento de las aguas del río Tunuyán Inferior”, beneficiando una amplia zona del departamento de Rivadavia. Y en su tercer informe, sobre el “Aprovechamiento de las aguas del río Atuel”, analizaba alternativas para beneficiar una extensa zona del departamento de San Rafael. Este último trabajo, fue tomado como base de posteriores proyectos y obras que mejoraron los sistemas de riego de dicha zona.

Bernardino Izuel sigue trabajando incansable en la construcción del canal, las primeras plantaciones de vides eran iniciadas por la familia Sotero Arizu, en 1903, construyendo paralelamente una pequeña bodega.

Catorce años después de haber empezado la obra (el 10 de julio de 1904), Izuel logra hacer llegas por fin agua a través del canal a lo que es hoy Villa Atuel, punto que con el tiempo se convierte en uno de los más importantes emporios agrícola-industriales del sur mendocino. Por ello, los Lima escrituran 5.000 hectáreas a nombre de Izuel, en lugar de los 2.500 que estipula el contrato, en reconocimiento por la proeza realizada, gracias a la que tierras desiertas se convirtieron en un vergel. Los hermanos Arizu le compraron a Izuel una parte de esas tierras, para plantar viñas y construir bodegas, que luego fueron el orgullo de la zona.

---

14 Castora IrachetaArizu, con quien tuvo 7 hijas y un hijo, quedó viudo y contrajo nupcias con Fanny Videla, con quien tuvo 4 hijos.

La obra de Izuel obtuvo rápida resonancia y despertó una verdadera fiebre constructiva, ya que del canal matriz parten otros catorce canales secundarios, cuyas aguas bien aprovechadas dieron origen a los enormes viñedos de la Sociedad Anónima Bodegas y Viñedos Arizu, con una extensión superior a las 1.000 ha., a cuyo cuidado se dedicaron prácticamente la mayoría de los pobladores del lugar. Obtenida el agua, Izuel solicita al gobierno los derechos correspondientes, que le son otorgados por ley (10 de agosto de 1905), para el riego de 5.000 hectáreas (Izuel queda obligado por esa ley a ceder al gobierno un terreno de 50 ha, con el objeto de fundar en ellas un pueblo: hoy comprende gran parte del radio urbano de Villa Atuel). Enemigo de honores, rechazó que la villa llevara su nombre.

Mientras tanto sus parientes Arizu, a quienes Izuel había traído de España a trabajar en la construcción de canales, hicieron fortuna y le compraron tierras para plantar viñas, levantando luego los establecimientos vitivinícolas más importantes del distrito de Villa Atuel, el más rico en San Rafael, cuyo canal de regadío hoy lleva el nombre de "Izuel", el único que lo hizo posible<sup>15</sup>. Izuel puso a disposición del Gobierno de la Provincia 50 hectáreas con derecho de agua, que conjuntamente con otras 50 ha ofrecidas por los hermanos Balbino y Jacinto Arizu, conformaron el rectángulo de lo que es hoy el radio urbano de Villa Atuel. El gobierno aceptó el ofrecimiento en 1910 y en 1911 promulgó la Ley Provincial 515, designando al martillero público Julio César de la Reta, para vender los lotes de Villa Atuel en remate público.

Asimismo, esa ley daba paso a la creación del pueblo, estableciéndose una exención impositiva especial para los pobladores de la zona durante diez años; y ordenaba que el importe de las ventas de las tierras, fueran destinados a los adelantos y mejoramientos urbanísticos de la villa. Conforme a lo reglamentado en dicha ley, el día 20 de octubre de 1912, se efectuó el remate de parcelas, reservándose algunas manzanas para plazas y edificios públicos.

Por Ley del 10 de agosto de 1905, Bernardino Izuel obtiene derechos de riego para 5.000 hectáreas en la región sur del río Atuel, quedando obligado a ceder 50 hectáreas para la fundación de un pueblo. Del canal Matriz Izuel (tal como se denominó en ese momento al canal que construyó), parten catorce canales secundarios, cuyas aguas dieron origen a enormes viñedos, como el de la Bodega Arizu, constituyendo la principal riqueza de Villa Atuel.

La obra de Izuel obtuvo rápida resonancia y despertó una fiebre constructiva que atrajo a toda la provincia. A partir de ella, se trazaron caminos, se tendieron líneas férreas y se construyeron otros grandes canales, que impulsaron el progreso en Atuel Sur, Real de Padre, La Llave, Colonia López, Soitué, Monte Comán, Colonia Alvear y San Pedro, en una extensión superior a las 65.000 hectáreas.

El 15 de noviembre de 1905, la Legislatura de la Provincia aprueba el contrato ad referéndum sobre la colonización de 100.000 hectáreas de terreno al sur del río Atuel (contrato celebrado entre el Gobierno de Mendoza y el Ministro de Agricultura de la Nación, Damián Torino). Señalemos que por este contrato se concedió al Poder Ejecutivo mendocino el derecho definitivo de aguas del Atuel para regar 10.000 hectáreas que serían destinadas a la

---

<sup>15</sup> Los hermanos Arizu, Balbino el mayor, y el primero que acudió al llamado de Izuel, llegando posteriormente Sotero Simón y por último Jacinto, compraron tierras para dedicarse a plantar viñas. Sotero Arizu adquirió tierras donde hoy es La Vasconia, que antes se conocía con el nombre de La Soterina y en esa región construyó en 1900 la bodega que elaboró vino en 1907 por primera vez.

explotación agrícola (si bien esta ley fue después modificada y derogada, es importante por las especificaciones de colonización que expresa).

Durante el gobierno de Emilio Civit (1907) se amplía el contrato con el ingeniero Carlos Wauters, para proyectar obras en los ríos Diamante y Atuel. A través de las leyes 386, 402 y 430, se hace posible la iniciativa privada para construir los canales La Llave, Atuel, Sud, Real del Padre, Colonia Alvear y San Isidro. El 25 de enero de 1908, el gobierno de Civit autoriza a Wauters, para que proyecte nuevas obras en el río Atuel; además, se inicia definitivamente la construcción de los canales La Llave, Real del Padre, Atuel Sur y San Pedro, entre otros<sup>16</sup>.

En 1908 el Coronel Olascoaga<sup>17</sup> publica su obra “Aguas perdidas, saneamiento del terreno, indicaciones de canales navegables”, donde refleja la situación hidrológica de aquella época. Respecto de los ríos San Juan, Bermejo, Mendoza, Chadileuvú<sup>18</sup>, Colorado, Tunuyán, Diamante y Atuel; realizando un importante comentario sobre “el inmenso charco de Urre Lauquén, último depósito infecto de seis ríos considerables”. La expansión agrícola modificó aquella situación que detallaba en su libro Olascoaga.

Cabe mencionar que Emilio Civit fue uno de los liberales más importantes de su generación. Su afán se manifestó de manera notable, participando en cantidad de empresas unido, en ocasiones, a otros hombres importantes de la provincia. Junto con otros mendocinos formó la Compañía de Irrigación y Tierras de Mendoza, participando así en los orígenes de distintas colonias, sobre todo en el sur mendocino, como es el caso de La Llave, Colonia Atuel y Colonia El Nihuil.

En 1909 comienza la colonización de la Villa de San Pedro del Atuel, para lo cual el pionero noruego Pedro Christophersen, procuró los derechos de regadío, como condición imprescindible del fomento de los cultivos.

Al comenzar la segunda década del siglo XX, se contaba con varias investigaciones importantes. Manuel Olascoaga ya había publicado Topografía Andina (1901), Aguas Perdidas (1908), y Compendio Geográfico de la Provincia de Mendoza (1910); César Cipolletti (Estudios de Irrigación, 1899); Abraham Lemos (Estudio de las Aguas Medicinales, 1873); Germán AvéLallermant (Estudio Geográfico de la Cordillera de los Andes 1887), con las cuales se propulsaban los temas hidráulicos. Agustín Álvarez afirmaba: “El hombre es quien debe actuar sobre la naturaleza y esta tarea se ve condicionada a la idea que de ella él mismo tenga”. En ese contexto se llevaron a cabo los primeros estudios en el río Grande.

El 12 de setiembre de 1910, la Cámara de Diputados bajo la presidencia de Federico Barrera, sanciona distintas solicitudes de concesión de derechos de agua para irrigar, entre otras, 15.000 hectáreas en San Rafael, por el río Atuel, a Diego de Alvear; 50.000 hectáreas por los ríos Atuel y Diamante, a Carmen Alvear; 2.500 hectáreas a Gerónimo de la Serna en San Rafael; por 3.500 hectáreas a Besa y Cía., en San Rafael; entre otros.

---

16 El canal San Pedro se inaugura en 1917.

17 Coronel Manuel José Olascoaga (Mendoza, 1835-1911), ingeniero, militar, escritor, explorador y político, tuvo un papel relevante en la conquista del desierto. Fundador de Chos Malal y primer gobernador del Territorio Nacional del Neuquén.

18 En idioma mapuche significa “Salado”, nombre con el cual se lo conoce en la actualidad.

El 25 de agosto de 1911, los ingenieros J. Lange y Valentín Velazco terminan un estudio sobre la derivación del río Grande a la laguna Llancanelo y al río Atuel. El 27 de setiembre Carlos Wauters es autorizado a llevar adelante su proyecto de derivación de un canal del río Atuel, con el objeto de irrigar 9.900 hectáreas de terreno correspondientes a Alfredo Israel.

En enero de 1912 el ingeniero Carlos Wauters, quien tenía una concesión de aguas sobre el río Atuel, vende terrenos para la constitución de una colonia bajo el nombre de Tierras de Riego del Río Atuel, que luego pasaría a llamarse Real del Padre, constituyendo alrededor de 10.000 hectáreas de terreno.

Un año más tarde, el 16 de enero de 1913, se autoriza a la Compañía de Irrigación y Tierras, la construcción de un dique con aguas derivadas del río Atuel, basándose en un proyecto de la “Compañía des Grands Travaux de Marsella”; y al mismo tiempo, se anota en los Padrones de Irrigación por el río Atuel, a nombre de la Compañía y de Wauters, Teisaire y Nicolás Colomer, en carácter eventual y uso provisorio del agua de riego, la superficie de 35.000 hectáreas. En ese momento Arturo Gaviola es Superintendente General de Irrigación. El 17 de febrero se otorga un plazo de dos años a la Compañía de Irrigación y Tierras de Mendoza, para la construcción de un dique en aguas del río Atuel (a cambio la empresa recibirá 35.000 hectáreas de tierra con derecho de riego). El 17 de mayo se autoriza a Jaime Prats la construcción de un Canal Matriz que partiendo del río Atuel proporcione el riego de la “Colonia Atuel Sud”, en San Rafael, debiendo construir además cinco desarenadores para desembancar dicho canal.

En 1914 la Firma Prats construye el canal Matriz Atuel Sur, creándose las actuales Colonia Jaime Prat y Atuel Sur. Entre los dueños de estas tierras, destaca precisamente Jaime Prats, además de Rafael Biancofiore, Julián Magín y la empresa R. Courzier y Cía. Son estos los principales personajes que logran llevar a la colonia escuelas, correo, telégrafo, estación ferroviaria y comisaría. El 30 de setiembre el Gobierno de Mendoza concede a Alfonso Capdeville, fundador de El Sosneado, permiso para presentar un proyecto de usina hidroeléctrica del Salto El Nihuil, al haber adquirido éste los derechos para su aprovechamiento: las máquinas de la usina fueron encargadas por Capdeville a Alemania, pero la guerra impidió concretar la idea.

En 1924 se publica “Estudios sobre irrigación en la provincia de Mendoza”, informe escrito por los ingenieros Ward, Kennedy e Ivanissevich, sobre el aprovechamiento del caudal de los ríos Mendoza, Tunuyán, Diamante y Atuel.

En 1928 se nombra en la Subdelegación del río Atuel al ingeniero Roberto F. Winter, ya que dicha función debía estar a cargo de personal técnico, capaz de responder a las exigencias de la distribución correcta del agua de riego y especialmente, aportar sus criterios técnicos para el mejoramiento general de la administración eficiente del recurso hídrico. También en el marco de la misma visión, en marzo de 1929, se dispone realizar un registro de los caudales de cada río de la provincia, para contar con información que posibilite una distribución y uso del agua de riego más eficiente. Los encargados de realizar dicho registro, fueron los Subdelegados de los ríos Tunuyán, Diamante y Atuel, y el Jefe de la Oficina Técnica del DGI, encargado del río Mendoza, quienes debían llevar diariamente un libro de registro con los caudales conducidos por el río y de cada uno de los canales derivados del mismo.

En 1930 se autoriza la construcción del canal principal del Canal Soitué, perteneciente a la Subdelegación del río Atuel, emplazándose el mismo al oeste de la antigua traza. En los meses

de febrero y marzo de 1930, se contrata a Ferrocarril del Oeste de Buenos Aires Ltda. y a Pedro Christophersen, para la construcción del Colector General de Desagüe del Departamento de General Alvear. La obra beneficiaría a la villa cabecera de General Alvear y los distritos de Real del Padre y San Pedro del Atuel. Entre otros aspectos del contrato, se fijaba que todas las maquinarias, herramientas y elementos utilizados, quedarían en propiedad de la Junta Administrativa de los Desagües de Alvear, siendo el presidente de la Junta el Ing. Guillermo C. Céspedes, también Superintendente de Irrigación en ese momento. Dicha organización actuaba como Inspección de Cauce para el caso de los desagües de riego.

Ese 1930 la Compañía de Luz e Industrias Eléctricas organizó una comisión, a cargo del ingeniero Pizarro, para realizar un relevamiento de la zona del Nihuil, con el objeto de estudiar el aprovechamiento de la fuerza producida en los saltos de agua existentes en dicho lugar. En agosto el Ministerio de Obras Públicas de la Nación dispuso los estudios en el río Atuel, también con el objeto de definir la construcción de diques embalses y canales matrices en la cuenta superior e inferior de este río, para aprovechamiento hidroenergético y mejoramiento de la eficiencia del riego. Se encontraron dificultades en el caso del río Atuel: fenómenos físicos de magnitud, habían disminuido sensiblemente el caudal del río y, en la confluencia con el río Salado, más específicamente en el paraje "La Junta", se estaba produciendo una desviación de su curso natural. Los especialistas elaboraron un anteproyecto para definir obras que solucionaran el inconveniente y, además, organizaron una comisión de regantes encargada de estudiar y proponer mejoras en el manejo del agua de riego en la mencionada cuenca.

En 1934, con el apoyo de la Dirección General de Irrigación de la Nación, se realizaron obras de reencauzamiento de los ríos Atuel y Diamante, los cuales también habían sido afectados en alguna parte de su ribera por crecidas, modificando su traza.

Asimismo, en 1937 se confecciona una planimetría completa del río Atuel, reuniendo en un solo plano con escala uniforme todas sus zonas de riego. Debe destacarse este trabajo, ya que significó el marco para hacer primer plano completo de la infraestructura hidráulica de los oasis más importantes de la provincia de Mendoza, detallando con precisión la red de riego de cada uno de ellos, desde los diques derivadores ubicados en las tomas de los ríos, hasta las hijuelas que llevaban el agua a las propiedades mismas de los regantes.

En 1940, sobre el río Atuel se ubicaba la denominada Usina del Canal Izuel, para las bodegas Arizu; Bilbao, Rentería y Cía.; Biritos y Guevara; y Eduardo Freij. Entre las décadas de 1940-1950 se incrementó considerablemente el estudio de proyección de obras hidráulicas. Las investigaciones llevadas a cabo en el área, un cuarto de siglo después de las primeras observaciones, fueron consecuentes con el interés que despertó el nuevo departamento de Malargüe. Las tareas emprendidas se dividieron en tres grupos: estudio, proyección y obra. Entre las del primer grupo, hacemos referencia a la de Wauters, quien reconoció la caída del río Atuel y observó la posibilidad de utilizarlas en el propio valle.

En 1942 se realizan diferentes obras de defensa en los ríos Atuel y Diamante. Dichas obras eran de urgencia, ya que las distintas crecidas ocasionaban continuamente daños en cultivos, construcciones, caminos, y viviendas cercanas a la costa, impactando con dureza en la economía regional. Es importante destacar que en ese momento no existían antecedentes de este tipo de infraestructuras hidráulicas en el país, por lo cual la mayoría de ellas se realizaron a partir de investigaciones en laboratorios y en base a documentación internacional existente, siendo la primera provincia en proponer en forma sistemática construcciones de envergadura

para este tipo de problemas. Hay que señalar, en este sentido, que Mendoza ya contaba con experiencia en la realización de obras de defensa aluvional, pero construidas muchas veces en condiciones precarias, haciendo inestable su protección. Otra de las obras de importancia que se comienzan a construir en 1942, fue la construcción del Sistema de embalses Los Nihuiles.

Un decreto del 20 de octubre de 1949 del Gobierno Provincial, autorizó al DGI la elaboración de proyectos para edificar las respectivas sedes de las Subdelegaciones de Aguas de los ríos Tunuyán Superior e Inferior, Diamante y Atuel. En ese sentido, se contemplaba la ubicación de las mismas en San Carlos (Tunuyán Superior), Rivadavia (Tunuyán Inferior), San Rafael (Atuel) y General Alvear (Diamante). El primer proyecto a elaborarse fue el de la Subdelegación del río Atuel, a presentarse para su licitación a principios de 1950. Se estimaba para la edificación de esta sede un costo aproximado de \$300.000 m/n. (Memoria DGI, 1949).

Por otra parte, luego de la puesta en funcionamiento del dique embalse El Nihuil, se decide en 1950 realizar desde el DGI un censo de cultivos en la zona perteneciente a la cuenca del río Atuel, para conocer con mayor exactitud la situación de la producción agrícola. Dicho trabajo permitiría, además, establecer una comparación con la situación previa a la construcción del embalse, tomando como parámetro la década de los años 1940-1950, y evaluando así el impacto posterior que había tenido la obra en dichos cultivos. El censo se realizó cauce por cauce, estudiando las características particulares de los cultivos ubicados en ellos, y utilizando como parámetro la disponibilidad de agua que poseían, para atender las necesidades de riego de los mismos (Memoria DGI-1950).

Asimismo, en 1952 se logra concretar un gran avance para la sistematización eficiente del riego, instalando limnígrafos, secciones de aforo y escalas en canales de todo el territorio provincial, de acuerdo a la Memoria de ese año del DGI.

Luego, entre 1961 y 1964 la Agencia de Cooperación de Ultramar, del Gobierno de Japón, realiza distintos estudios de los recursos energéticos existentes en el país, relacionados al aprovechamiento hidroeléctrico. El primero de estos estudios se presenta en 1962 bajo el título “Informe preliminar sobre la investigación de los recursos electrónicos en la República Argentina”, donde se señala que el río Mendoza presentaba un gran potencial, por su ubicación cercana a los centros de producción y consumo de grandes industrias. Las obras hidráulicas se centraron en los ríos Tunuyán (dique derivador Valle de Uco), Diamante (dique embalse Agua del Toro) y Atuel (embalse Nihuil y Valle Grande).

El complejo hidroeléctrico Los Nihuiles se construyó a partir de un convenio firmado por la provincia de Mendoza y la Nación el 17 de junio de 1941. El dique embalse se emplazó a 300 km de la naciente del río y su realización se produjo entre los años 1941 y 1948. Mientras se construía el dique El Nihuil, Agua y Energía planificaba el aprovechamiento de los caudales y el desnivel disponible, encarando estudios para proyectar las obras necesarias. Se concretó una primera escala de centrales, denominadas Nihuil 1, 2 y 3; un embalse compensador en Valle Grande; y una cuarta central con toma en este último, por la que corrieran los caudales derivados para riego. La primera central entró en servicio en 1957. Ese mismo año se estableció la conexión de El Nihuil con San Rafael y empezó así el uso de su energía en el servicio público. Nihuil II fue inaugurada en 1972. La central III entra en servicio en 1977. Nihuil IV se inaugura en 1997.

Por su parte, el embalse de Valle Grande, a 42 km de la Villa de El Nihuil, emplazado a continuación de la Central Nihuil III, tiene como objetivo compensar los caudales de descarga

de las centrales que integran el Sistema Nihuiles, para mantener con eficacia y sin afectar el funcionamiento normal del mismo. Fue inaugurado en 1964.

No hay dudas de los numerosos beneficios que ha dejado el aprovechamiento energético del río Atuel, durante cincuenta años, a favor del Estado nacional. Por lo que la recuperación del manejo de El Nihuil fue un anhelo gestionado firmemente por los mendocinos, a través de distintos gobiernos. Muchos de estos intentos terminaron en situaciones de enojo hacia la Nación. El complejo Nihuiles pasó a manos de la provincia, al realizarse con el gobierno nacional un acuerdo de partes, a través de bonos por regalías. Después surgió la decisión de la privatización.

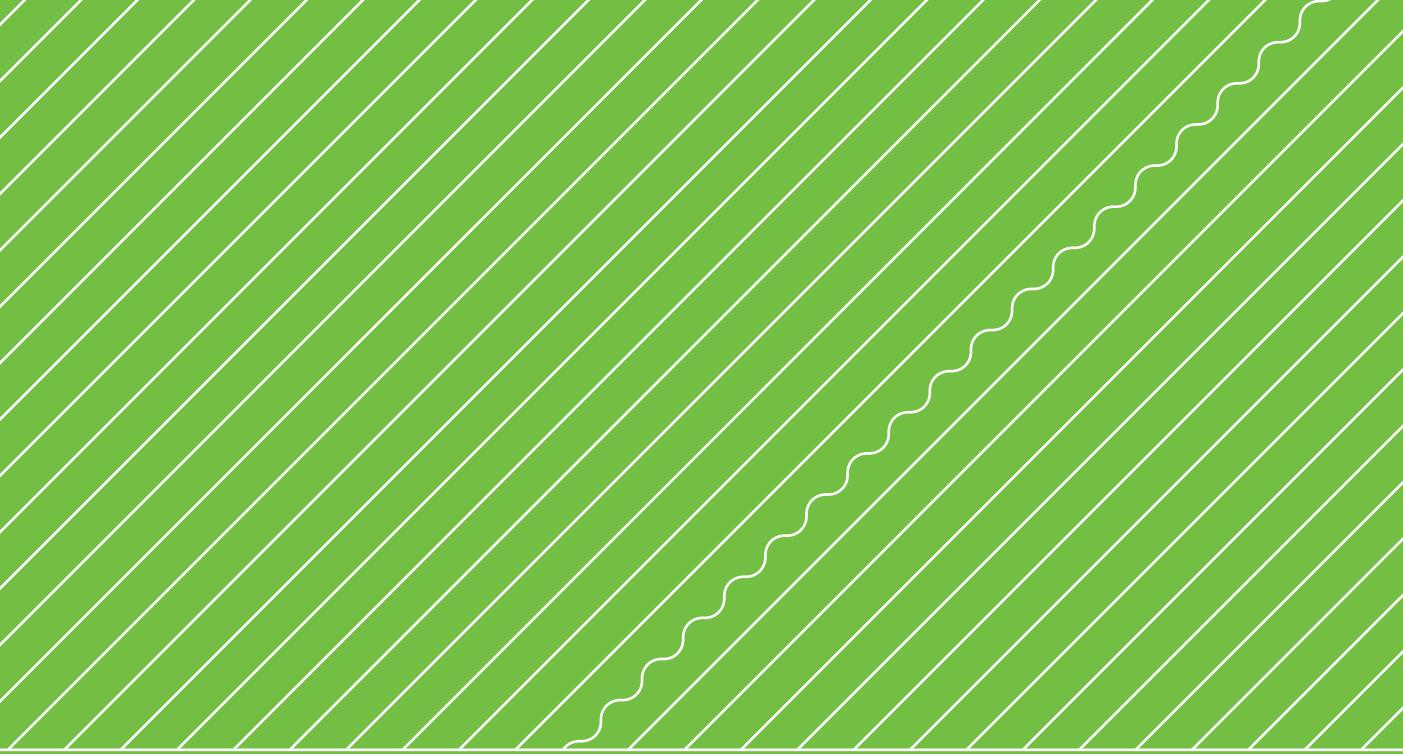
Asimismo, debemos mencionar la canalización del río Atuel, cuyo mayor objetivo es reducir el grado de salinidad de sus aguas para beneficiar hectáreas bajo riego en San Rafael y General Alvear. La obra mejora las condiciones para revertir los procesos de salinización, desertificación y deterioro que padece esa zona. Como complemento, también neutraliza los efectos no deseados de las aguas claras en la red primaria; optimiza la conducción, captación y distribución del agua; y hace más eficiente la operación y mantenimiento del sistema. El Canal Marginal del Atuel fue inaugurado por tramos entre 2005 y 2010.

## Bibliografía

- Barquez R.M., M.M. Díaz y R.A. Ojeda (eds). 2006. *Mamíferos de Argentina: Sistemática y Distribución*. Sociedad Argentina para el estudio de los Mamíferos, Tucumán.
- Bruniard E. D. 1982. La diagonal árida argentina: un límite climático real. *Revista Geográfica* No. 95, pp. 5-20
- Cabrera A.L. 1976. *Regiones fitogeográficas argentinas*. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería 1: 1-85.
- Capitanelli R.G. 1972. Geomorfología y Clima de la provincia de Mendoza. En: F.A. Roig, (ed.), Geología, Geomorfología, Climatología, Fitogeografía y Zoogeografía de la provincia de Mendoza. Reedición especial del Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 8: 15-48.
- Cei J.M y LP. Castro 1978. *Atlas de los vertebrados inferiores de la región de Cuyo*. Serie Científicas N° 2. Publicaciones del Instituto de Biología Animal. Facultad de Ciencias Agrarias y Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- Criado Roque P. 1972. Bloque de San Rafael. En A. Leanza (ed.) *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, pp. 283-295. Córdoba.
- Departamento General de Irrigación, 2016. Aquabook.
- Fernández, F. J. 2012. Microvertebrados del Holoceno de sitios arqueológicos en el sur de Mendoza (República Argentina): Aspectos tafonómicos y sus implicancias en la subsistencia humana. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina.
- González Díaz E. F., 1972. Descripción Geológica de la Hoja 27d San Rafael, Mendoza. *Servicio Minero-Geológico, Boletín* 132: 1-127.
- Llambías E.J., G.W.Bertotto, C. Risso. y I.R. Hernando. 2010. El volcanismo cuaternario en el retroarco de Payunia: una revisión. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 67: 278-300.
- Narciso, V., J. M. Zanettini y E. Sepúlveda. 2001 *Hoja Geológica 3769-II Agua Escondida*. Provincias de Mendoza y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. *Boletín 300*, Buenos Aires
- Narosky T. y D. Izurieta. 2003. *Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay*. VazquezMazzini Editores. XV edición, Buenos Aires.

- Olrog C.Ch. y E.A. Pescetti. 1991. *Las aves del Gran Cuyo. Mendoza, San Juan, San Luis y La Rioja.* Mendoza, CRICYT, IADIZA. Ringuelet R.A., R.H. Aramburu y A.A. de Aramburu. 1967. *Los peces argentinos de agua dulce.* Comisión de Investigación Científica, La Plata.
- Ortíz Maldonado, A. 1991 Adversidades agrometeorológicas de Mendoza. Centro de Bodegueros de Mendoza. Argentina.
- Polanski, J. 1962. Estratigrafía neotectónica y geomorfología del Pleistoceno pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza, provincia de Mendoza. *Asoc. Geol. Arg., Rev.*, XVII (3-4): 126-349.
- Ringuelet R. 1961. Rasgos fundamentales de la zoogeografía Argentina. *Physis* 22: 151-170.
- Roig F.A. 1972. Bosquejo Fisionómico de la vegetación de la provincia de Mendoza. En: F.A. Roig (ed.), *Geología, Geomorfología, Climatología, Fitogeografía y Zoogeografía de la provincia de Mendoza*, pp. 49-80, Reedición especial del Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 8, Mendoza.
- Roig V.G. 1972. Esbozo general del poblamiento animal en la provincia de Mendoza. En: F.A. Roig (ed.), *Geología, Geomorfología, Climatología, Fitogeografía y Zoogeografía de la provincia de Mendoza*, pp. 81-88. Reedición especial del Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 8, Mendoza.
- Salgán, M. L. 2010 Análisis petrográfico y fuentes primarias de rocas silíceas. Avances y perspectivas en el estudio de la organización tecnológica de poblaciones cazadoras y recolectoras de La Payunia (Mendoza, Argentina). Trabajo presentado en *XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*. Mendoza
- Scolaro A. 2006. *Reptiles Patagónicos: Norte. Una Guía de Campo.* Universidad Nacional de la Patagonia, Comodoro Rivadavia.
- Villanueva M. y V. Roig. 1995. La ictiofauna de Mendoza. Reseña histórica, introducción y efectos de especies exóticas. *Multequina*4: 93-104.





# Capítulo 3

## **Estudio de la oferta hídrica en la Cuenca del río Atuel**

IRRIGACIÓN

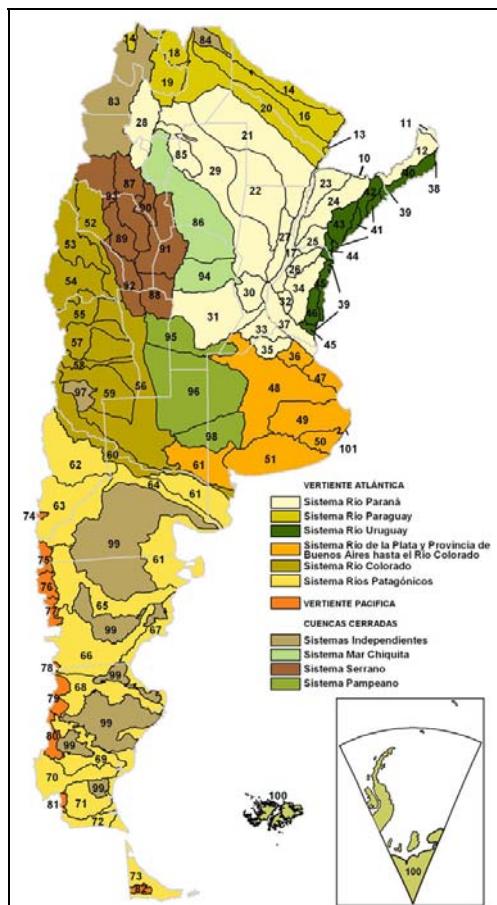
## Presentación

En el presente capítulo se aborda la oferta hídrica del río Atuel, para ello se presentan dos apartados que analizan la oferta superficial y la oferta subterránea. A su vez en el Anexo I se presentan estudios complementarios a ambas ofertas y también sobre la calidad del agua. De este modo, el estudio de la oferta hídrica en la cuenca del río Atuel que se desarrolla a continuación, ofrece una descripción de la misma, un análisis de situación del recurso y construye el insumo “oferta” para la realización del Balance Hídrico del río Atuel (Capítulo 5).

### 1-Análisis de la oferta superficial

#### 1.1-Contexto hídrico regional y provincial

La provincia de Mendoza se extiende prácticamente en su totalidad<sup>1</sup> sobre la cuenca hidrográfica del río Colorado. En particular, la cuenca del río Atuel abarca una importante extensión del centro-sur provincial. En la Figura 3.1 es identificada en el Atlas Hidrográfico Nacional de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2010) como la cuenca número 59<sup>2</sup>.



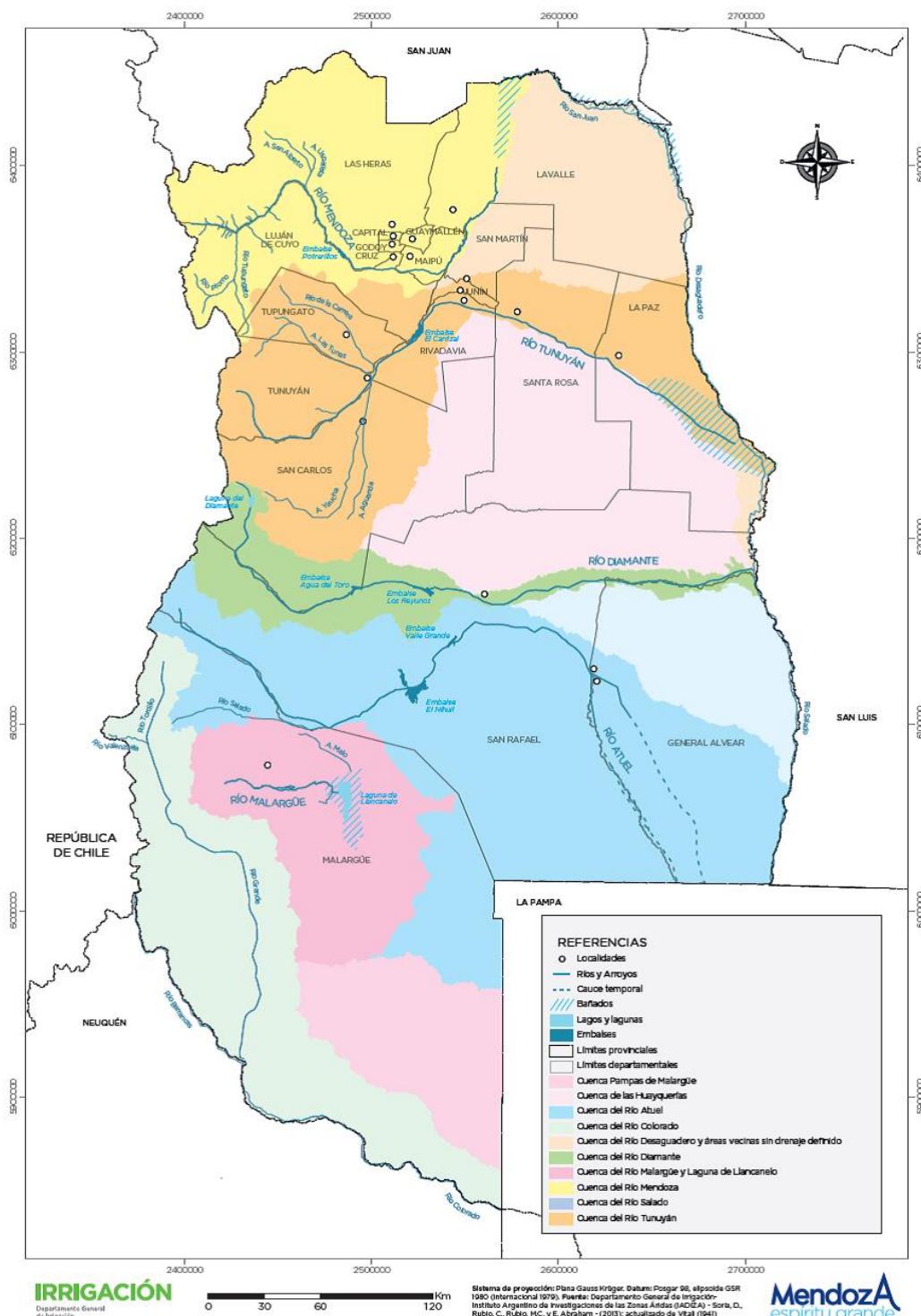
Fuente: Atlas Hidrográfico de la República Argentina, Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2010

**Figura 3.1: Mapa de cuencas Hídricas de la República Argentina**

<sup>1</sup>Sistema Hídrico Nacional, Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

<sup>2</sup>La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, a través del Sistema Nacional de Información Hídrica presenta y describe todas las cuencas y regiones hidráulicas superficiales del territorio nacional con un número que las identifica, la cuenca del río Atuel aparece con el número 59.

Las áreas irrigadas de las cuencas hídricas de la provincia, principalmente las áreas cultivadas, demandan una gran cantidad de recursos hídricos para lo que se ha establecido un sistema de riego integral. Las citadas cuencas han sido delimitadas y denominadas por el Departamento General de Irrigación (DGI) del siguiente modo: cuenca del río Mendoza; cuenca del río Tunuyán Superior; cuenca del río Tunuyán Inferior; cuenca del río Diamante; cuenca del río Atuel; cuenca del río Malargüe, cuenca del río Grande y cuenca del río Barrancas, y se muestran en la Figura 3.2.



Fuente: DGI, 2014

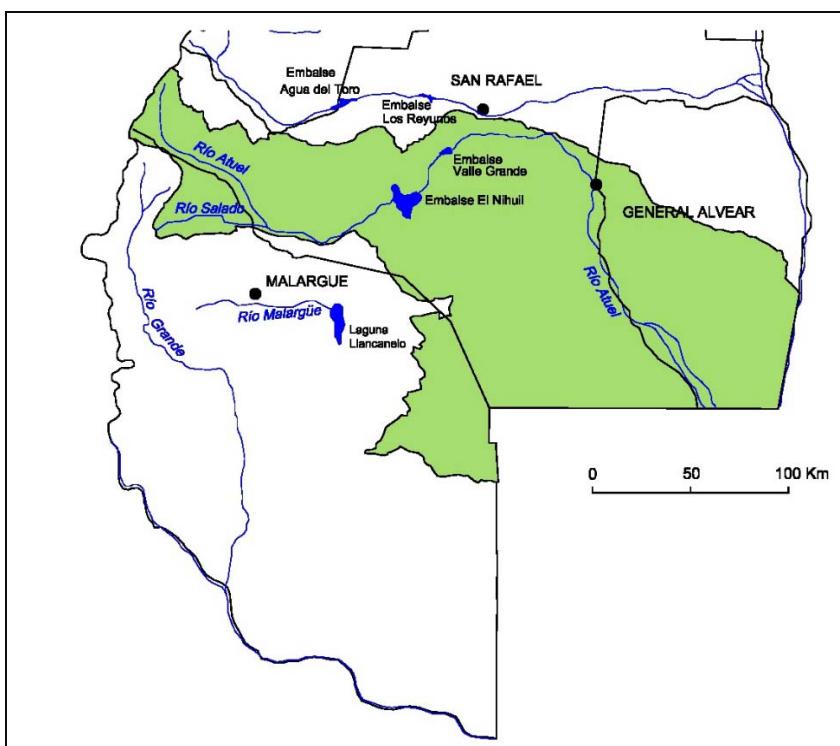
Figura 3.2. Cuencas y Subcuencas de la Provincia de Mendoza

Las cuencas del río Grande y del río Barrancas se encuentran al límite con la provincia de Neuquén y prácticamente no son usufructuadas, pero son de gran importancia ya que en ellas se dispone de un importante volumen de agua, donde la provincia de Mendoza posee un cupo de 34 m<sup>3</sup>/s asignado por un acuerdo interprovincial que posee el aval del Comité Interjurisdiccional del río Colorado (COIRCO). De la asignación hídrica mencionada, una parte menor es aprovechada por los consumos para la supervivencia de los lugareños, y otra parte (hasta 1 m<sup>3</sup>/s) se ha concedido mediante Ley 7775 a la minera VALE Proyecto Potasio río Colorado y está sujeto al uso otorgado y al control del DGI.

El resto de las cuencas presentes en el territorio provincial no poseen, en su mayoría, ríos con régimen permanente, y sólo hay algunos empadronamientos puntuales.

## 1.2- Características Físico – Naturales

La cuenca del río Atuel se encuentra ubicada en el extremo sur de la provincia de Mendoza, limita al norte con la cuenca del río Diamante, al sur con la cuenca del río Malargüe y parte de la cuenca del río Grande, al oeste con la República de Chile y al este con las provincias de San Luis y La Pampa. Esta cuenca abarca parte de los departamentos de San Rafael, General Alvear y Malargüe.



**Figura 3.3:Cuenca del ríoAtuel - División Política**

La cuenca de aporte superior, del río Atuel hasta La Junta, comprende una superficie total de 2340 km<sup>2</sup> con una pendiente media del 1%. Su principal tributario es el río Salado, el cual aporta desde una superficie de 780 km<sup>2</sup>. Considerando ambas cuencas de aportes la superficie alcanza los 3120 Km<sup>2</sup>. Los puntos extremos de la cuenca se encuentran situados entre los 34° y 35° S y entre los 67° 30' y 70° O.

## 1.3-Comportamiento hidrológico superficial de cauces<sup>3</sup>

### 1.3.1- Hidrografía

Las cabeceras del río Atuel se encuentran en los faldeos submeridionales del Paso de las Leñas (4014 ms.n.m.) en la cordillera del Límite, que actúa de límite oeste de la cuenca. Al norte y al este de la cuenca, existe una amplia zona, casi plana, formada por grandes escoriales de basalto y depósitos morénicos de considerable espesor, que se prolongan hacia el este, donde nace el río Negro (cuenca río Diamante).

Desde su nacimiento, el río corre por un amplio cauce delineado por depósitos glaciarios, que le confieren al valle un suave relieve, desembocando a los 7 km en la laguna del Atuel, que ocupa una superficie aproximada de 0,8 km<sup>2</sup>. Esta laguna está alimentada principalmente por su margen oeste por los escurrimientos provenientes de los campos de nieve y glaciares, entre los que se destaca el glaciar de la Laguna, y por margen norte, por las aguas del Alto Atuel. La laguna del Atuel se originó como presa natural debido a la acumulación de grandes bloques de basalto desprendidos por efectos de la disyunción columnar y de escombros del mismo material, ambos producidos principalmente por la actividad del volcán Otero y mezclados con sedimentos glaciales y fluvio glaciales, que obstruyen el libre escurrimiento del río hacia el sur<sup>4</sup>.

Al norte del río Atuel existe una zona de alumbramientos e infiltraciones, y en ella aparecen un gran número de esteros y bañados de importante magnitud. El arroyo El Lechuzo tiene origen en esta zona y al comienzo tiene un recorrido paralelo al río Atuel que cambia al este-sudeste para unirse por margen izquierda al apéndice noroeste de la presa El Nihuil, conformando la laguna Las Salinas, la cual se encuentra de las Áreas Naturales Protegidas de la Provincia como Reserva Natural (Gobierno de Mendoza, 2001)<sup>5</sup>.

A partir de la presa El Nihuil se suceden una serie de presas pequeñas que alimentan una serie de centrales en cascada que conforman el aprovechamiento hidroeléctrico del río Atuel. Estas centrales en cascadas se denominan Nihuil 1, Nihuil 2 y Nihuil 3 y Nihuil 4, las cuales se corresponden con sus respectivas presas: El Nihuil, Dique Aisol, Dique Tierras Blancas y Valle Grande respectivamente. En el Anexo I, se indican las principales características de estas presas.

El curso enangostado del río termina aguas arriba del paraje Rincón del Atuel. A partir de este punto el ambiente de llanura provoca el ensanchamiento de cauce.

Los arroyos Aguaditas y del Medio son los últimos cauces con régimen permanente que hacen sus aportes en la zona de Villa Atuel, aguas arriba del dique derivador Rincón del Indio. Estos dos arroyos tienen origen en los desagües agrícolas de la cuenca del río Diamante por lo que la calidad del agua de los mismos perjudica la calidad del río Atuel.

La derivación del agua para las zonas bajo riego se realiza desde 2009 en la localidad de Cañada Seca, paraje de Calle Larga, donde se encuentra la obra de toma del Canal Marginal del Atuel, el cual es un canal revestido con una longitud de 70km. Anteriormente a este año, las tomas de los canales Izuel, Jáuregui, Atuel Sud, Real del Padre eran precarias y tomaban en forma individual del cauce del río. Por

<sup>3</sup> El desarrollo de este documento está basado en el Plan Director de la cuenca del río Atuel (DGI, 2004), a partir del cual se recopilaron, sumaron y actualizaron los estudios, proyectos y datos preexistentes.

<sup>4</sup> Información extraída de la Pericia hidrológica – Tomo 1, de la Corte Suprema de Justicia de la Nación

<sup>5</sup> Ley 6965 – Área Natural Protegida Reserva Las Salinas - 2001

su parte, la zona de Alvear – Bowen lo hacían a través del dique derivador Rincón del Indio ubicado en la localidad de Real del Padre. Aguas abajo, la última toma directa sobre el río era San Pedro del Atuel. Desde la construcción del canal Marginal del Atuel todos los canales indicados lo hacen a partir de éste, quedando las tomas directas sin uso y los cauces de los canales de tierra obstruidos por la obra. En la zona inferior del río, aguas abajo de la ciudad de General Alvear, nacen las zonas agrícolas ubicadas al este del río, dos colectores naturales que se dirigen en forma semi – paralela al cauce del río y que en años ricos y lluviosos provocan problemas de anegamiento en zonas ganaderas ubicadas al este y sur del departamento citado. A partir de allí el río no recibe aportes permanentes hasta que llega a la zona de bañados, en el límite con la provincia de La Pampa.

### **1.3.2- Régimen Hidrológico**

A los fines de realizar el balance hídrico de la cuenca del río Atuel, a través del modelo de simulación WEAP (WaterEvaluation and PlanningSystem), se considera la oferta hídrica superficial disponible del río a partir de las erogaciones realizadas desde la presa Valle Grande. Vale destacar que el análisis hidrológico informado en el presente documento solo tiene carácter de informativo y descriptivo de la cuenca.

La oferta hídrica superficial del río Atuel, aguas arriba del sistema de regulación y aprovechamiento hidroeléctrico de Los Nihuiles, se realiza en base a los registros de la estación La Angostura. Tanto aguas arriba, como aguas abajo de esta estación de aforos, existe una serie de estaciones que permiten caracterizar la oferta hídrica de sus afluentes, como la que presenta el río Atuel antes de que el agua alcance a la provincia de La Pampa.

El río Atuel y el río Salado, su principal afluente, poseen un total de 5 estaciones de aforo en funcionamiento a cargo de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 4 en el primero y una en el segundo. Las correspondientes al río Atuel son: Puente Sosneado, Loma Negra, La Angostura y Carmensa, mientras que el río Salado solo posee la estación de aforos Cañada Ancha. En el Anexo I se detalla la ubicación de las mismas.

En los últimos años el DGI ha instalado estaciones telemétricas complementarias, pertenecientes al Sistema de Medición Instantánea de Caudales Online (MIDO), en las localidades de La Angostura, Valle Grande, Puente Escorial, Puente Malvinas y Paso de la Arena en San Pedro del Atuel. Cabe destacar que la oferta hídrica superficial definida en la primera de las estaciones mencionadas, puede diferir de lo que realmente absorbe el sistema al recibir aportes temporales durante los meses de verano en distintos puntos del recorrido del río.

#### **1.3.2.1- Río Salado**

Los aforos del río Salado se realizan desde 1940 en la estación Cañada Ancha y se extienden hasta la actualidad. En la última estadística hidrológica de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, la serie publicada corresponde al periodo comprendido entre 1940 y 2015. En el Anexo I se muestran los caudales mensuales promedio, máximo y mínimo obtenidos para la serie mencionada. Para los alcances del presente estudio, se ha considerado un año hidrológico que comienza en el mes de julio y termina en el mes de junio del año siguiente.

El derrame medio anual de este río en la estación Cañada Ancha es de 318,8 hm<sup>3</sup>, lo que representa el 28,9% del derrame medio anual del río Atuel medido en la estación La Angostura.

El caudal medio máximo de este río se registra con un mes de antelación a lo que se registra en el río Atuel, alcanzando 23,32 m<sup>3</sup>/s en el mes de diciembre. El valor mínimo es de 1,4 m<sup>3</sup>/s y se registra en el mes de julio.

#### **1.3.2.2- RíoAtuel**

La oferta hídrica del río Atuel se analiza a partir de la estación de medición La Angostura y la serie histórica disponible comprende desde el año 1907 hasta el año 2015. En el Anexo I se muestra el resumen de los resultados obtenidos del análisis de la misma, para lo cual se indican los caudales mensuales promedio, máximo y mínimo, y el módulo del río. Elderrame anual del río Atuel es de 1098hm<sup>3</sup> y se corresponde con un módulo de 34,8 m<sup>3</sup>/s. Los registros de esta estación se caracterizan por constituir una serie de longitud muy importante y por tratarse de la información que corresponde a la estación que se encuentra más próxima la presa El Nihuil. El hidrograma de caudales se muestra en la Figura 3.4.

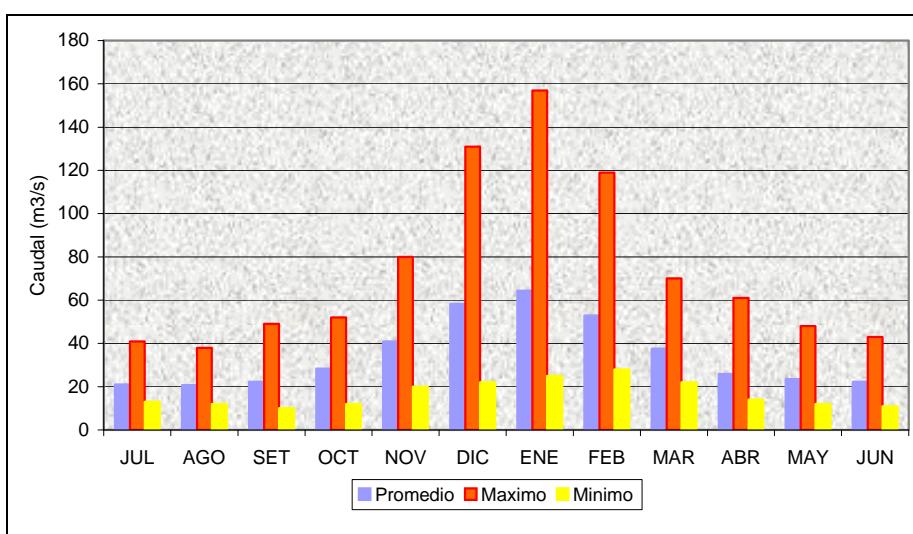
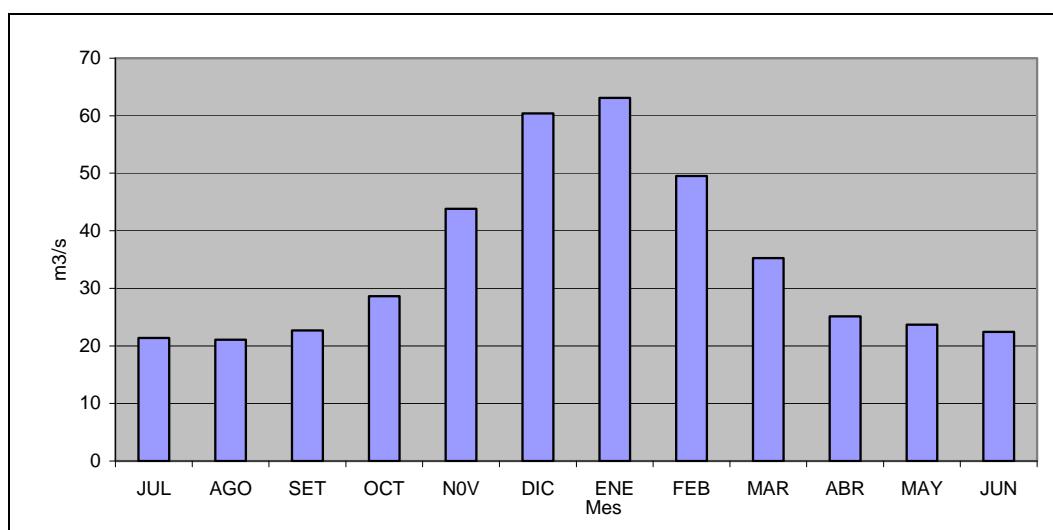


Figura 3.4:Hidrograma del ríoAtuel en la Estación La Angostura para la serie (1907- 2015)

De acuerdo a esta serie, los caudales medios máximos se registran en el mes de enero con 157 m<sup>3</sup>/s, mientras que los mínimos lo hacen en el mes de setiembre con 10 m<sup>3</sup>/s.

Se ha considerado que la serie 1954 – 2015, es una serie consistente y comparable para todos los ríos de la provincia de Mendoza, por lo tanto, se presenta a continuación los resultados para esta serie y que es comparable con otras cuencas. Así la oferta hídrica superficial del río Atuel para esta serie es de 1106 hm<sup>3</sup> y se corresponde con un módulo de 35,08 m<sup>3</sup>/s. En la figura siguiente se muestra el hidrograma de caudales y en el Anexo I se indican los valores de los caudales medios mensuales promedio, máximo y mínimo.



### **Figura 3.5:Hidrograma del ríoAtuel en la Estación La Angostura para la serie (1954- 2015)**

Analizando esta serie con respecto a la completa (1906 – 2015), puede observarse que el modulo del periodo 1954 – 2015 es mayor en un 0.28%, siendo el caudal de 35.08 m<sup>3</sup>/s respecto a 34.80 m<sup>3</sup>/s de la serie completa. El valor máximo mensual del mes de enero es el mismo, con 156.7 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo medio de 10.3 m<sup>3</sup>/s de setiembre, es coincidente con la serie completa.

### **1.3.3- Pérdidas del sistema de presas El Nihuil y Valle Grande**

Los caudales del río Atuelmedidos en la estación de aforo La Angostura disponibles en la web de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, presentan diferencias respecto a los disponibles para erogaciones de riego en Valle Grande, debido principalmente a las pérdidas de evaporación del espejo de agua, a las derivaciones al apéndice noroeste del Nihuil (Las Salinas) y zona bajas aledañas y en menor medida, a la infiltración que se produce en ambas presas.

Laimportancia del conocimiento de las pérdidas radica en que los pronósticos de escurrimiento para la cuenca (elaborados anualmente por el Departamento de Hidrología del DGI), se indican como caudales mensuales que ingresan a la estación La Angostura, y el plan de erogación anual para los distintos usuarios de la cuenca(elaborado por la Subdelegación ríoAtuel del DGI), se programa como consigna de riego desde Valle Grande, por lo cual debe tenerse en cuenta el factor de ajuste por pérdidas en presas.

En los periodos de riego comprendidos entre los años calendarios 2013 y 2014, las pérdidas aumentaron marcadamente por las bajas cotas de las presas y las altas temperaturas registradas (ambos años se consideraron secos en el pronóstico).

La evaporación del espejo de aguaestáligada a la gran extensión delapresa El Nihuil, cuya superficie varía entre 3400 y 7500 ha, que corresponde a cotas 1248 msnm y 1251 msnm respectivamente (rango de operación normal del presa según Pliego de Concesión) ya un clima caracterizado por una fuerte exposición solar, con vientos secos y regulares en verano que impacta de forma importante en el volumen anual de agua perdida.Además, la escasa profundidad delapresa favorece el recalentamiento del agua, sumado a que la acumulación de sedimentos aportados por el río Atuel y la topografía plana del conjunto de la zona, provocan un aumento regular de la superficie inundada a igualdad de volumen.

En el presente documento se realiza el cálculo de las pérdidas porcentuales del sistema Nihuil y Valle Grande, en forma diaria y anual entre los años 2000 y 2014. En el Anexo I se indica la ecuación de cálculo y los valores resultantes. El valor promedio de pérdida obtenido es de un 11 % y el mismo concuerda con el valor calculado por la Hidroeléctrica Los Nihuiles SA (HINISA) en la publicación del año 1995.

### **1.4-Estudios desarrollados**

#### **1.4.1- Doble masa acumulada**

Se realizaron estudios de doble masa acumulada entre los registros de La Angostura y las estaciones de aforo de los ríos Malargüe, Grande, Diamante, Tunuyán y Atuel (estación Loma Negra), conel objeto de determinar la fiabilidad de los registros de las estaciones de la cuenca. Producto de ello, se encontró que el mejor ajuste se obtiene con la estación de Loma Negra, ubicada en el mismo río, algunos kilómetros aguas arriba de la estación La Angostura. Los resultados obtenidos con las estaciones de ríos distintos al Atuel indican que los registros de La Angostura son fiables, encontrándose el mejor ajuste con los registros de la estación La Gotera del río Grande, estación que se caracterizan por su confiabilidad y precisión.

#### **1.4.2- Tendencia del río Atuel**

La descarga de los ríos de los Andes Centrales presentan una tendencia decreciente que podría llevar a condiciones críticas para las áreas irrigadas y las poblaciones urbanas, incluso si la eficiencia de distribución y los usos del agua fueran mejorados (Leiva, 1999).

La tendencia que presentan estos ríos, y los glaciares de la región, se contraponen a las demandas de los distintos tipos de uso que se hacen en las zonas bajas de las cuencas, lo que pone de manifiesto la urgencia de implementar medidas que tiendan a evitar la no-satisfacción de las demandas mediante un uso más eficiente de los recursos existentes y cada vez más escasos.

#### **1.4.3- Regresión entre Caudal y Precipitación Nival**

La instalación de la estación nivometeorológica Laguna del Atuel por parte del DGI en 1997 en las nacientes del río Atuel, permitió tener datos más concretos para la confección de los pronósticos de fusión – escorrentía de este río. Hasta ese momento, estos pronósticos de escurrimiento se realizaban en base a registros de nieve de estaciones que poseen series más extensas, como lo son las estaciones nivométricas de Valle Hermoso (río Grande) y laguna del Diamante (río Diamante), ubicadas en cuencas vecinas al río Atuel.

Los estudios de regresión entre los registros de precipitación nívea de estas estaciones y los caudales del río Atuel aforados en La Angostura, indican que el mejor ajuste entre estas variables se logra con los registros de nieve de la estación Laguna del Diamante y los derrames de La Angostura<sup>6</sup>.

Los registros de nieve de la estación Las Leñas (operada por la empresa Las Leñas SA), en la subcuenca del río Salado, no presentan tan buen ajuste con la estación La Angostura como lo hace la estación Laguna del Diamante. Los análisis realizados indican que la estación Las Leñas solo presenta buenos ajustes con los registros de la estación Cañada Ancha ubicada en la misma cuenca. Estos resultados indican que la cuenca del río Atuel se comporta con más similitud a la cuenca del río Diamante que a la cuenca del río Malargüe.

#### **1.4.4- Análisis estadístico de los caudales del río Atuel**

El análisis estadístico de los derrames anuales se realiza a través de la construcción del llamado histograma de frecuencia. El histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barra, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia absoluta de los valores representados, de este modo, el histograma de frecuencias sirve para obtener un panorama general de la distribución

En el Anexo I se presenta el histograma de frecuencias de los derrames anuales cuya evaluación para la estación La Angostura, indica que existe una importante diferencia entre las frecuencias que caracterizan los derrames menores a 1199  $\text{hm}^3$  (frecuencia de aparición: 67 %) y los caudales más altos a este volumen, que representan el 33% de los derrames restantes. Los volúmenes similares al derrame promedio del río (1103  $\text{hm}^3$ ) poseen una frecuencia del 25 %, mientras que, los derrames inferiores a este valor y comprendidos entre 798 y 997  $\text{hm}^3$ , poseen una frecuencia relativa un poco más elevada (28%) que el caso anterior.

La probabilidad de ocurrencia de derrames medios del río Atuel se obtiene través de la aplicación de la fórmula empírica de Weibull que se encuentra desarrollada en el Anexo I al igual que la obtención del valor probabilísticos de los caudales medios del río Atuel. De los resultados obtenidos se observa que el módulo de este río y la mediana de sus caudales, tienen valores similares (difieren entre sí en 1,15  $\text{m}^3/\text{s}$ ) y los caudales que poseen probabilidades de ocurrencia del 85 % son los equivalentes a 25,5  $\text{m}^3/\text{s}$ .

---

<sup>6</sup>El ajuste logrado entre la estación Laguna del Diamante y La Angostura presenta un coeficiente de regresión de 0.73 el cual se obtiene mediante una ecuación del tipo lineal.

El análisis estadístico de los caudales máximos anuales del río Atuel medidos en la estación La Angostura se realiza mediante la distribución Gumbel (EVI) Tipo I. En el Anexo I se muestra un resumen de los valores probabilísticos obtenidos y los tiempos de retorno correspondientes. Los resultados muestran que el caudal máximo registrado fue registrado el 29/12/1982 y corresponde a  $207,5 \text{ m}^3/\text{s}$  con un tiempo de recurrencia de 200 años. Por su parte los caudales máximos de  $80,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , tienen tiempos de retorno de 2 años.

#### **1.4.5- Evaluación de las pérdidas del recurso superficial en la zona de La Junta**

El cálculo de las pérdidas de infiltración en la zona de La Junta ha podido ser actualizado con los registros existentes hasta la fecha. A tal efecto, se trabajó con los registros de caudales de las estaciones Puente Sosneado (río Atuel), Cañada Ancha (río Salado), Loma Negra (río Atuel) y La Angostura (río Atuel) para la serie 1981– 2015. En el Anexo I se muestra la metodología utilizada para cuantificar estas pérdidas y los resultados obtenidos. Estos resultados indican que para la serie de 34 años se produce una importante reducción de los caudales en el tramo comprendido entre las estaciones altas de los ríos Atuel y Salado, y la estación Loma Negra, perdiéndose por infiltración  $13,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , que representa un 29% de los caudales aforados en la cabecera del sistema.

Al comparar los caudales de las estaciones Loma Negra con los correspondientes a la estación La Angostura, se observa que en este tramo los caudales se incrementan levemente en  $3\text{m}^3/\text{s}$ , correspondiente a un valor promedio del 9%. Además se observa que las mayores ganancias porcentuales de caudal se registran en los meses de abril – mayo, y agosto – septiembre – octubre. Por oposición, las ganancias mínimas se registran en el mes de diciembre – enero. Las diferencias en los caudales de las estaciones Loma Negra y La Angostura indican que en este sector se produce un aporte mayoritario de origen subsuperficial al río Atuel.

Los resultados también indican que en ese período, las pérdidas totales del tramo completo entre los aforos de la parte más alta de la cuenca y la estación La Angostura representan un valor promedio del 22 % del caudal entrante. Las máximas pérdidas producen en el mes de diciembre y alcanzan al 34 %. Por su parte, las menores perdidas se producen en el mes de julio y representan el 7 % de los caudales afluente.

En el Anexo I se realiza una comparación gráfica de los caudales medios mensuales de las estaciones analizadas para el período comprendido entre 1981 a 2015. En la mencionada gráfica se puede observar que los caudales de Loma Negra son en todos los meses, menores a los registrados en La Angostura.

#### **1.5-Infraestructura hidráulica disponible**

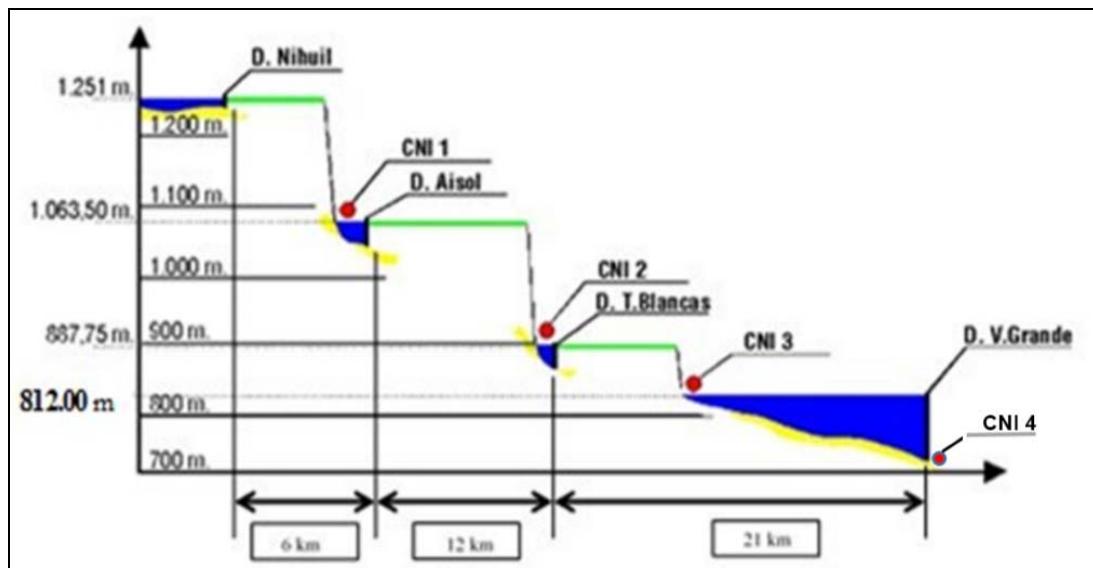
A continuación se destaca a modo descriptivo los elementos principales de la red de distribución.

##### **1.5.1-Presas y diques de derivación**

El sistema de presas del río Atuel, está sustentado en los siguientes objetivos: contener los caudales producidos por deshielos, regular los caudales por presasmedio de escalonadas; generar energía hidroeléctrica y utilizar el aguas en abastecimiento poblacional e irrigación de parcelas destinadas al cultivo. Además, al crearse estos espejos de agua se incorporó el objetivo de propender a realizar actividades turísticas y recreativas.

Las presas se alojan a lo largo del Cañón del Atuel que se ubica en el tramo medio del río y tienen la característica topográfica de tener un descenso de 580 m en aproximadamente 45 km, lo cual resulta beneficioso para el aprovechamiento energético. A lo largo del mencionado cañón se construyeron los embalses El Nihuil, Aisol, Tierras Blancas, y el compensador Valle Grande, acompañados de las

respectivas centrales hidroeléctricas Nihuil I, Nihuil II, Nihuil III y Nihuil IV. El esquema del aprovechamiento hidroeléctrico del río Atuel se muestra en la Figura 3.6.



Fuente: HINISA 1998

**Figura 3.6. Esquema del aprovechamiento hidroeléctrico del río Atuel**

### 1.5.1.1- Presa El Nihuil

El área de inundación de la presa El Nihuil es de 7500 ha en su máximo nivel de cota (1251msnm). Esta presa reúne los derrames de una cuenca imbrífera de 3800 km<sup>2</sup>, cuyo emisario tiene un módulo de 34,98 m<sup>3</sup>/s registrados en la estación de aforo La Angostura, ubicada a 20 km aguas arriba del cierre. La presa tiene una capacidad de 260 hm<sup>3</sup>, de los cuales 240 hm<sup>3</sup> son útiles, pero estudios recientes han determinado una reducción en su capacidad a 218,4 hm<sup>3</sup> a la cota 1251m s.n.m.(HINISA, 2010).

La presa tiene en su margen derecha un aliviador de crecidas. Y sobre margen izquierda, se encuentra la obra de toma que conduce los caudales hacia la central hidroeléctrica Nihuil I, la cual posee cuatro turbinas Francis de eje vertical con una potencia unitaria de 18,56 MW, para un salto de 158 m y un caudal de 11,75 m<sup>3</sup>/s. En el Anexo I se indican características adicionales de la presa El Nihuil.

### 1.5.1.2- Presa Aisol

La presa Aisol se encuentra inmediatamente aguas abajo de la restitución de la central Nihuil I. La cota de coronamiento de la presa es a los 1067,50 m s.n.m., genera un pequeño embalse de 0,7 hm<sup>3</sup> y deriva por margen derecha mediante una toma la central Nihuil II. Esta central posee características similares a la anterior, es de tipo exterior y posee seis turbinas Francis, con un caudal instalado de 78 m<sup>3</sup>/s, cuya potencia unitaria de cuatro de ellas es de 21,28 MW (que funcionan desde 1968) y las dos restantes de 25,60 MW (que generan desde 1971). En el Anexo I se indican características adicionales de la presa Aisol.

### 1.5.1.3- Presa Tierras Blancas

Esta presa genera un pequeño embalse de 0,85 hm<sup>3</sup> y sobre margen derecha se encuentra la obra de toma que conduce los caudales a la central Nihuil III. Esta central tiene dos turbinas Francis de eje vertical con una potencia unitaria de 26 MW y se encuentra en funcionamiento desde 1971. A la salida de la restitución de esta central comienza la presa compensadora Valle Grande. En el Anexo I se indican características adicionales del dique Tierras Blancas.

#### **1.5.1.4- Presa compensadora Valle Grande**

La presa Valle Grande se encuentra aguas abajo de Tierras Blancas y le sigue en dimensión ala presa Nihuil. La cota de coronamiento es de 815,65 ms.n.m. Originalmente tenía una capacidad de regulación de 164hm<sup>3</sup>, con un volumen útil de 162,20 hm<sup>3</sup>, pero la acumulación de material fino ha disminuido su volumen útil a 141,8 hm<sup>3</sup> según la última batimetría realizada en el año 2011 (HINISA, 2011). Al pie de la presa se encuentra la central Nihuil 4 que se caracteriza por poseer una turbina tipo Kaplan con una potencia unitaria de 25 MW. En el Anexo I se indican características adicionales de la presa Valle Grande.

#### **1.5.1.5- Dique derivador Rincón del Indio**

Este sistema fue habilitado en septiembre de 1950 y en esa instancia cubrió una sentida necesidad de la zona de cultivos de General Alvear, ya que la antigua forma de captación se hallaba expuesta a las crecientes del río. A partir de la habilitación del canal Marginal del Atuel en el año 2009, el dique Rincón del Indio solo se ha utilizado para derivar caudales mínimos que amortigüen las variaciones que se producen en la cabecera de dicho canal (principalmente en los años secos ocurridos entre 2009 y 2016). El dique recibe los caudales de escurrimiento del cauce del río que afloran en la obra de cabecera del canal Marginal del Atuel los del arroyo Aguaditas, en Villa Atuel. Este caudal discurre aguas abajo del dique del Indio sin nuevos aprovechamientos, alcanzando caudales medios de 1,5 m<sup>3</sup>/s, variables a lo largo del año, siendo en invierno de 2 a 3 m<sup>3</sup>/s y en verano de 0,5 a 1,0 m<sup>3</sup>/s. En el Anexo I se indican características adicionales del dique derivador Rincón del Indio.

#### **1.5.1.6- Cámara derivadora “Ing, Luis Hugo Magri” (ex La Olla)**

Esta cámara fue construida en 1952 y hasta 2009 funcionó como un sitio de desareno del canal matriz Nuevo Alvear. El tramo entre el dique Rincón del Indio y esta cámara alcanza los 4800 m, y está revestido en hormigón armado en una sección combinada trapecial y tolva. En el Anexo I se indican características adicionales de la misma.

### **1.6- Red Primaria de Distribución**

El área de riego del río Atuel comprende una zona muy extensa de aproximadamente 1200km<sup>2</sup>, abarcando los departamentos de San Rafael, Alvear y Malargüe. Su red de riego es, por lo tanto, muy extensa midiendo entre canales primarios y secundarios unos 545 km de longitud (212 y 333 km respectivamente).

A continuación se describen las principales características de los canales que forman parte de la red primaria de distribución y en el Anexo I puede encontrarse información adicional de los mismos.

#### **1.6.1- Canal La Junta**

Este cauce no posee obra de captación, se encuentra sobre la margen derecha del río Salado, situado inmediatamente después del cruce con el ferrocarril que une El Sosneado – Malargüe. En el año 2014 se construyó una obra nueva que posibilita la regulación de caudales con sección de aforo calibrada con telemetría MIDO. Este canal irriga el paraje denominado La Junta, cuya superficie empadronada es de 1886 ha con derechos definitivos y precarios.

#### **1.6.2- Canal El Sosneado**

El cauce se abastece mediante una precaria toma directa ubicada sobre la margen izquierda del río Atuel, a 5000 m aguas arriba del cruce de éste con la Ruta Nacional Nº 40. El mismo posee una longitud

de 7,5 km aproximadamente y posee sección de aforo calibrada con telemetría MIDO. La superficie empadronada es de 546 ha de categoría eventual.

#### **1.6.3- Canal Coihueco – concesión Bombal**

El Canal Coihueco tiene toma directa sobre margen derecha del río Atuel, aguas arriba del puente de la ruta 40. Al igual que el canal anterior posee una precaria infraestructura, con un obra de regulación de caudales ubicado a 1 km aguas abajo de la toma sobre el río. En la misma obra posee una sección de aforo calibrada con telemetría MIDO. En total el canal irriga un superficie empadronada de 500 ha de categoría definitiva.

#### **1.6.4- Canal ConcesiónKraft y Boers**

La concesión Boers y Kraft es la primera toma, después del Sistema de Aprovechamiento Hidroeléctrico del río Atuel, ubicada a 13 km aguas abajo del dique Valle Grande. El canal que provee la dotación es un cauce pequeño de 0,06 m<sup>3</sup>/s y tiene una longitud total de 2,5 km. La superficie empadronada para este canal es de 80ha de categoría eventual.

#### **4.6.5- Canal matriz Arroyo**

Este canal se ubica en la zona aledaña a la Ruta Nacional Nº 173, 18,1km aguas abajo de la presa Valle Grande, en el paraje Rincón del Atuel (dentro del Camping Movimiento Familiar Cristiano). El canal posee una sección de aforo calibrada con telemetría MIDO e irriga una superficie empadronada de 395 ha de categoría eventual.

#### **1.6.6- Canal matriz Correas**

Este canal nace en una toma directa al río sobre margen izquierda, en la zona denominada Rincón del Atuel, a 21,2 km de la presa Valle Grande. Esta toma se ubica en el punto opuesto de la toma del Canal Perrone. La obra de captación es un azud de hormigón que ocupa el ancho del lecho de río Atuel y distribuye el riego en una amplia zona denominada La Correína y parte del paraje Calle Larga, al sur del distrito de Cañada Seca.

Este canal posee la primera sección de aforo calibrada con telemetría MIDO a 1,5 km aguas abajo del primer descargador que actúa como regulador. A lo largo de la traza del canal matriz se encuentran otras cinco secciones de aforo calibradas con telemetría MIDO. Posee una longitud aproximada de 20 km, con una capacidad de 1,6 m<sup>3</sup>/s. La superficie empadronada es de 2687 ha de categoría definitiva en su mayoría, aunque también hay derechos eventuales y sobrantes de riego.

#### **1.6.7- Canal matriz Perrone**

El canal matriz Perrone, también denominado Malvinas, en relación al nombre de la colonia agrícola que domina con el riego, capta su dotación con toma lateral sobre la margen derecha del río a 21,2 km de la presa Valle Grande.

La red de riego se compone de 42 hijuelas derivadas sobre margen izquierda del canal matriz que tiene una longitud de 29,4 km desde la toma sobre el río. El caudal distribuido por hijuela está en relación con las superficies atendidas aguas abajo de éstas, disponiendo de aforadores con escala en l/s en 26 de ellas. La superficie empadronada es de 5.333 ha de categoría definitiva.

La obra de toma, cuenta con aforador y estación telemétrica MIDO, ampliándose en el 2015 con cuatro nuevas secciones de aforo con telemetría MIDO en la cabecera de cada una de las secciones del canal.

### **1.6.7- Canal matriz Babacci**

El canal matriz Babacci, y sus ramas derivadas, conducen el agua de riego desde el río Atuel hasta las importantes zonas frutícola de las colonias Elena Colomer, La Llave Norte, Sur, Gelman y La Llave Nueva, con un recorrido en sentido sudoeste – noreste de aproximadamente 25,8 km de longitud sin incluir ramas e hijuelas.

La toma de este canal está ubicada sobre la margen izquierda del río, 33 km aguas abajo de la presa de Valle Grande. Posee una sección de aforo calibrada con telemetría MIDO y una superficie empadronada de 8341 ha, en su mayoría en categoría eventuales, existiendo también derechos precarios, públicos y definitivos.

### **1.6.8- Canal matriz Regueira**

La boca – tomade este canal es directa, y posee un azud sobre el río, construido en roca. Se ubica a unos 37,5 km aguas abajo de la presa Valle Grande., posee sección de aforo calibrada con escala y telemetría MIDO.La superficie empadronada es de 5312 ha con categorías de definitivos (60%) y eventuales (40%).

### **1.6.9- Canal concesión Las Arabias**

Este es un pequeño canal ubicado a la altura de paraje denominado Puente de Hierro o Amarillo, sobre la Ruta Provincial Nº 179, que conduce a Las Malvinas. Se ubica a 43 km aguas abajo de la presa Valle Grande y aproximadamente a 650 m aguas abajo de la toma se ubica una sección de aforo con casilla limnimétrica fuera de servicio. Se trata de un canal muy pequeño que riega una sola propiedad, con un desarrollo de aproximadamente de 2 km y capacidad de conducción menor de  $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ . La superficie empadronada es de 120 ha con categoría definitivo.

### **1.6.10- Canal marginal del Atuel**

La obra del canal marginal del Atuel de 65,2 km de longitud, fue habilitada en tramos en forma parcial y en el año 2012 en forma completa. Tiene como finalidad el transporte y la distribución del agua desde la antigua toma del canal Izuel (a 50.4 km aguas abajo del dique Valle Grande) hasta el canal San Pedro, al sur de la ciudad de General Alvear.

El caudal máximo transportado por este canal es de  $55 \text{ m}^3/\text{s}$  en la obra de toma, siendo su desarrollo de tipo telescopico, ya que a medida que deriva agua, disminuye su sección y por ende su capacidad de conducción.

La obra se divide en cuatro tramos y en el Anexo I puede verse un esquema general del canal marginal del Atuel. El primer tramo (Tramo I) tiene comienzo en el Azud derivador principal hasta la segunda toma del canal Izuel (paraje La Guevarina), dotando de aguas solamente al canal Izuel, mediante dos tomas (Izuel 1 e Izuel 2), con una longitud total de 17,5 km. En este punto existe un descargador al río con compuertas motorizadas y una capacidad de evacuación de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Este tramo fue habilitado en el año 2005.

El segundo Tramo (Tramo II) comprende desde Izuel 2 hasta el puente canal de cruce del río Atuel, en este tramo dota al canal unificado (Canal Jáuregui y Canal Atuel Sud), terminando en un descargador al río. La longitud de este tramo es aproximadamente de 12 km. Los tramos II y III fueron habilitados en forma conjunta en el año 2012.

El tercer tramo (Tramo III), inicia en el puente canal sobre el río Atuel, a la altura de la laguna Bajada Las Yeguas hasta el dique derivador Rincón del Indio, dotando al canal Real del Padre en su recorrido, la longitud en este tramo es de 10 km.

El cuarto tramo (TRAMO IV), inicia desde la cámara desarenadora Ing. Luis Magri (ex La Olla) sobre su margen derecha hasta el comparto del canal San Pedro. Tiene una capacidad de conducción de  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  y una longitud de 25 km. La obra del cuartotramo fue inaugurada en el año 2007 y la alternativa de conducción por margen derecha del río posibilitó dotar al canal Atuel Sud por una segunda toma de riego denominada Algarrobo, cuyo objetivo era mejorar los caudales entregados a ese canal. La entrega se realiza en un comparto ubicado a 1,5 km del inicio del cuartotramo por compuertas modulares reguladas por una presa de nivel constante con compuerta automática. El caudal máximo derivado es de  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La superficie empadronada que atiende dicho canal es de 81382 ha con categorías de definitivo, eventuales, sobrantes, uso público y abastecimiento poblacional.

#### **1.6.11- Canal matriz Izuel**

El canal antiguamente nacía 5 km aguas abajo de la toma del canal Las Arabias (Puente de Hierro), pero con la obra del canal marginal, la derivación se produce 12 km aguas abajo de la obra de toma del canal marginal, en el comparto Izuel 1 sobre dicho canal. El caudal máximo es de aproximadamente  $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . A una distancia de 0,7 km de la derivada del Izuel 1, se encuentra la sección de aforo calibrada con casilla limnimétrica y telemetría MIDO. La superficie empadronada es de 8.916 ha con categorías de definitivo, eventuales, precario y uso público.

#### **1.6.12- Canal Unificado**

Este canal se origina en el comparto homónimo del canal marginal a 27,1 km de la obra de toma. Está construido de hormigón armado de sección rectangular y posee una capacidad de conducción máxima de  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ . La denominación de Unificado se inicia en el 2010, ya que constituye la suma de los canales Jáuregui y Atuel Sud. Antes de esa fecha, se entregaba el agua por dos tomas diferentes y precarias directamente del cauce del río. El nuevo canal unificó, redujo las trazas y modernizó la distribución de caudales.

#### **1.6.13- Canal Jáuregui**

El antiguo canal Jáuregui era de tierra, se abastecía en la margen derecha del río Atuel a la altura del distrito de Villa Atuel (paraje denominado Negro Quemado) por medio de una toma directa del río, con un azud construido en roca. Esta toma quedó en desuso. La superficie empadronada es de 5.861 ha categoría definitivo principalmente y precarios en menor medida.

#### **1.6.14- Canal Atuel Sud**

El canal Atuel Sud se originaba en la margen derecha del río Atuel, con toma libre directa del río. Era uno de los cauces más extensos de la red, pues su longitud aproximada del sistema primario y secundario era de 30 km. El caudal ingresado era regulado mediante cuatro descargadores que atravesaban bañados y zonas bajas del lecho del río. La obra del canal Unificado permitió eliminar 9,8 km de antecanal, cuyo mantenimiento requería una inversión anual importante por parte de la Inspección de Cauce, además de las pérdidas por infiltración propias de un cauce construido en tierra por la ladera de una barranca.

El inicio del canal Atuel Sud, independiente del Jáuregui, es a continuación de la última toma de éste, donde existe un gran salto para amortiguar la diferencia topográfica entre la unión cauce nuevo y el antiguo. Continúa con una sección de aforo con casilla limnimétrica y telemetría MIDO para el control de los caudales en cabecera de ésta Inspección Atuel Sud.

Con la obra del IV Tramo del canal marginal, que une la cámara desarenadora de La Olla y el canal San Pedro, se construyó una nueva toma para el canal Atuel Sud, ubicada a 1,5 km de La Olla. Esta obra se

realizó para dotar a una amplia superficie que hasta ese entonces era irrigada por el canal Algarrobo, que presentaba complicaciones por su extensión, pérdidas por infiltración y manejo de turnados. La nueva obra abastece a 1500 ha y mejoró la dotación en cabecera, pero existiendo aún estructuras internas de distribución muy deterioradas. La superficie empadronada es de 1329 ha con categorías de definitivo y eventuales principalmente.

### **1.6.15- Canal Real del Padre**

Este cauce riega la extensa zona de Real del Padre. Se origina en la margen izquierda del canal Marginal a 34,4 km de la obra de toma, en el comparto homónimo de donde se derivan tres cauces principales: Rama 1 – Bifani, Matriz (Rama 2-3-4-5) e Hijuela Secundaria del 1. La capacidad de los cauces es 2 m<sup>3</sup>/s; 3.6 m<sup>3</sup>/s y 0.4 m<sup>3</sup>/s respectivamente. El cauce antiguo, nacía frente al distrito Villa Atuel, a 6,5 km aguas arriba de la actual toma. La superficie empadronada es de 11479 ha de categoría eventual, principalmente.

### **1.6.16- Canal matriz Nuevo Alvear**

El canal matriz Nuevo Alvear se origina en la cámara derivadora Luis Magri (ex La Olla). Este canal y sus ramas derivadas suministran el agua de riego a una extensa zona del departamento de General Alvear, la cual incluye no sólo las tierras aledañas a la ciudad de General Alvear, sino también las pertenecientes a las localidades vecinas de los distritos de Alvear Oeste y Bowen.

El suministro de agua para riego a toda esa área (cuya superficie tiene más de 31.000 ha) se realiza por medio de una red de canales principales y secundarios que alcanza en su conjunto los 155Km y adquiere una densidad de 5 m/ha para la red de riego.

Sobre este canal matriz, a 240 metros de su origen, se emplaza una sección de aforo que registra los caudales ingresados al cauce, con telemetría MIDO. La superficie empadronada es de 31.116 ha con categorías de definitivo y eventuales principalmente, existiendo también sobrantes, uso público, precarios y abastecimiento poblacional.

### **1.6.17- Canal matriz San Pedro del Atuel**

Este canal posee una obra de toma ubicada a 114,5 km aguas abajo de la presa Valle Grande, abastecidas desde 2010 por el dique El Indio y desde 2011 por el canal marginal a través de los 65,2 km revestidos de éste. Previo al comparto que deriva a la Colonia, a 550 m aguas arriba, existe una sección de aforo con telemetría MIDO que permite el control de caudales que ingresan a la Inspección de Cauce.

Riega la colonia homónima, situada en el extremo terminal del área de riego del río Atuel y posee una superficie empadronada de 12838 ha con categorías de eventuales, existiendo también definitivos y uso público en menor medida.

## **2- Descripción de la oferta subterránea**

La presente descripción es realizada a partir de los conocimientos existentes de la cuenca hidrogeológica sobre la que circulan los ríos Diamante y Atuel. En consecuencia la mayor parte de los apartados van a hacer referencia a la cuenca hidrogeológica compartida por ambos ríos y sólo el apartado 2.6 es específico de la cuenca hídrica del río Diamante<sup>7</sup>.

---

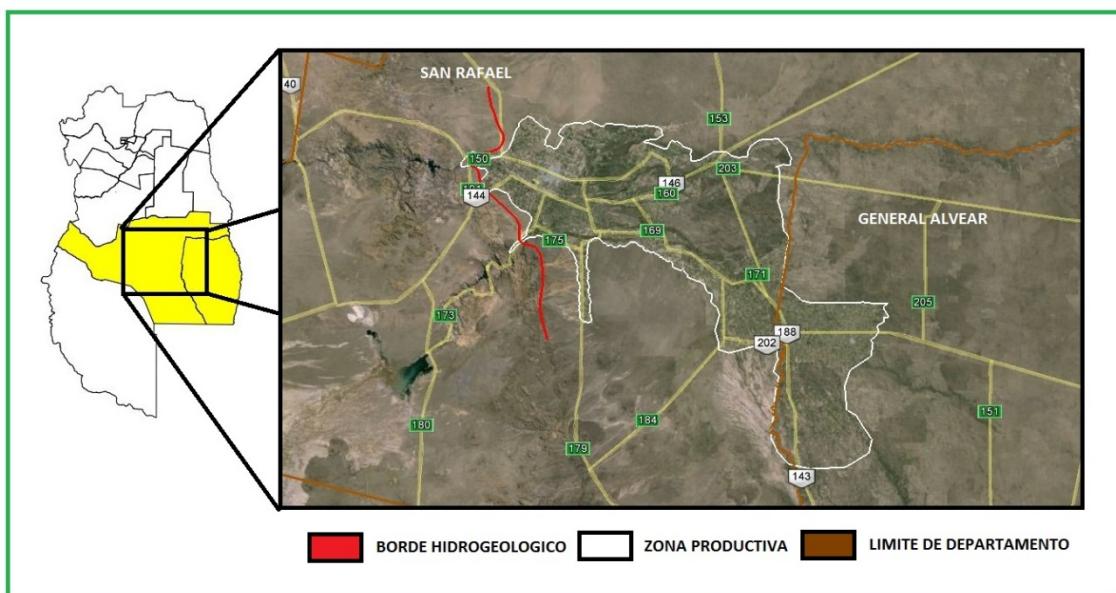
<sup>7</sup> Resulta importante destacar que el trabajo desarrollado por Hernández (Hernández; 2001) cuenta con una síntesis general de la información que se relevó para el área de estudio.

## 2.1- Descripción hidrogeológica general de la cuenca

A lo largo de la evolución geológica de la región, todos los sedimentos transportados por el río Diamante, y en menor medida por el río Atuel, fueron siendo depositados en la Llanura Sanrafaelina dando origen a un importante reservorio de agua subterránea. Desde el punto de vista de la utilización de grandes volúmenes de agua subterránea, dicho reservorio es el más importante de toda la región sur de la provincia de Mendoza.

## 2.1.1- Extensión y límites

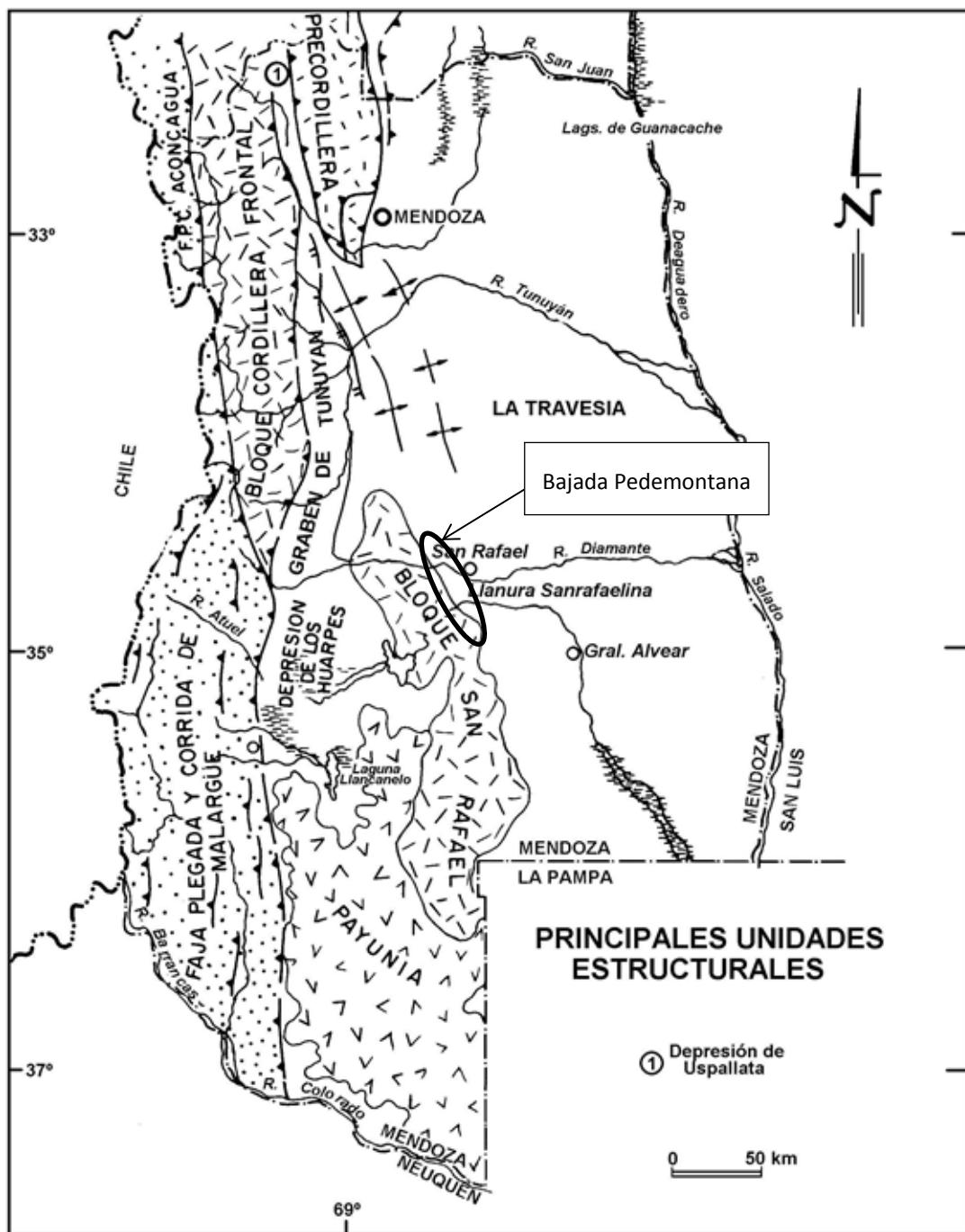
El reservorio de agua subterránea de la Llanura Sanrafaelina, también conocida como Cuenca del Diamante - Atuel, se ubica en la provincia de Mendoza a partir del paralelo 34° 20' de latitud sur. La misma se extiende entre el río Seco y La Hedionda al norte, el río Atuel y los Médanos de Picardo al sur, la Bajada Pedemontana de 25 de mayo - Rincón del Atuel al oeste y hacia el este hasta el río Desaguadero - Salado. Los límites de la cuenca hidrogeológica, hacia el norte y sur no son precisos y se extienden más allá de los establecidos para la Llanura. Su extensión se estima en unos 8.000 km<sup>2</sup> (Figura 3.7).



**Figura 3.7: Mapa de ubicación. Fuente: DGI.**

## 2.1.2- Geomorfología

La cuenca se caracteriza principalmente por presentar dos relieves contrastantes entre sí, determinados por un sector positivo, el bloque de la Sierra Pintada y otro negativo, situado al naciente del anterior, la Llanura Sanrafaelina, que forma parte de una unidad mayor designada como Llanura de la Travesía o Gran Bajo Oriental (Figura 3.8). Entre ambos relieves se extiende la bajada pedemontana (Pazos *et al.*, 1993).



Fuente: Geología y Recursos Naturales de Mendoza. (Pazos, et al. 1993)

**Figura 3.8: Principales unidades estructurales de Mendoza.**

El bloque de la Sierra Pintada, abarca el sector occidental. El rumbo de la sierra es aproximadamente noroeste sureste y su longitud alcanza unos 40 km. En esta zona, se destacan desniveles de cierta notoriedad cuyas máximas alturas no superan los 1.300 m. Los cerros se extienden desde la Villa 25 de Mayo hasta Colonia Las Malvinas en relación con otros sectores más bajos denominados mesillas, planchadas y lomadas.

Los ríos Diamante y Atuel son los únicos que atraviesan con sus valles a la Sierra Pintada de oeste a este y además cumplen la función de ser niveles de base local, al colectar el agua derramada por las numerosas quebradas existentes sobre sus márgenes.

El relieve intermedio o Bajada pedemontana, se halla situado sobre el faldeo oriental de la Sierra Pintada, extendiéndose hacia el este hasta culminar en la Llanura Sanrafaelina.

El relieve negativo o Llanura Sanrafaelina, se extiende hacia el naciente de las áreas de relieve positivo e intermedio. Dentro de esta unidad de relieve se distinguen dos sectores netamente diferenciados entre sí por su topografía y por sus características geomorfológicas que se los denomina: Llanura Sanrafaelina sin cubierta de arena eólica y Llanura Sanrafaelina con cubierta de arena eólica.

La Llanura Sanrafaelina sin cubierta de arena eólica, es donde se desarrolla la mayor parte del área cultivada y los asentamientos urbanos de los departamentos de San Rafael y General Alvear. Dicha Llanura se extiende entre el río Seco La Hedionda al norte, el río Atuel y los Médanos de Picardo al sur, la Bajada pedemontana de 25 de mayo - Rincón del Atuel al oeste, y hacia el naciente se la reconoce hasta las localidades de Monte Comán, Llave sur, Atuel norte y Real del Padre.

### **2.1.3- Características hidrogeológicas**

El cuadro regional permite diferenciar dos grandes grupos de unidades litoestratigráficas según su comportamiento hidrogeológico: basamento y cubierta sedimentaria no consolidada (Pazos *et al.*, 1988).

#### **Basamento**

Esta unidad litoestratigráfica está compuesta por rocas precámblicas, paleozoicas, mesozoicas y terciarias, de orígenes ígneo, metamórfico, efusivo y por sedimentitas continentales y marinas que por su diagenización y compactación han perdido su capacidad primaria de permitir el paso de los fluidos. Estas rocas afloran principalmente en la cordillera, en el Bloque San Rafael, en las sierras de Palauco, de Chachahuén, y conforman, además, el extenso campo lávico de la Payunia. Son áreas con relieve montañoso, que se corresponden con la cordillera Frontal, cordillera Principal y bloque de San Rafael.

#### **Cubierta sedimentaria no consolidada**

Esta unidad litoestratigráfica se corresponde con los conos y las planicies aluviales elaboradas por ríos y arroyos y con los médanos depositados por acción eólica. Es decir, son áreas compuestas por materiales que poseen permeabilidad primaria y que conforman los principales acuíferos explotables de la zona sur.

Los conos aluviales poseen las mejores condiciones de permeabilidad o conductibilidad hidráulica. Uno de los más importantes es el cono aluvial del río Diamante, ubicado en el flanco oriental del bloque San Rafael) y que está conformado por gravas gruesas, medianas y finas, intercaladas con arenas y escasos lentes de arcillas y limos.

Por su parte, las llanuras aluviales se extienden a continuación de los conos aluviales y están conformadas por litologías de menor granulometría. Así, la Llanura Sanrafaelina se presenta con menor permeabilidad o conductibilidad hidráulica debido a la disminución del tamaño de los clastos, pero fundamentalmente por la menor selección de los depósitos. Hacia el este, la gradación se ha podido seguir gracias a datos aportados por cerca de 2000 perforaciones que se hallan en la zona cultivada y a la información indirecta aportada por la exploración geofísica realizada por medio de unos 2500 sondeos eléctricos verticales (Hernández *et al.*, 2001) .

## 2.1.4- Parámetros hidrogeológicos

Las direcciones del flujo subterráneo son radiales y divergentes desde la entrada del río Diamante a la cuenca, con rumbo oeste noroeste, oeste-este y este-sudeste.

Las líneas de flujo indican que el agua subterránea inicia su recorrido preferentemente hacia el este desde de la zona de recarga hasta alcanzar la localidad de Goudge. A partir de allí se produce una mayor separación de las líneas de corriente en dos direcciones principales: una hacia el noreste y la otra al sureste. En el primer caso siguiendo el cauce actual del río Diamante y en el segundo, acompañando la dirección de escurrimiento del río Atuel y antiguos cauces del mismo, o sea direcciones seguramente de mayor permeabilidad.

Con respecto al río Diamante, la piezometría y las líneas de flujo indican que el mismo recarga el acuífero desde la isopieza de 800 m s.n.m. hasta la de 620 m s.n.m. A partir de esta última, el río comienza a drenar aguas freáticas pasando de ser influente a ser efluente.

En cuanto al río Atuel, desde Rincón del Atuel se comporta prácticamente en todo su recorrido como efluente, captando aguas freáticas. Este río no recarga la cuenca como lo indican las curvas equipotenciales o isopiezas absolutas, ya que ninguna línea de flujo nace a partir de su ingreso a la cuenca.

El gradiente hidráulico, en el área de acuífero libre, varía entre el 0,7 y el 1,2 %, pasando en la zona de semiconfinamiento a 0,27 %, para tomar valores estables en la parte confinada de 0,18 %.

La profundidad del agua subterránea, varía de 30 a 40 metros por debajo de la superficie del terreno en la parte noroccidental (Colonia El Usillal) y al sur en la Colonia Las Malvinas. Son las mayores profundidades que se registran en esta cuenca. En el resto, las profundidades fluctúan entre 1 y 10 metros para alcanzar en el departamento de General Alvear los 2 metros<sup>8</sup>.

La descarga de agua subterránea se produce siguiendo el eje de escurrimiento del río Atuel, arroyo Aguadita y colectores de drenaje, alcanzando considerables volúmenes en los años ricos en escurrimiento de agua. Este río, el arroyo y los colectores actúan como reguladores del acuífero freático y se estima que su respuesta frente a la recarga es ágil, no permitiendo que los niveles estáticos en el área libre tengan grandes oscilaciones como los que se registran en el área de recarga de la cuenca norte de Mendoza.

La permeabilidad o conductividad hidráulica varía en el sentido de flujo del agua subterránea y acorde a los procesos de sedimentación con valores entre 100 y 200 m/d en el acuífero libre. Luego disminuye en el área confinada a cifras variables entre 60 y 25 m/d<sup>9</sup> (Hernández *et al.*, 2001).

El coeficiente de almacenamiento, en el acuífero libre (zona oeste del área), se estima en el orden de  $1,5 \times 10^{-1}$  a  $1,5 \times 10^{-2}$ , disminuyendo en el área confinada (este de la cuenca) donde alcanza valores entre  $2 \times 10^{-4}$  y  $3 \times 10^{-5}$  (Hernández *et al.*, 2001).

---

<sup>8</sup>La oscilación vertical de la superficie piezométrica se produce como consecuencia de la variación en el volumen de agua almacenada en un acuífero libre; el descenso implica disminución y el ascenso aumento de la reserva. En un acuífero confinado las oscilaciones de la superficie piezométrica derivan de cambios en la presión hidráulica, mientras que en el semiconfinado, inciden ambos procesos.

<sup>9</sup>. Estos valores surgen de la ejecución de ensayos de bombeo realizados por el ex-CRAS en perforaciones de la actividad privada (Hernández *et al.*, 2001).

Los rendimientos específicos más altos se encuentran en la parte correspondiente al acuífero libre y superan los  $40 \text{ m}^3/\text{h.m}$ . En el área confinada los rendimientos se hallan en el orden de los  $20 \text{ m}^3/\text{h.m}$  (Hernández *et al.*, 2001).

Las velocidades de flujo horizontal, se estiman considerando los gradientes hidráulicos y las permeabilidades en las direcciones de flujo. De este modo, en el área de acuífero libre la velocidad de flujo horizontal varía entre el 0,7 y el 2,4 m/d y disminuye en la zona de semiconfinamiento y confinamiento a valores de 0,16 m/d y hasta los 0,045 m/d (Hernández *et al.*, 2001).

La recarga subterránea se produce principalmente a través de 3 procesos: 1)- infiltración en los canales de riego, 2)- infiltración en las parcelas regadas y 3)- infiltración en el lecho del río Diamante.

1)- Infiltración en los canales de riego (principales, secundarios, terciarios y prediales): dicha infiltración conforma el primer proceso en importancia respecto a la recarga, con alrededor del 32 % del agua circulante en la totalidad de los cauces.

2)- Infiltración en las parcelas regadas: la infiltración del agua a nivel de parcela, o flujo de retorno, constituye el segundo proceso en importancia para la recarga y se estima que un 40% del volumen total de riego aplicado conforma el retorno al acuífero freático.

3)- Infiltración en el lecho del río Diamante: esta se produce en el cauce del río Diamante y fundamentalmente en la zona de la Isla del Diamante cuando se eroga agua por el cauce del río. Actualmente con la existencia del sistema de regulación conformado por los embalses y de distribución por canales, este proceso ocupa el tercer lugar. Previo a la existencia de los embalses, la recarga en este sector tenía una importancia primordial. Por su parte, el aporte que realiza el río Atuel cuando ingresa a la cuenca es de escasa magnitud y en la mayoría de su recorrido se comporta como efluente, captando aguas freáticas y desagües de la cuenca.

Las reservas subterráneas funcionan como una presa natural de regulación estacional e interanual. El volumen de agua total almacenada en los depósitos aluviales de ambos ríos se ha estimado en función del producto entre la extensión ( $8000 \text{ km}^2$ ), el espesor saturado promedio (250 m) y el coeficiente de almacenamiento (0.10), y alcanza unos  $200000 \text{ hm}^3$ , considerando tanto al acuífero libre como a los semiconfinados y confinados en toda su extensión. Por su parte, en el área irrigada y hasta unos 250 metros de espesor saturado, el almacenamiento se ha calculado en unos  $32500 \text{ hm}^3$ .

Cabe destacar que solo parte de la reserva hídrica mencionada puede extraerse para compensar la demanda de agua en los períodos de sequía, ya que ocasiona la profundización de los niveles estáticos en toda la cuenca y en mayor medida en la zona libre o de recarga. Posteriormente, este impacto sobre el acuífero se puede revertir durante los años ricos en agua como consecuencia de una mayor recarga y menor demanda.

Considerando lo detallado, se estima que es posible extraer de las reservas durante un período de pobreza hídrica, como el ocurrido durante estos últimos años (1993/2000), alrededor de  $2000 \text{ hm}^3$  sin deprimir excesivamente los niveles actuales de explotación. La extracción de este volumen, produciría un abatimiento promedio en el orden de los 2 a 3 metros en toda el área de la cuenca, y las máximas depresiones ocurrirían en el acuífero libre y las mínimas en el confinado (Hernández *et al.*, 2001).

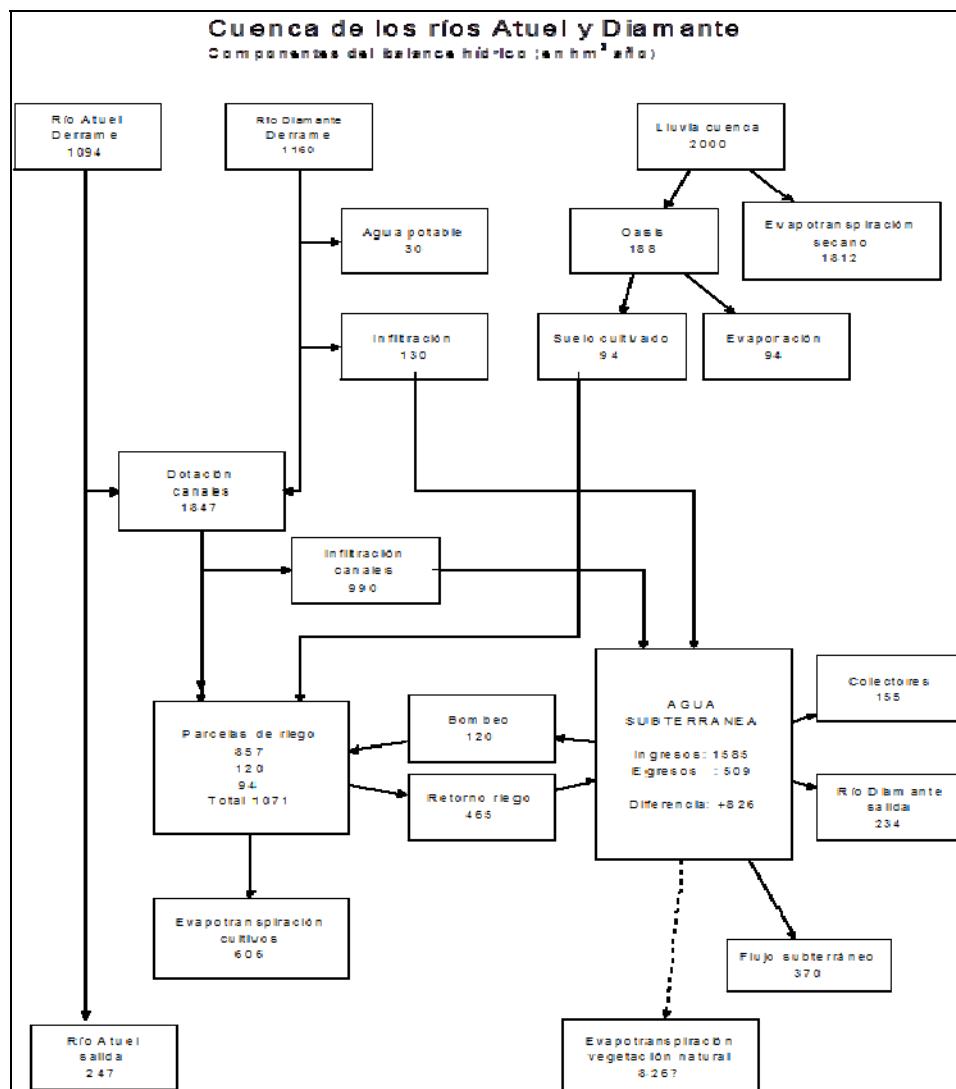
## 2.2.- Análisis de la oferta subterránea, antecedente de balance hidrogeológico

De las 800000 de hectáreas que componen la cuenca de los ríos Diamante y Atuel, aproximadamente 160000 ha integran la zona irrigada, en las cuales para el año de estudio (2001) existían 60000 ha cultivadas. El agua proveniente de los ríos Diamante y Atuel es distribuida a los cultivos por las estructuras de derivación y de conducción de dos zonas administradas en forma independiente: Subdelegación del Río Diamante y Subdelegación del Río Atuel, ambas pertenecientes al Departamento General de Irrigación.

A su vez, en el ámbito espacial y temporal mencionado, existían unas 2000 perforaciones registradas de las cuales se estimaba que el 40 % estaban en condiciones de poder usarse, siendo la mayoría privadas y empleadas para riego, tanto en los sitios que no disponen de canales como en aquellos que si los tienen (el agua subterránea se utiliza en forma complementaria respecto de la superficial, especialmente en los años hidrológicos de escaso derrame de los ríos).

Con la finalidad de realizar una evaluación de la participación del balance hídrico para la cuenca de los ríos Diamante y Atuel, en el presente trabajo se consideran los valores para un año medio. Por ello se descartó la superficie actual y se tomó como dato el valores de 75000 ha, que estiman de mejor modo al desarrollo agrícola histórico.

En la Figura 3.9 se pueden observar un esquema con los valores estimados de cada uno de los aportes que recibe la cuenca de los ríos Atuel y Diamante. La mayoría de los datos fueron extraídos de publicaciones del DGI y se complementaron con datos de estudios realizados por el ex CRAS que fueron adecuados a la situación media planteada<sup>10</sup>.



<sup>10</sup>Entre los trabajos del CRAS se destacan los de Alonso *et al.*, 1978; Martinis 1991 y Wettenet *et al.*, 1978.

Fuente: Hernández *et al.*, 2001.

### **Figura 3.9: Esquema del balance hidrológico.**

Los derrames de los ríos son próximos a sus medias históricas; el agua destinada a potabilización es agua superficial derivada por diferentes tomas del río Diamante hacia las distintas plantas de tratamiento; los caudales derivados a los canales para riego (Diamante: 1000 hm<sup>3</sup>/año y Atuel: 847 hm<sup>3</sup>) son cercanos a los que las Subdelegaciones informan para años medios; las infiltraciones, tanto en canales como en áreas cultivadas, son el producto de lo disponible por los porcentajes propuestos más arriba; la evapotranspiración para 75.000 ha cultivadas es resultado de multiplicar esa superficie por la evapotranspiración potencial (método de Penman modificado por FAO) afectada por un coeficiente de cultivo  $kc=0,7$  asumido por los autores.

El balance para el agua subterránea muestra la existencia de un gran exceso de agua; el flujo subterráneo saliente, calculado para un frente radial de 90 km que se extiende al este del área con cultivos (perpendiculares a las líneas de flujo) y para un espesor saturado de 250 m, indicaría una evidente insuficiencia para transportar toda el agua que ingresa a los acuíferos; tal es así que las cantidades más importantes salen superficialmente del área regada por los cursos drenantes de los ríos y de los colectores, dando origen a extensos bañados donde la transpiración de freatófitas y la evaporación desde superficies libres toman grandes dimensiones.

Esta situación, en la que la cuenca se encuentra saturada hasta muy poca distancia de la superficie del terreno ha dado origen también a intensos procesos de evaporación desde el suelo y transpiración de los vegetales en áreas cultivadas e incultas, dentro y fuera del oasis. Salvo algún año hídrico excepcionalmente rico, las aguas superficiales no llegan al río Desaguadero-Salado, y todo se evapora y evapotranspira en la misma cuenca.

Para esta cuenca no fue posible, con la información disponible (para el año 2001), discriminar entre infiltración en zona de acuífero libre y zona de acuíferos confinados con miras a establecer las cantidades de agua que se deterioran al incorporarse al nivel freático de la segunda de las zonas mencionadas.

### **2.3- Análisis del estado cualitativo actual**

El Departamento General de Irrigación, en relación a su propia función de manejo del recurso hídrico ha implementado políticas de control que incluyen monitoreoshidroquímicos bianuales para esta cuenca subterránea del Atuel y el Diamante. Estos monitoreos los está ejecutando el Departamento de Planificación Hídrica del DGI (DGI) y con ello se busca conocer factores determinantes de los aspectos cualitativos y cuantitativos del recurso hídrico que permitan detectar, mitigar y corregir impactos negativos sobre el mismo.

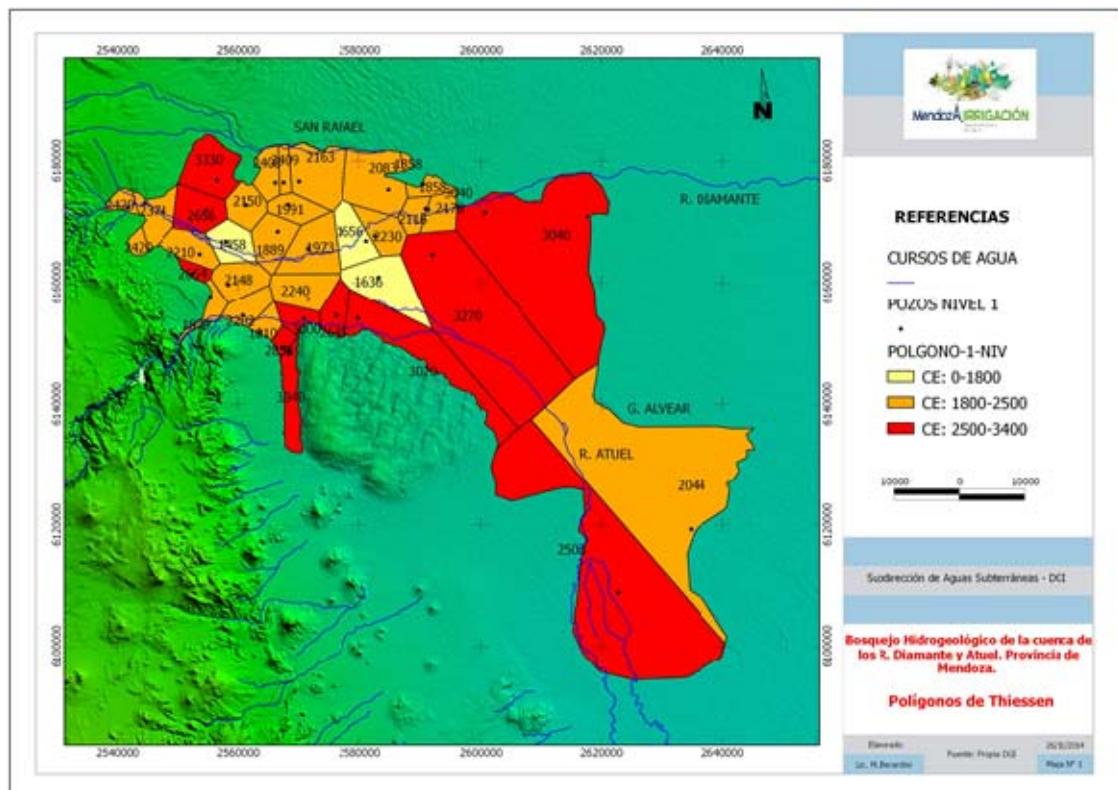
A fin de poder comparar los resultados obtenidos en la campaña de muestreo elaborada por el DGI en 2014, con los antecedentes elaborados por el Instituto Nacional del Agua (INA), se repitió la medición por niveles basados en perfiles de explotación equivalentes, que fueron diseñados y planteados por los profesionales del Centro Regional Andino (DI – 273 - CRAS – 1996). Toda la información obtenida fue publicada y sirvió de base para la Resolución N°378/14 y 1154/15 de apertura de los ríos Diamante y Atuel.

Los 3 niveles de explotación considerados para esta cuenca, se definieron de la siguiente manera: Primer nivel de explotación, hasta los 60 m; Segundo nivel de explotación, entre los 60 y 160 m; y Tercer nivel de explotación, más de 160 m de profundidad.

A continuación se describe el resultado del monitoreo hidroquímico efectuado en el período 2014, en relación a la conductividad eléctrica y a los parámetros de clasificación química estipulados.

### 2.3.1- Primer nivel de explotación

En este nivel de explotación el agua subterránea alcanza tenores de salinidad que lo harán poco apropiado para su uso en la mayor parte de la cuenca (Figura 3.10). Este nivel acuífero que tiene características de acuífero libre y se extiende sobre en toda la cuenca, pero con mayor representación hacia la zona de recarga en el sector oeste. Los altos valores de Conductividad Eléctrica (CE) hace que paulatinamente sea abandonada su explotación, lo que imposibilita mantener una red de monitoreo con una gran densidad. Debido a esto se recurre a los criterios de ubicación y representatividad para obtener información de tipo regional.



Fuente: DGI, 2014.

**Figura 3.10: Isosalinidad pozos primer nivel de explotación equivalente, año 2014.**

En la Figura 3.10, se puede observar que la zona de máxima recarga muestra un área de baja salinidad, que no se diferencia sustancialmente de los niveles de explotación más profundo, mientras que hacia el este y sureste los tenores de salinidad se incrementan notablemente por percolación de la infiltración de excedentes agrícolas y del lavado de suelos salinos.

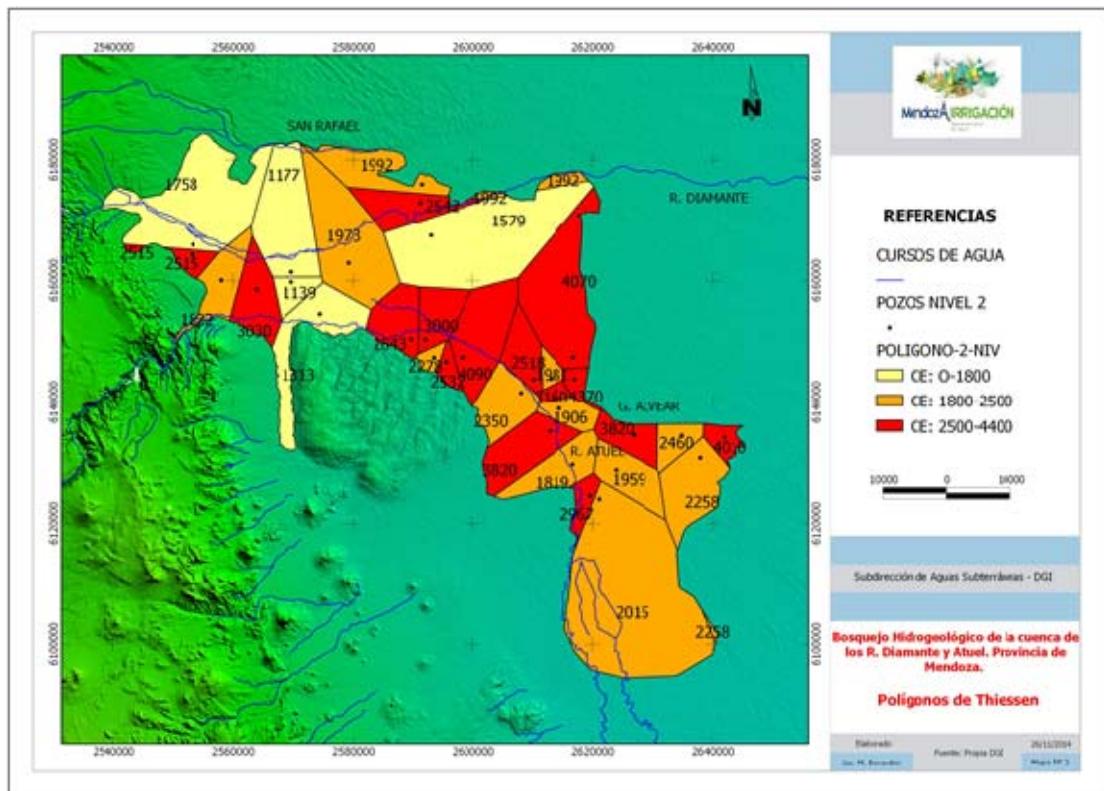
En la misma figura también se puede observar que la salinidad del agua subterránea en la zona de estudio varía desde valores próximos a 1500 hasta superiores a los 3400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La salinidad más baja se presenta en el área de acuífero libre, próxima al área de mayor recarga de la cuenca que se produce en el lecho del río Diamante en La Isla y Rama Caída. Al este de dicha zona, entre Monte Comán y Villa Atuel, la salinidad de este nivel se mantiene en tenores variables que rondan los 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En la zona sureste de la cuenca, comprendida en el departamento de Alvear, la información obtenida de perforaciones ha resultado escasa y se presume que los datos hidroquímicos obtenidos no definen

claramente la salinidad del agua en dicha zona, pero confirmaría la tendencia de valores que rondan los 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 2.3.2- Segundo nivel de explotación

De este nivel acuífero se posee mayor información hidroquímica, principalmente hacia el este y sureste, que abarca prácticamente toda el área cultivada de la cuenca tanto del río Diamante como del río Atuel.



Fuente: DGI, 2014

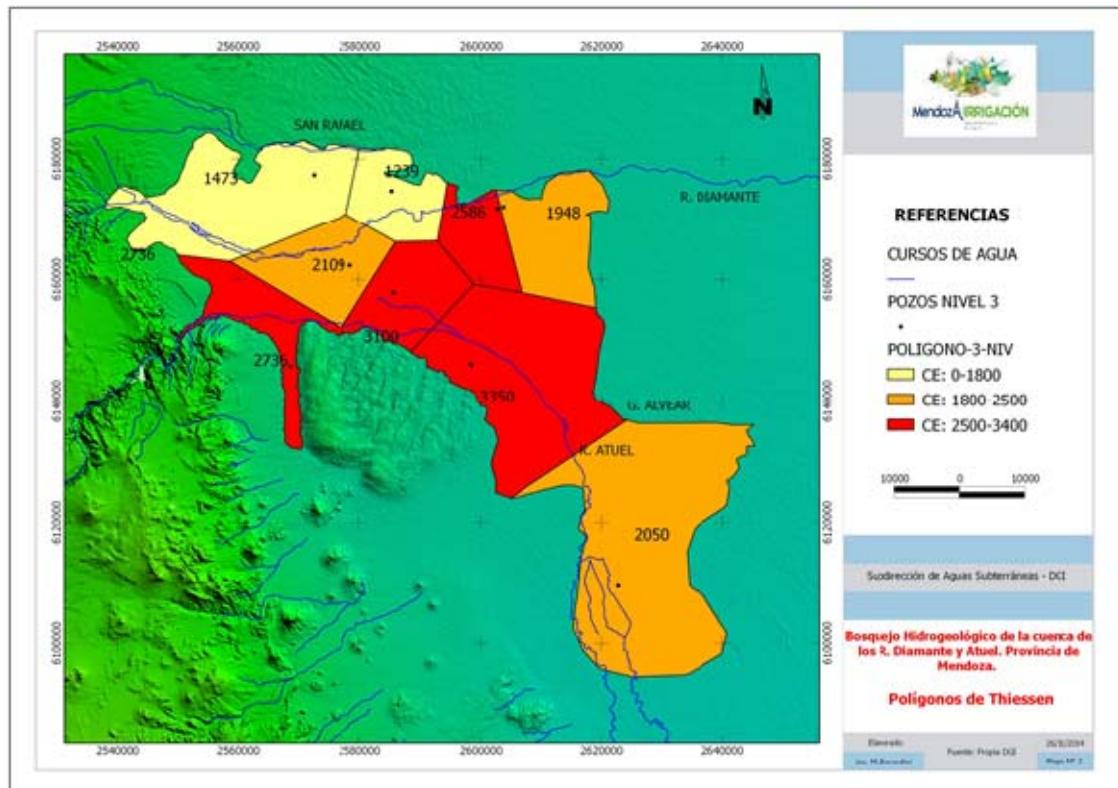
**Figura 3.11: Isosalinidad pozos segundo nivel de explotación equivalente. Fuente: propia DGI.**

En la Figura 3.11 se puede observar que la salinidad de este nivel de explotación en el área de máxima recarga registra valores entre los 1500 y los 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Dicha salinidad alcanza mayor expresión en la zona de Villa Atuel y siguiendo el recorrido del río Atuel, alcanza tenores variables entre los 2500 y los 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Al sureste de la cuenca, en el departamento de General Alvear, la salinidad varía con valores del orden de los 2000 y los 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 2.3.3- Tercer nivel de explotación

De este nivel de explotación solo se ha podido obtener información hidroquímica que permite apreciar el orden de magnitud de la salinidad, debido a que las perforaciones existentes en la cuenca explotan mayormente los acuíferos más superficiales.

En la Figura 3.12 se observa que la salinidad de este nivel de explotación varía entre los 1200 y los 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cabe destacar que este nivel es el menos expuesto a los procesos de contaminación de origen exógeno y por ello presenta una salinidad y una composición química que se correlaciona con los procesos lógicos de la evolución natural del agua en las formaciones acuíferas desde las áreas de recarga.



Fuente: DGI, 2014.

**Figura 3.12: Isosalinidad pozos tercer nivel de explotación equivalente. Fuente: propia DGI.**

Finalmente podemos decir que en la zona de acuífero libre la conductividad eléctrica es del orden de los 1000-2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y aumenta al continuarse en el acuífero freático y de confinamiento hasta más de 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hacia este. El agua es utilizada para riego, aunque en muchos casos debe mezclarse con el agua superficial para no exceder los rangos tolerados de salinidad. En el acuífero inferior de la zona de confinamiento, el aumento de salinidad se produce, como en la generalidad de los casos, en dirección oeste-este. Varía desde los 1000-2000 en el sector donde limitan las zonas de acuífero libre y de acuíferos confinados hasta los 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en extensión hacia el este en profundidades de hasta 160m. Su calidad es considerablemente mejor que la de los niveles suprayacentes, siendo explotada para riego con mejores resultados.

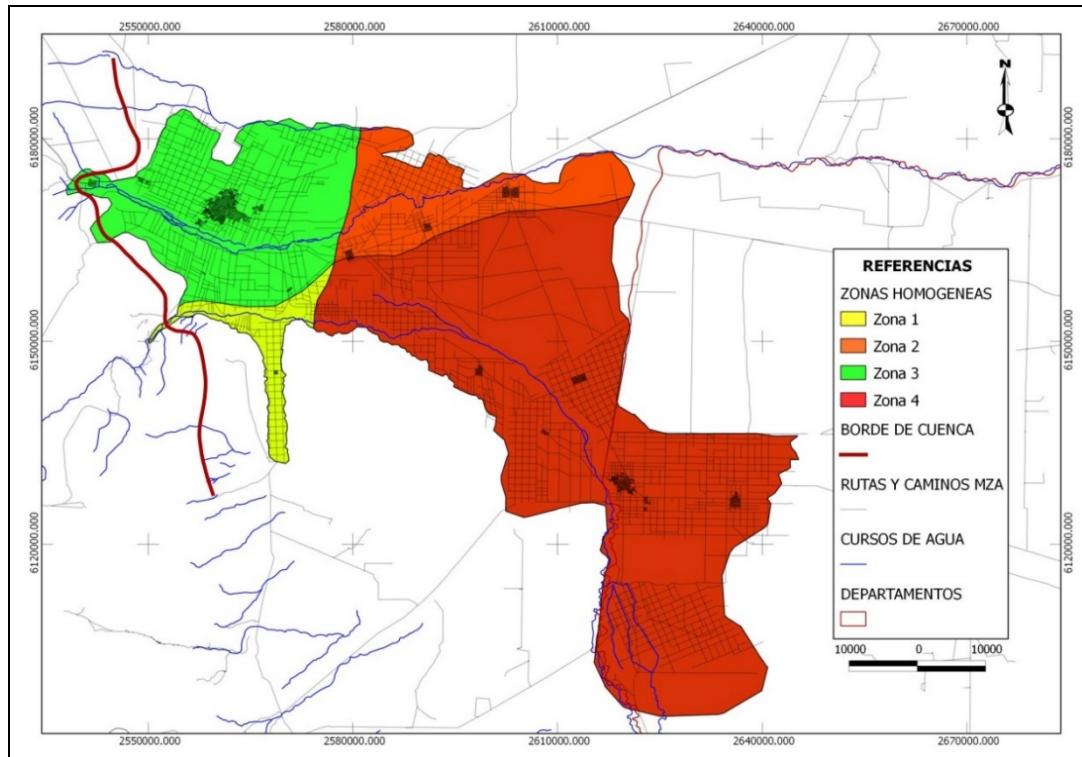
## 2.4- Determinación de zonas homogéneas acuíferas

El agua subterránea se representa en el software WEAP por medio de zonas homogéneas que son definidas por su comportamiento similar frente a parámetros hidráulicos, principalmente en lo que respecta a curvas de igual profundidad (isoprofundidad), de igual cota de agua (isopiezas absolutas) y por criterios de análisis químico (representado por curvas de igual conductividad eléctrica (CE) indicadas como isosalinidad).

Estas zonas homogéneas están vinculadas a las unidades administrativas de manejo (UAM) que han sido determinadas por medio de criterios administrativos y técnicos superficiales, ya que van a formar parte del aporte de agua mediante el bombeo de pozos, como así también el destino de la infiltración por deficiencia de riego.

En la Figura 3.13 se observa el acuífero que es evaluado por este informe y es el que se encuentra bajo los vínculos entre las zonas homogéneas y las UAM. Este fragmento fue a su vez segmentado en 4 zonas homogéneas que se observan en la misma Figura nombradas como zonas 1, 2, 3 y 4. Vale destacar que

las zonas homogéneas denominadas como Zona 2 y 3, son las que se encuentran bajo la influencia, en cuanto a recarga, de la infiltración del río Diamante.



Fuente: DGI. Departamento de aguas subterráneas, 2015.

**Figura 3.13: Zonas homogéneas en la cuenca subterránea de los ríos Atuel y Diamante.**

En las Figuras 3.14, 3.15 y 3.16 se exponen gráficamente los criterios tomados para establecer los límites de las zonas homogéneas determinadas.

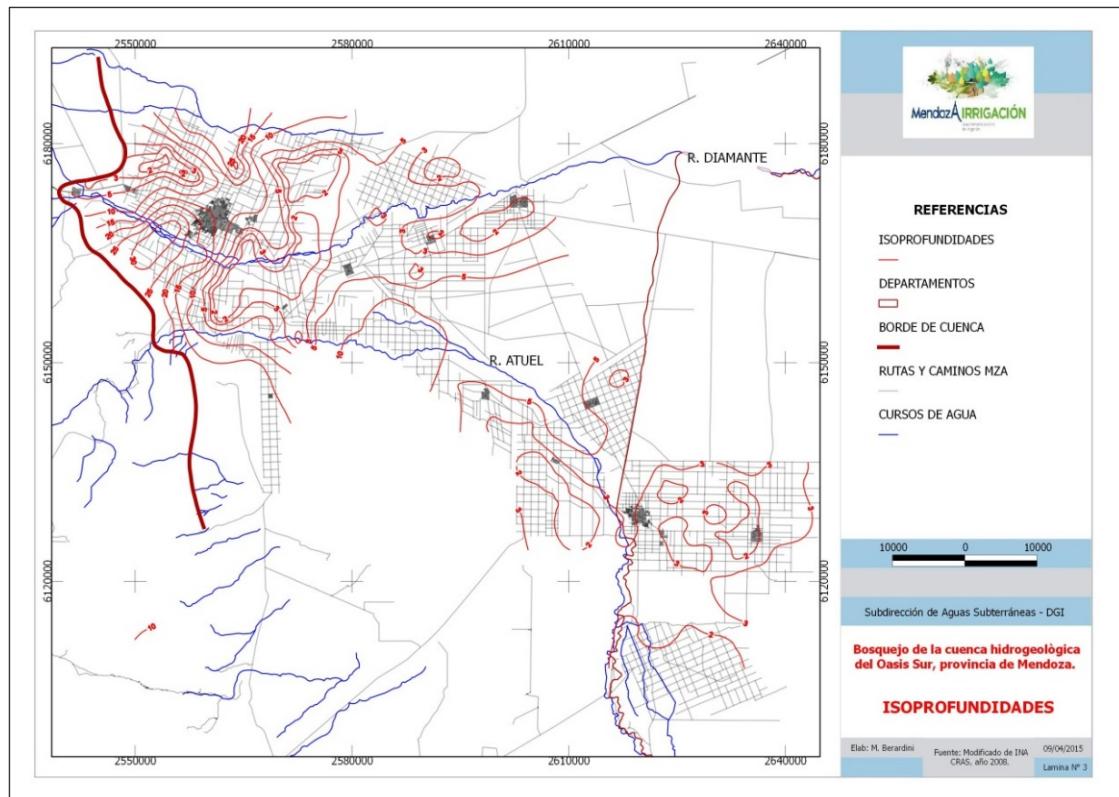


Figura 3.14: Isocurvas de igual profundidad (isopiezadas).

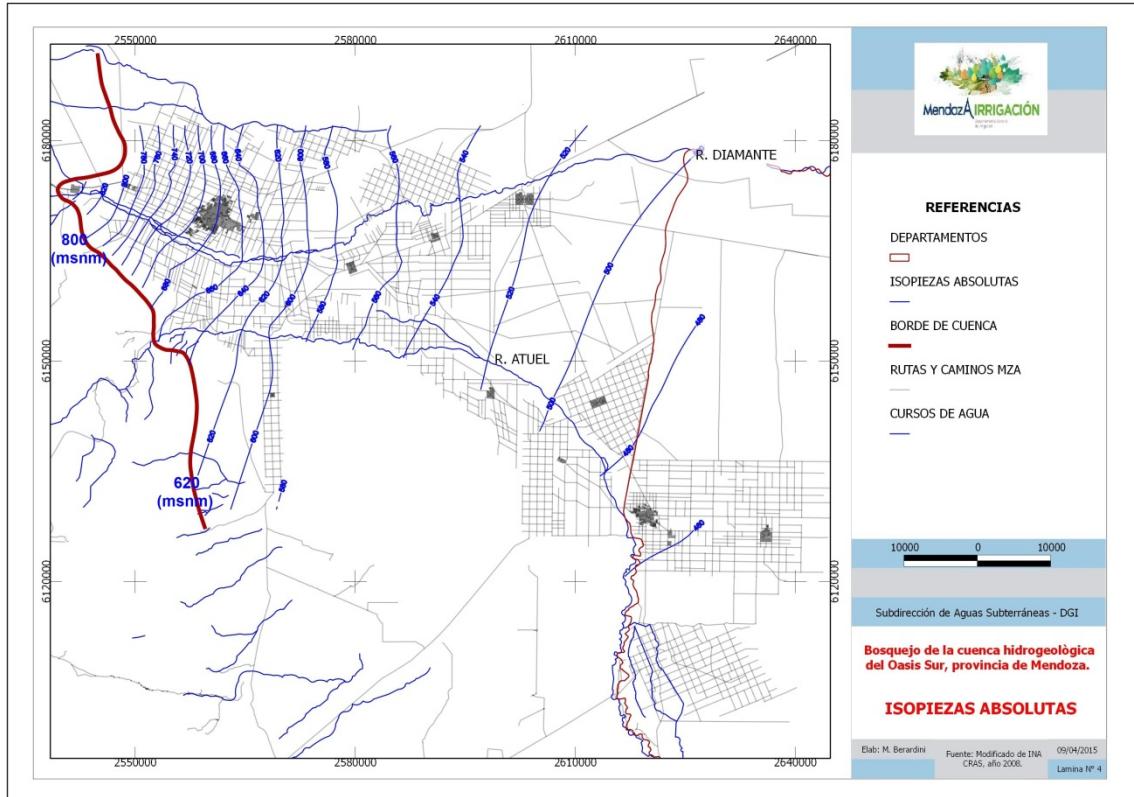


Figura 3.15: Isocurvas de igual cota de agua (isopiezas absolutas).

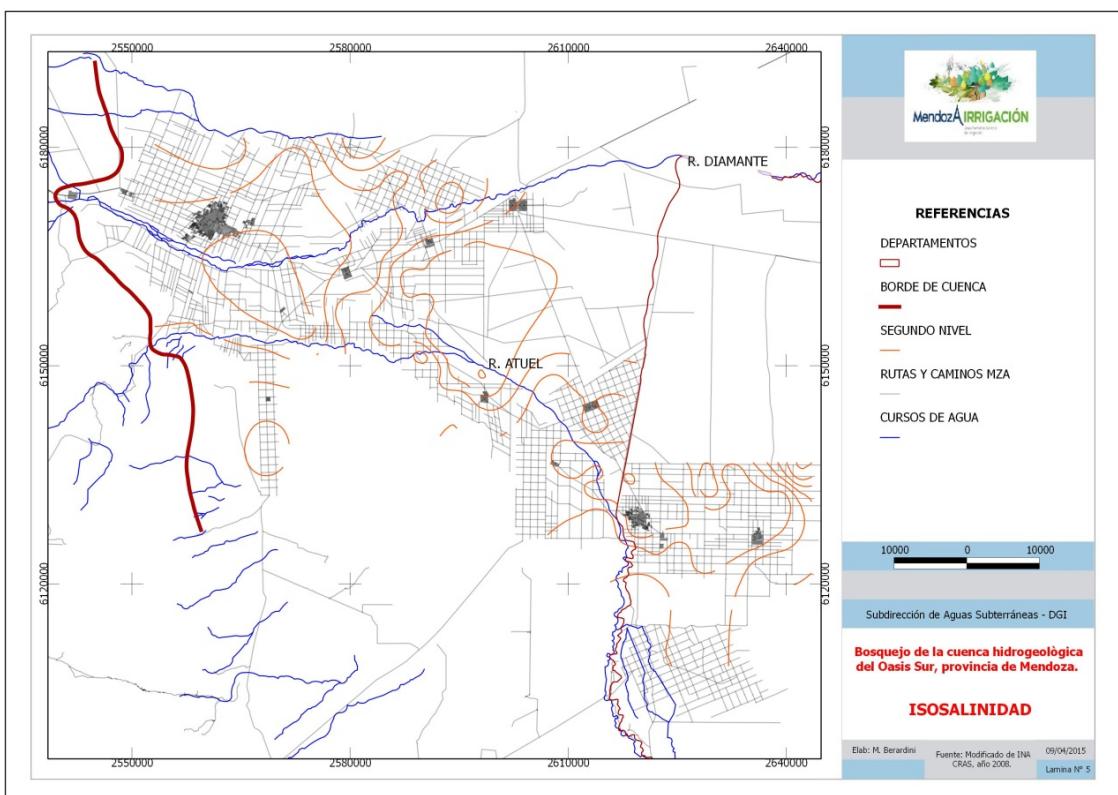


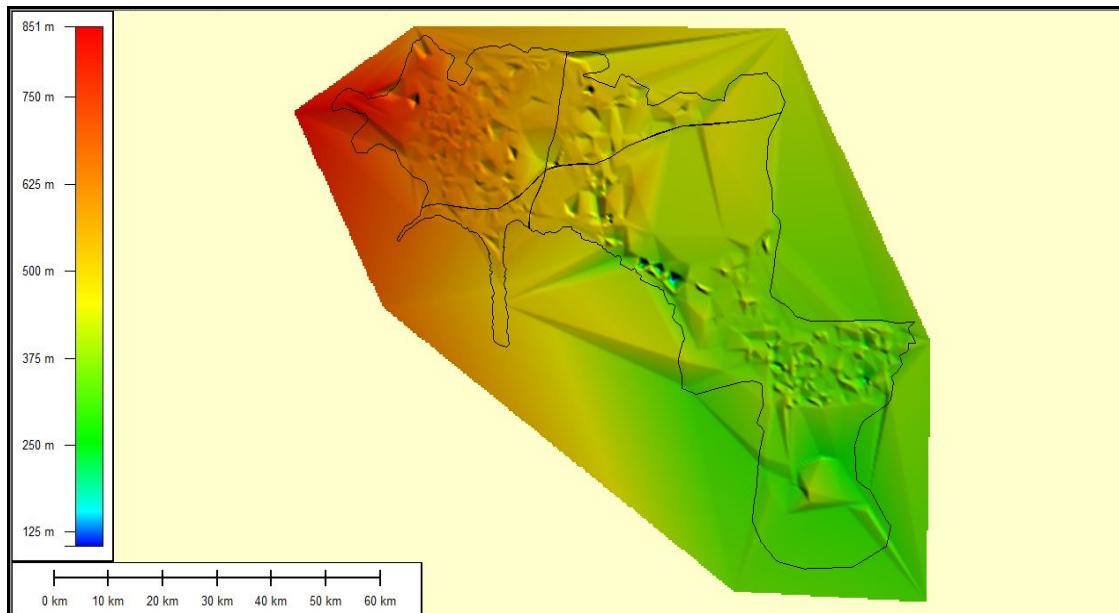
Figura 3.16: Isocurvas de conductividad eléctrica (CE) indicadas como isosalinidad.

## 2.5- Calculo del volumen del agua subterránea en base a su porcentaje de saturación, basado en la red de monitoreo de niveles estáticos del DGI

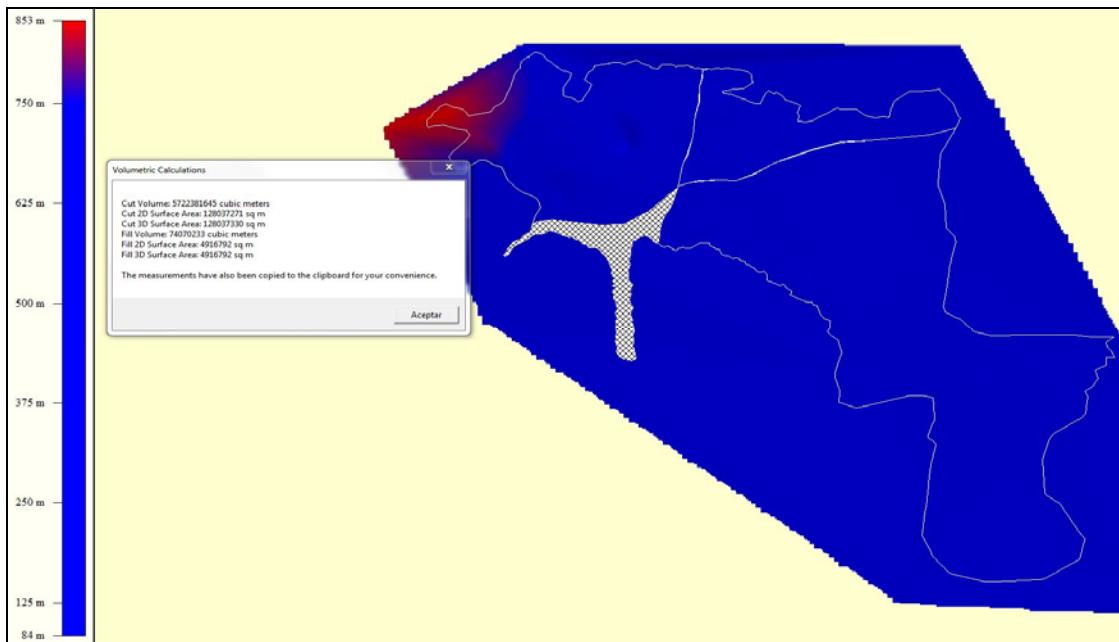
El procedimiento fue realizado mediante la utilización de programa Global Mapper 8, en el cual se representa en primer lugar, una superficie virtual creada con la base de cada perforación existente (metros de profundidad) para la cuenca hidrogeológica de río Atuel y Diamante, y en segundo lugar una superficie que refleja la cota topográfica de la cuenca (que disminuye hacia el este). Estas dos capas fueron seccionadas por las zonas homogéneas antes descriptas en la Figura 3.13, para luego obtener el volumen encerrado entre estas superficies y los límites establecidos por las zonas. Las Figuras 3.17 y 3.18 muestran parte de este procedimiento.

Del resultado de esta operación grafica se obtienen los valores del volumen de almacenamiento teórico posible a contabilizar (se establecen los volúmenes para cada zona como se observa en la Tabla 3.1) y será utilizada posteriormente en el software hidrológico WEAP para la construcción del modelos de oferta y demanda.

Otro resultado que se obtuvo mediante esta técnica es el del volumen de almacenamiento saturado en agua, que es de gran importancia tanto para la aplicación del modelo como para el conocimiento de la variación de almacenamiento y la gestión sobre el recurso hídrico. El volumen de almacenamiento saturado fue obtenido con la misma lógica metodológica, es decir se interceptó una superficie virtual creada con la base de cada perforación y con las cotas de aguas (altura del agua referenciada en metros sobre el nivel de mar) obtenida por la medición de niveles, con los límites para las zonas homogéneas determinadas.



Fuente: DGI, 2015

**Figura 3.17: Superficie virtual creada con la base de cada perforación existente.**

Fuente: DGI, 2015

**Figura 3.18: Superficie virtual con las cotas de aguas, obtenida por la medición de niveles.**

Los valores adquiridos se muestran en la Tabla 3.2. Cabe destacar que los datos considerados para la obtención de los volúmenes teóricos de almacenamiento y de los volúmenes saturados, corresponde al año 1995, ya que en este año se registra la medición más representativa.

**Tabla 3.2: Valores de volúmenes teóricos de almacenamiento y saturados obtenidos.**

Zonas homogéneas	1	2	3	4	Global
Volumen teórico	8.043	27.995	38.825	228.111	302.974
Vol. Saturado 2013 en hm <sup>3</sup>	5.722	26.461	26.913	218.658	277.754
Vol. Saturado 2014 en %	71,1	94,5	69,3	95,9	91,7

## 2.6- Aportes del capítulo en relación al balance hídrico del río Atuel

La delimitación de zonas homogéneas permitió definir para cada unidad administrativa de manejo el sector del acuífero desde donde se bombea y se infiltran los excesos de riego o el caudal destinado a la conducción / distribución del recurso hídrico superficial.

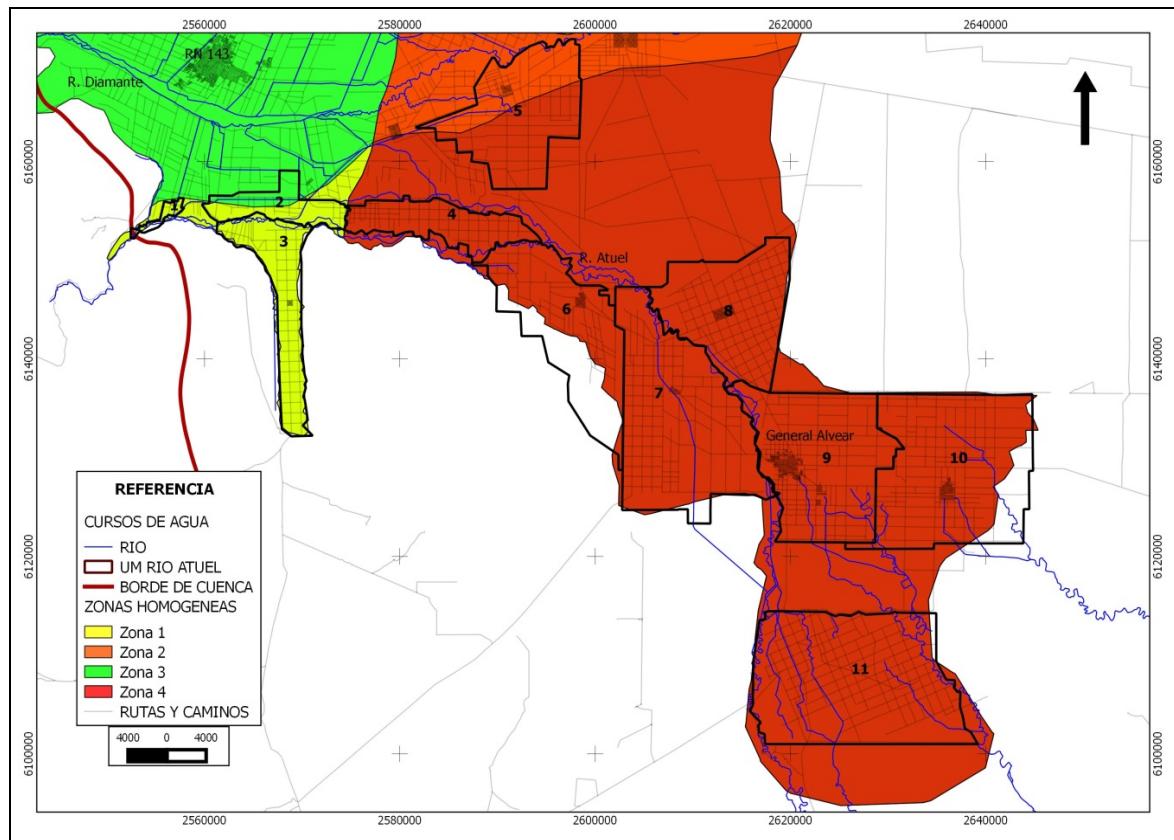


Figura 3.19: Distribución espacial y vinculación entre zonas homogéneas y unidades de manejo.

Esta representación espacial permitió la reproducción de la variación de almacenamiento para estas zonas homogéneas, que se han reflejado por medio de una tendencia general para cada sector del acuífero. Vale remarcar que además de las salidas por bombeo o ingresos por infiltraciones, cada zona homogénea cuenta con los ingresos producto del flujo regional subterráneo (Zona 1 recarga de Zona 3 y Zona 4 recarga de Zona 2) o de la propia infiltración sobre el lecho del río Atuel (Zonas 3 y 4). La especificación de cada una de estas conexiones queda representada espacialmente por medio de la Figura 3.19 y ha sido desarrollado en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3. Descripción de bombeo e infiltración de cada unidad de manejo en función de las zonas homogéneas diseñadas.**

Referencia	UAM_BHA	Bombea de	Infiltra en
1	Inspección Canal Arroyo	Zona 1	Zona 1
2	Inspección Canal Correas	Zona 1	Zona 1 y 3
3	Inspección Canal Perrone	Zona 1	Zona 1
4	Inspección Canal Regueira	Zona 4	Zona 4
5	Inspección Canal Babacci	Zona 4 y 2	Zona 4 y 2
6	Inspección Izuel	Zona 4	Zona 4
7	Inspección Atuel Medio	Zona 4	Zona 4
8	Inspección Real del Padre	Zona 4	Zona 4
9	Asociación Nuevo Alvear	Zona 4	Zona 4
10	Asociación Bowen	Zona 4	Zona 4
11	Inspección San Pedro	Zona 4	Zona 4

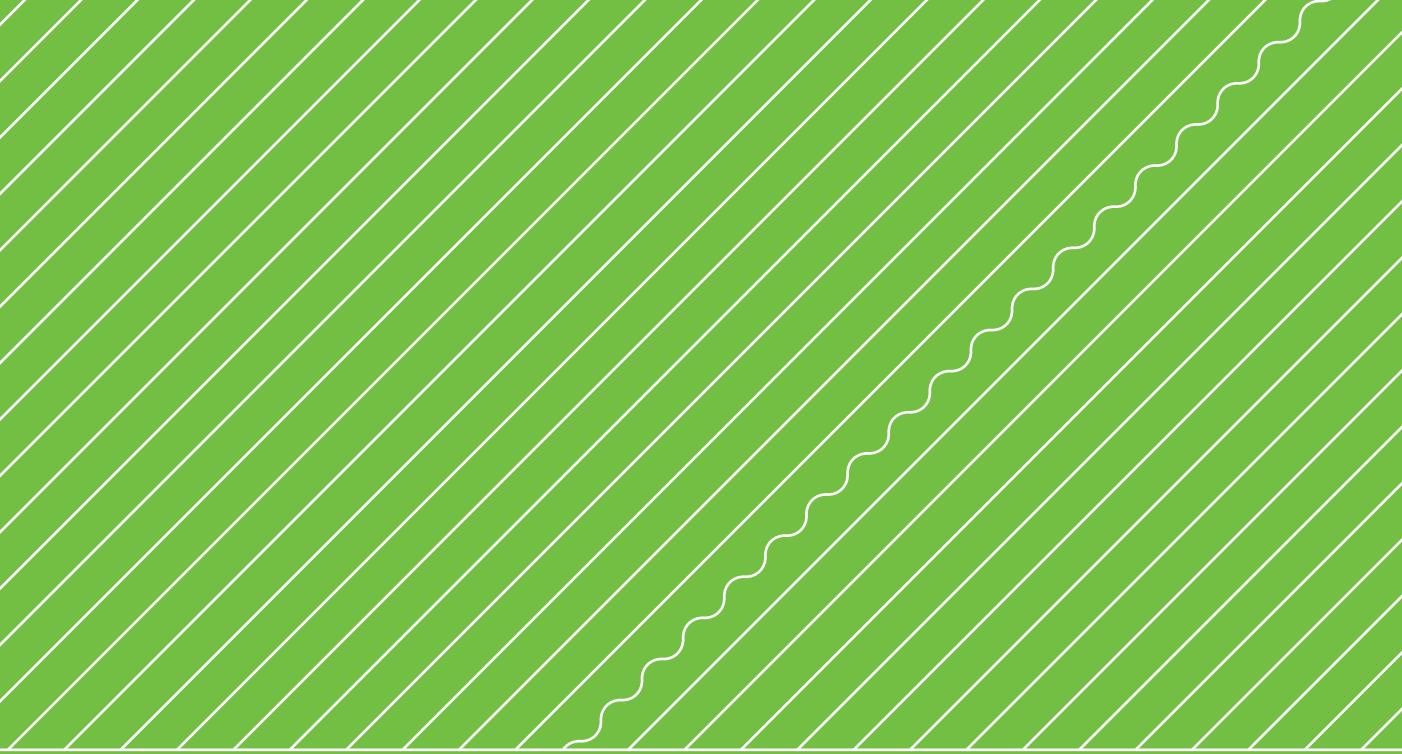
Aquellas unidades administrativas de manejo que están vinculadas a dos zonas homogéneas por su disposición espacial, le fueron repartidas sus egresos e ingresos de caudal en forma proporcional con la superficie que abracan sobre cada una de las zonas homogéneas relacionadas.

Se debe aclarar que la unidad de manejo 2 y 5, (Inspección Canal Correas e Inspección Canal Babacci) obtienen parte de sus ingresos y egresos en lo que respecta al agua subterránea, desde un zona acuífera vinculada al análisis del agua subterránea del río Diamante (zona 3 y 2 respectivamente), ya que la delimitación de las unidades de manejo en base a la disposición de la cuenca hidrogeológica no es igual. Para las UAM 6, 7 y 10 (Inspección Izuel, Inspección Atuel Medio y Asociación Bowen) se establece que las porciones de ella por fuera de la zona cuatro son despreciables en su relación con el medio subterráneo.

Finalmente, es válido destacar que todo el ingreso de agua a las zonas homogéneas del río Atuel (así como para cualquier otra zona acuífera de la provincia) se da por medio de las infiltraciones que se producen sobre las unidades administrativas de manejo y repercuten inicialmente solo en el almacenamiento de agua del nivel freático, luego forma parte del ciclo hidrogeológico y el agua es captada por el flujo subterráneo local y o regional, donde puede pasar a integrar otra zona espacial dentro del mismo acuífero, tanto en la configuración horizontal, como vertical que el mismo presente.

## Bibliografía

- Alonso, A. y N. Martinis, 1978. Estudio de las cuencas hidrográficas de los ríos Diamante y Atuel e hidrogeomorfología de la cuenca subterránea Diamante Atuel. Provincia de Mendoza. CRAS P209, San Juan.
- Departamento General de Irrigación. 1998. *Descripción Preliminar de la cuenca del río Atuel*.
- Hernández J. y Martinis N. 2001, Modernización del manejo de los recursos hídricos. Agua subterránea cuenca de los ríos Diamante y Atuel. CRAS, Mendoza.
- HINISA-Bleinc. 1995. *Reserva de Nihuil: Estudio Preliminar de Pérdidas*
- Leiva, J.C. 1999. Recent fluctuations of the Argentinian glaciers. *Global and Planetary Change* 22 (169-177). Elsevier.
- Martinis, N. 1991. Estudios Regionales de Base para la preservación de los recursos hídricos área Zona sur. Provincia de Mendoza. Convenio CRAS YPF.
- Pazos, J., O. Ortiz y H. Herrada, 1988. Evaluación del estado hidrológico de la cuenca Mendoza norte 1988. CRAS -T111, San Juan.
- Pazos, J. A.; J.L. Bessone; J.A. Vivas; A. Vaca; C. Wetten y C.E. Valero, 1993. Recursos hídricos subterráneos y aguas termales. Relatorio *XII Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de Mendoza*: 551-599. Buenos Aires.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación – Gobierno de Mendoza - Departamento General de Irrigación. 2004. Plan Director del río Atuel. Anexo 2: Oferta Hídrica Superficial.
- Subsecretaría de recursos hídricos de la Nación. Web: <http://bdhi.hidricosargentina.gov.ar/>
- Wetten, C. y J. Bessone, 1978. Contribución al conocimiento hidrogeológico de la superficie y subsuelo de la cuenca Diamante Atuel oeste, departamento San Rafael. Provincia de Mendoza. CRAS P211, San Juan.



# Capítulo 4

## **Estudio de la demanda hídrica en la Cuenca del río Atuel**

IRRIGACIÓN

## Presentación

La realización de un balance hídrico involucra un componente de oferta y otro de demanda. En el presente capítulo se aborda la demanda en todos sus componentes y se concluye con la presentación de los datos de demanda necesarios para realizar el balance hídrico propiamente dicho (Capítulo 6).

### 1- Sistematización hídrica de la cuenca

#### 1.1- Área de Estudio: definición de las unidades de análisis

En el presente trabajo se ha considerado el embalse Valle Grande como el punto de inicio de la cuenca del área irrigada, ya que el mismo actúa como regulador del río en cuanto a la entrega del agua para el riego, el abastecimiento poblacional de la cuenca y la generación de energía eléctrica.

El área irrigada por el río Atuel es abastecido por un robusto sistema de distribución, que nace aguas abajo de la presa Valle Grande y se complementa con los canales Arroyo, Correas, Matriz Perrone, Babacci y Regueira que nacen de tomas directas sobre el río. A continuación y siguiendo la traza del río Atuel, nacen también en tomas directas sobre el río los canales Concesión Regueira y el Marginal del Atuel Tramo 1, del cual se deriva el Matriz Izuel. Por su parte del canal Marginal Atuel Tramo 2, se derivan el Atuel Sur y Jauregui unificados. Todos estos canales son administrados por la Subdelegación de Aguas del río Atuel y desde estos canales se derivan las aguas a la red secundario, la que es administrada por las Inspecciones de Cauce, agrupadas en seis Asociaciones de Inspecciones de Cauce.

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 anteriores (DGI, 1997; BHTS<sup>1</sup>, 2015; BHTI<sup>2</sup>, 2016; BHM<sup>3</sup>, 2017), las UAM se definieron considerando la fuente de provisión de aguas y el dominio de la red de canales. 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 autoridades de administración y gestión (Inspecciones o Asociaciones).

Dado que todas las UAM construidas tienen derechos superficiales y también perforaciones que alumbran aguas subterráneas, se las denominó 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 a la vez. También cabe destacar que en esta cuenca no existen UAM de aguas subterráneas de uso exclusivo.

Luego del proceso clasificatorio descripto se establecieron 11 UAM, todas de uso conjunto. Además, se localizaron sitios de demanda poblacional con una gran cantidad de poblados pequeños diseminados por toda la cuenca.

A continuación, en la Tabla 4.1 se detallan las Asociaciones e inspecciones asociadas a las UAM establecidas y en la Figura 4.1 se grafica el área irrigada de la cuenca del río Atuel con todas las Unidades Administrativas de Manejo construidas para el presente estudio.

<sup>1</sup> BHTS: Balance Hídrico Tunuyán Superior

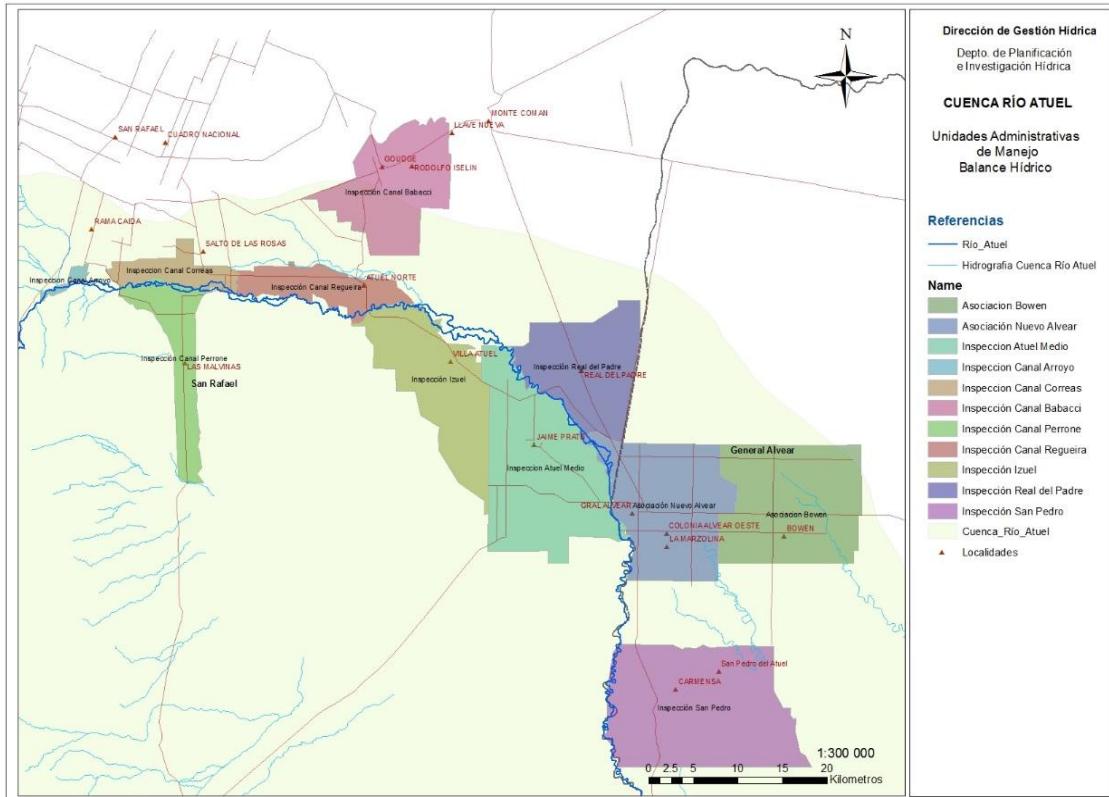
<sup>2</sup> BHTI: Balance Hídrico Tunuyán Inferior

<sup>3</sup> BHM: Balance Hídrico Mendoza

**Tabla 4.1: Asociaciones e Inspecciones de Cauce asociadas a las UAM establecidas.**

Asociación	Unidad Administrativa de Manejo	Inspecciones
Atuel Superior	Canal Arroyo	Inspección Canal Arroyo
	Canal Correas	Inspección Canal Correas
	Canal Perrone	Inspección Canal Perrone
	Canal Babacci	Inspección Canal Babacci
	Canal Regueira	Inspección Canal Regueira
No Asociada	Inspección Izuel	Inspección Izuel
No Asociada	Real del Padre	Inspección Real del Padre
Atuel Medio	Atuel Medio	Inspección Canal Atuel Sud
		Inspección Canal Matriz Jauregui
Bowen	Bowen	Inspección Rama Chistohpersen
		Inspección Rama Dr. Bosch
		Inspección Rama Moss Los Angeles Unificada
		Inspección Rama Ole Aaset
		Inspección Rama Los Campamentos
Nuevo Alvear	Nuevo Alvear	Inspección Rama Auxiliar Centro
		Inspección Rama Centro Viejo
		Inspección Rama La Marzolina
		Inspección Rama Norte - Unificada
		Inspección Rama Nº 3 Nuevo Alvear
No Asociada	San Pedro	Inspección Tijeras Unificada
		Inspección San Pedro

Fuente: Elaboración propia. DGI, 2017



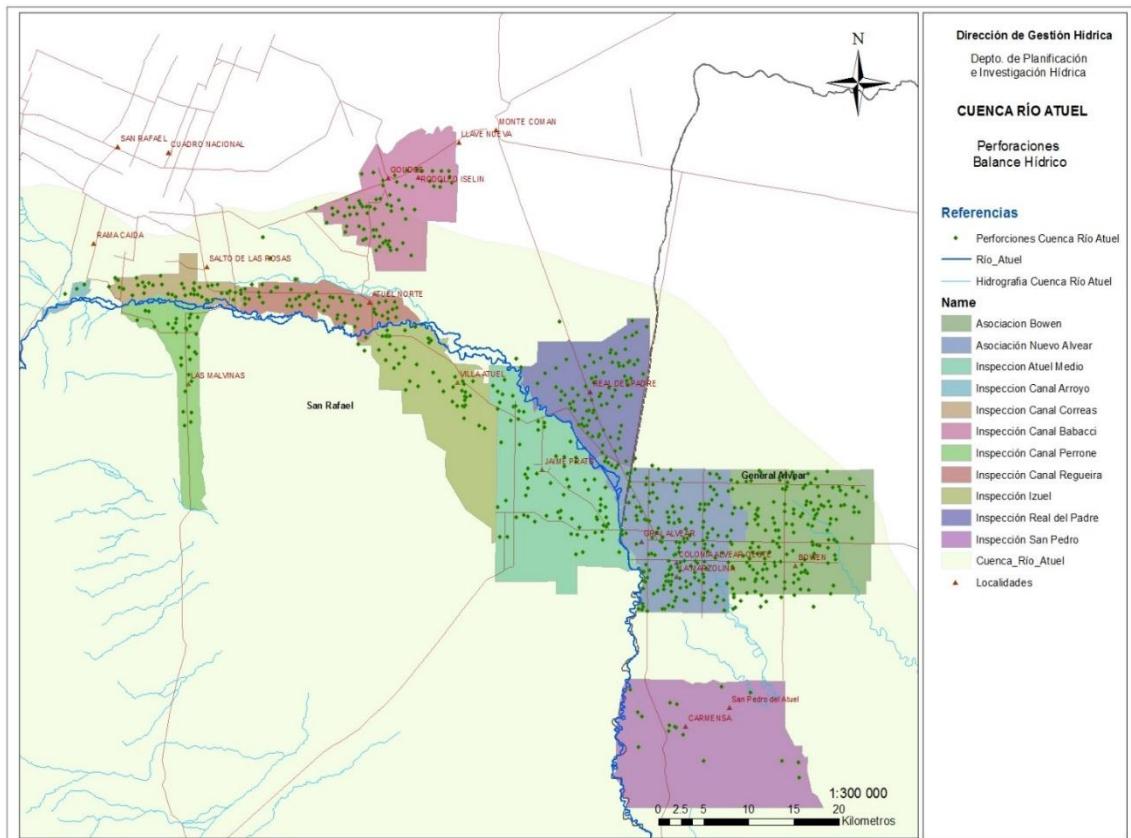
Fuente: Elaboración propia DGI 2017 Dirección de Gestión Hídrica.

**Figura 4.1: Cuenca río Atuel y las unidades administrativas de manejo construidas.**

## 1.2- Unidades administrativas de manejo de uso conjunto

Como ya se mencionó anteriormente, en el área irrigada del río Atuel, 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.

La superficie de concesión de aguas subterráneas en Gral. Alvear es de 13674 ha. A continuación se hace una descripción de las perforaciones, uso y estado en la cuenca del río Atuel (Figura 4.2 y Tabla 4.2)



Fuente: Elaboración propia DGI 2017

**Figura 4.2: Unidades administrativas de manejo de Uso conjunto y perforaciones. Cuenca río Atuel.**

**Tabla 4.2: Cantidad de perforaciones existentes por distrito y uso declarado (General Alvear).<sup>4</sup>**

### Distrito de Bowen.

Estado	Uso	Cantidad de Perforaciones
Activo	Abastecimiento Población	3
Activo	Agrícola	184
Activo	Ganadero	2
Activo	Industrial	5
Activo	Minería y Petróleo	2
Activo	Refuerzo de dotación	3
Total		199

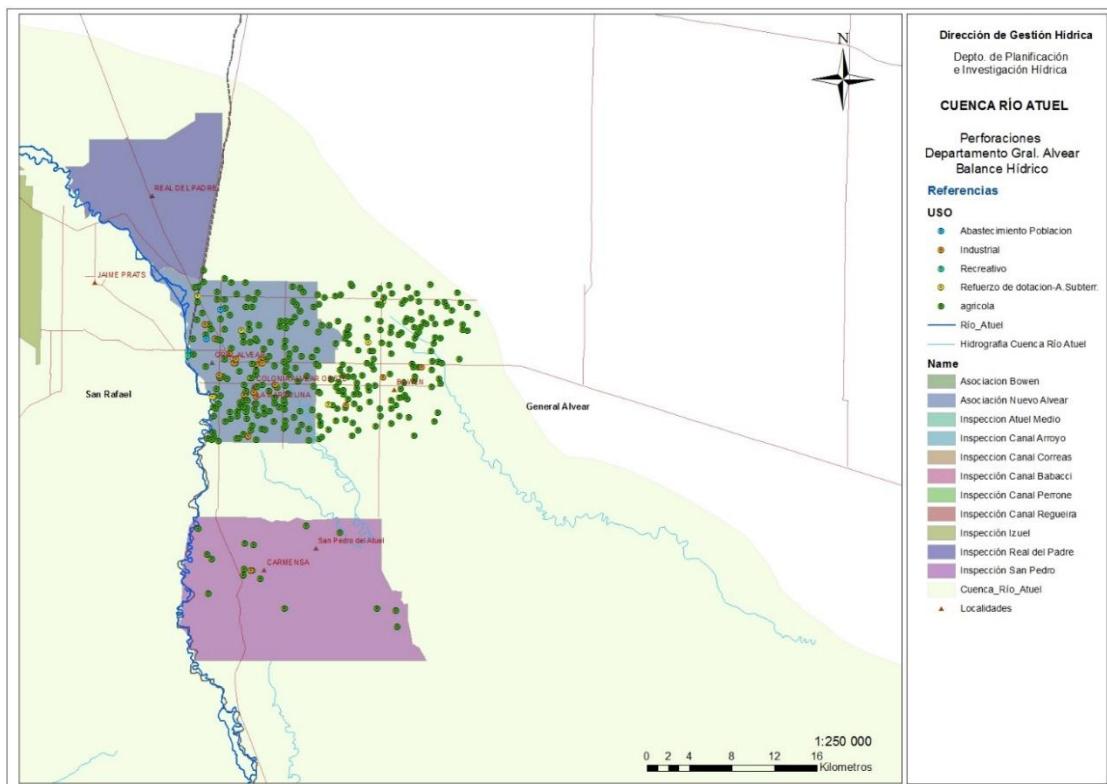
<sup>4</sup>No pudieron ubicarse 49 perforaciones por carecer de nomenclatura catastral

**Distrito Ciudad.**

Estado	Uso	Cantidad de Perforaciones
Activo	Abastecimiento Población	12
Activo	Agrícola	159
Activo	Industrial	17
Activo	Minería y Petróleo	2
Activo	Recreativo	1
Activo	Refuerzo de dotación	4
	Total	195

**Distrito de San Pedro.**

Estado	Uso	Cantidad de Perforaciones
Activo	Abastecimiento Población	1
Activo	Agrícola	25
Activo	Común o Doméstico	1
Activo	Industrial	1
	Total	28



Fuente: Elaboración propia DGI 2017

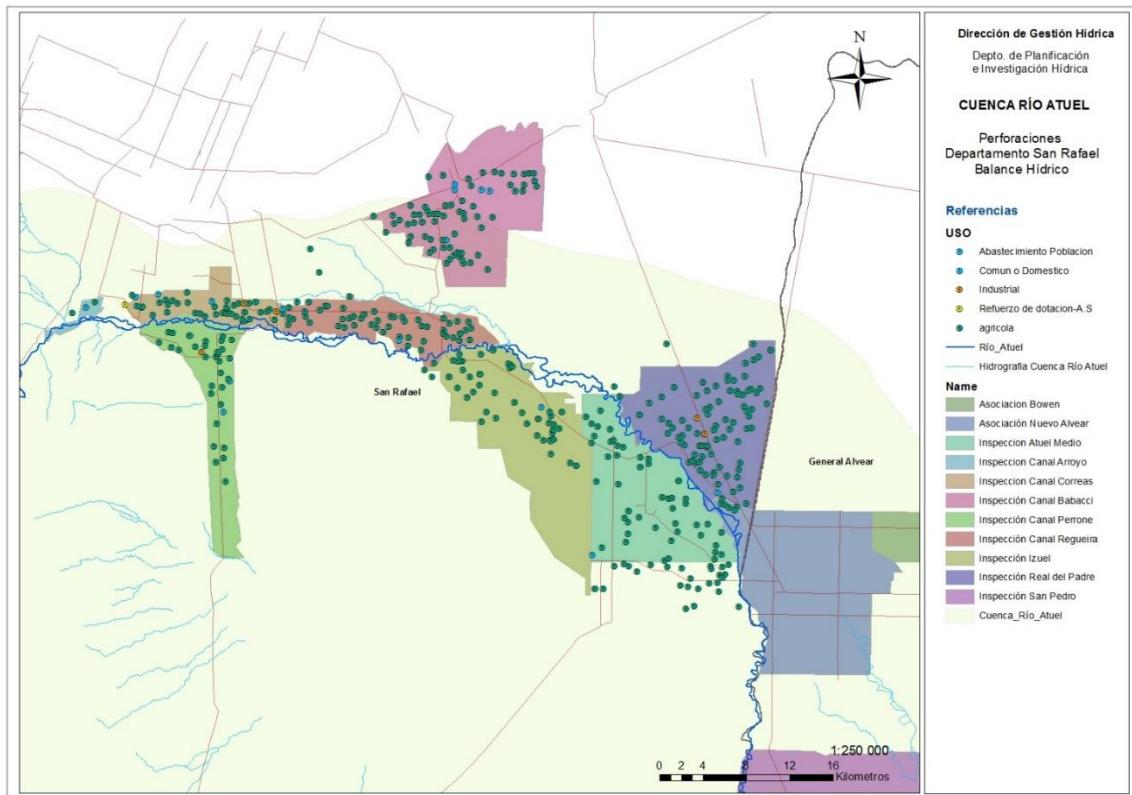
**Figura 4.3: Perforaciones área Gral. Alvear. Unidades administrativas de manejo de Uso conjunto. Cuenca río Atuel.**

**Tabla 4.3: Perforaciones existentes en distritos del departamento de San Rafael y uso declarado.<sup>5</sup>**

<b>Distrito de Cañada Seca</b>		
<b>Estado</b>	<b>Uso</b>	<b>Cantidad de Perforaciones</b>
Activo	Abastecimiento Población	1
Activo	Agrícola	96
Activo	Común o Domestico	5
Activo	Industrial	3
Activo	Refuerzo de dotación	1
Total		106
<b>Distrito de Goudge</b>		
<b>Estado</b>	<b>Uso</b>	<b>Cantidad de Perforaciones</b>
Activo	Agrícola	24
Total		24
<b>Distrito de Jaime Prats</b>		
<b>Estado</b>	<b>Uso</b>	<b>Cantidad de Perforaciones</b>
Activo	Agrícola	59
Activo	Común o Domestico	1
Total		60
<b>Distrito de La Llave</b>		
<b>Estado</b>	<b>Uso</b>	<b>Cantidad de Perforaciones</b>
Activo	Abastecimiento Población	1
Activo	Agrícola	43
Activo	Común o Domestico	4
Total		48
<b>Distrito de Malvinas</b>		
<b>Estado</b>	<b>Uso</b>	<b>Cantidad de Perforaciones</b>
Activo	Abastecimiento Población	1
Activo	Agrícola	32
Activo	Común o Domestico	1
Activo	Industrial	1
Total		35
<b>Distrito de Rama Caída</b>		
<b>Estado</b>	<b>Uso</b>	<b>Cantidad de Perforaciones</b>
Activo	Común o Domestico	1
Activo	Agrícola	2
Total		3
<b>Distrito de Real del Padre</b>		
<b>Estado</b>	<b>Uso</b>	<b>Cantidad de Perforaciones</b>
Activo	Abastecimiento Población	1
Activo	Agrícola	88
Activo	Industrial	3
Total		92
<b>Distrito de Villa Atuel</b>		
<b>Estado</b>	<b>Uso</b>	<b>Cantidad de Perforaciones</b>

<sup>5</sup> No pudieron ubicarse 67 perforaciones por carecer de nomenclatura catastral

Activo	Abastecimiento Población	1
Activo	Agrícola	91
Baja	Agrícola	3
Activo	Industrial	2
	Total	97



Fuente: Elaboración propia DGI 2017

**Figura 4.4: Perforaciones área San Rafael. Unidades administrativas de manejo de Uso conjunto. Cuenca río Atuel.**

En los siguientes apartados se profundiza sobre la demanda hídrica en la cuenca del río Atuel y para ello se presenta un análisis de los padrones de aguas superficiales 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 (el clima general se ha descripto en el Capítulo 2) 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 hídrico presente en la cuenca del río Atuel.

## 2-Análisis del padrón de aguas superficiales

### 2.1- Superficie empadronada y categorías de derecho

El análisis del padrón de aguas superficiales 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 julio 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 4.4 se presenta por UAM las superficies empadronadas según categoría y uso

**Tabla 4.4: Superficies empadronadas y categorías de empadronamiento por UAM.**

Unidad administrativa de manejo	Nombre del Cauce	Definitivo	Eventual	Sobrante	Permiso precario	Uso público	Abastecimiento Poblacional
Asoc. Atuel medio	C³ Atuel Sud	6329	3999		1	0	
	C³ Mz. Jauregui	5766			96		
	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama Christophersen	3542	289	67		18	
	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama Dr. Bosch	2728	695	932			
Asoc. Bowen	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama Moss -Los Ángeles	4148	93				
	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama Ole Aaset	2538					
	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama Los Campamentos		1095				
	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama Auxiliar Centro	2629				14	
	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama Centro Viejo	1387				23	
	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama La Marzolina	1477					
Asoc. Nuevo alvear	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama Norte	2620	5				
	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama 3	4527	31				
	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama Hijuela Zangrandi	922				2	
	C³ Mz. Nuevo Alvear - Rama Tijera Unificada	635			7	22	100
Cañon del atuel	Insp. Cañon del Atuel				116		
Insp. C³ Arroyo	C³ Arroyo	395			6		
Insp. C³ Babacci	C³ Mz. Ing. Babacci	0	8113		226	2	
Insp. C³ Correa	C³ Correas	2454	201	33			
Insp. C³ Perrone	C³ Mz. Perrone	5334					
Insp. C³ Regueira	C³ Regueira	3337	1975				
Insp. Izuel	C³ Mz. Izuel	4913	3782		219	2	
Insp. Real del padre	C³ Real del Padre	0	11479			0	
Insp. C³ San Pedro	C³ San Pedro	5	12818			16	
	Río Atuel				76		
	C³ Bousquet	4813					
	Concesión Krkraft y Boers		80				
Subdelegación río Atuel	C³ Mz. Nuevo Alvear - Hij Los Claveles directa	394	17		160		
	C³ Arabia	120					
	Embalse el Nihuil				5		
	Concesión El Sosneado		546			12	
	Concesión Bombal	500					
	Río Salado	1877			14		
	Actualizado en Julio de 2016. Catastro de la Subdelegación río Atuel.	64487	44123	1032	925	112	100

Fuente Subdelegación Aguas del río Atuel.

## 2.2- Resumen de superficies empadronadas

La siguiente Figura muestra los porcentajes de los distintos empadronamientos que posee la cuenca del río Atuel. En dicha figura se observa que el mayor porcentaje de superficie empadronada lo obtienen los derechos definitivos (58,21%) y eventuales (39,83 %) que en conjunto alcanzan un 98,04 %.

El abastecimiento poblacional alcanza el 0,09 % y se ubica en la Rama Pueblo, cuyo destino es la planta potabilizadora de agua de la ciudad de General Alvear. El resto de las localidades de la cuenca tienen perforaciones de agua subterránea para el abastecimiento de agua potable.

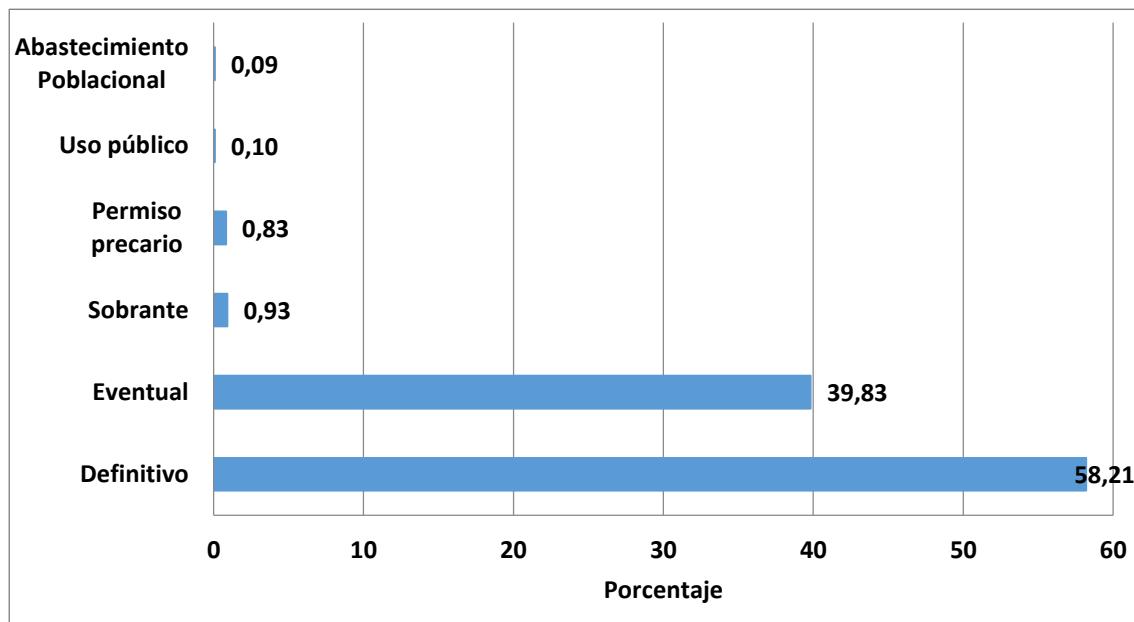


Figura 4.5: Superficie empadronada según categoría de derecho. Cuenca del río Atuel.

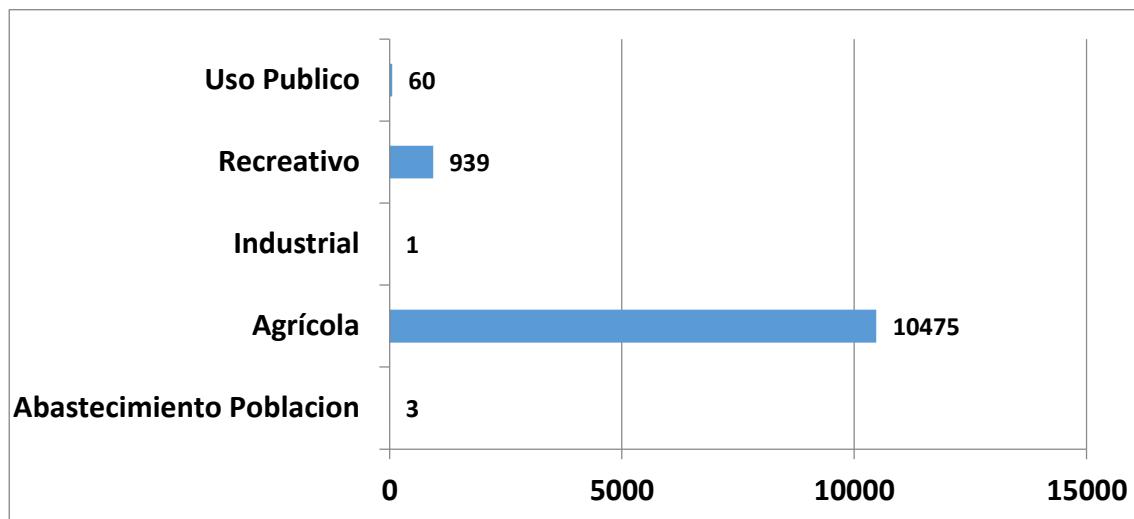


Figura 4.6: Cantidad de padrones según tipo de uso. Cuenca del río Atuel.

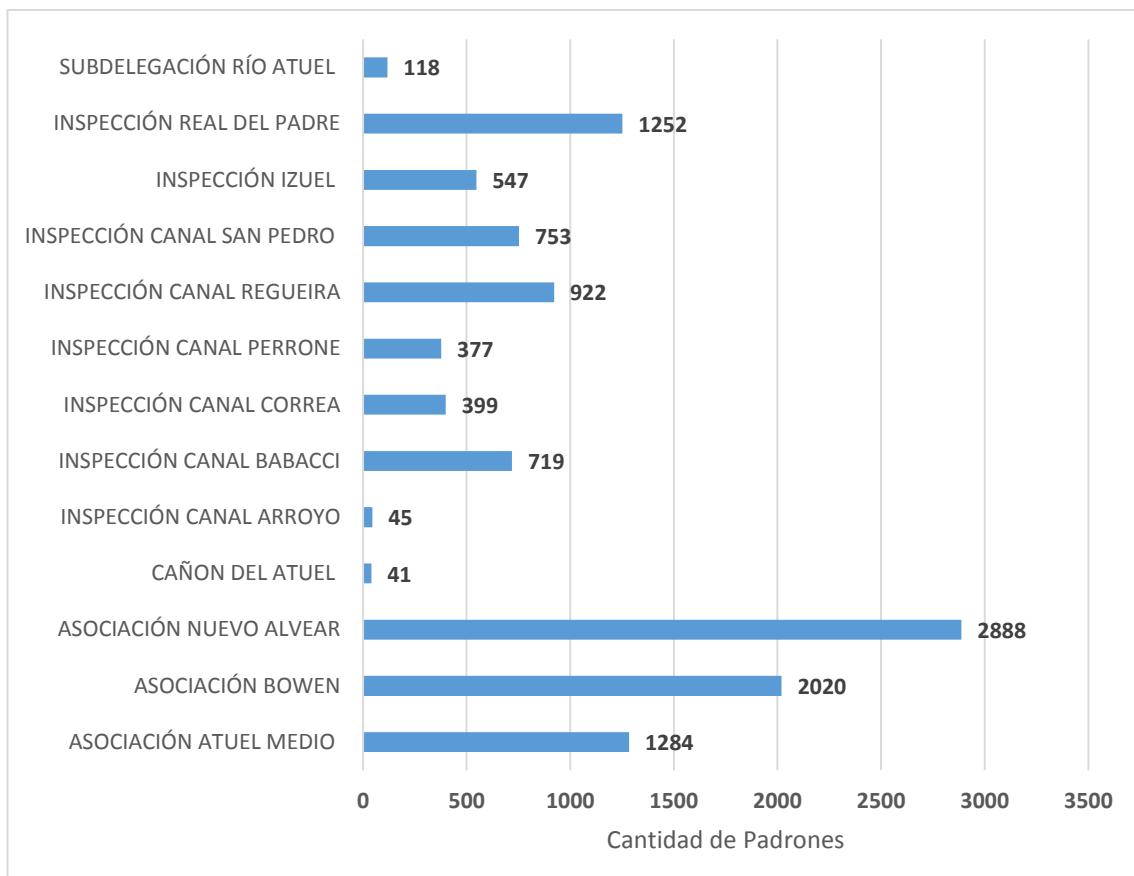


Figura 4.7: Cantidad de padrones por Unidad Administrativa de Manejo. Cuenca del río Atuel

### 3- Caracterización de los usos del suelo (hídrico)

A los efectos de la caracterización de la demanda es fundamental determinar las superficies concesionadas para cada tipo de uso hídrico, 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 en el apartado anterior y se procedió al procesamiento de los datos clasificándolos de acuerdo a las UAM previamente determinadas por el equipo de trabajo. En el anexo II se presenta el procesamiento de información y los resultados obtenidos en forma ampliada

La superficie total empadronada (110778 ha) surge de considerar todos los empadronamientos vigentes activos al mes de Julio de 2015, 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.

#### 3.1- 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 sus especialidades. Para ello en las áreas agrícolas el uso del suelo se ha

caracterizado por cultivos representativos a efectos de establecer la célula de cultivo<sup>6</sup> 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 subcuencas, superior e inferior del río Tunuyán y en la cuenca del río Mendoza.

## **Metodología empleada para la determinación de usos del suelo**

Se trabajó con el mosaico parcelario catastral proveniente de la Dirección Provincial de Catastro y la información registral del DGI, 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. En forma complementaria se realizó un trabajo de teledetección con el que se diferenciaron los distintos usos de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes (percepción remota) y se analizaron 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.

A modo de establecer una metodología de trabajo para la determinación de los usos de la tierra, se citan las siguientes actividades:

Sistematización de los datos alfanuméricos provenientes de la Base Catastral de la DPC y la base de datos Registrales del DGI, en una única base que tomó como campo relacional la Nomenclatura Catastral.

Los datos que se utilizaron para establecer los diferentes usos del suelo y para calcular las células de cultivo por Unidad Administrativa 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.

Las categorías utilizadas para discriminar los usos de suelo de cada parcela fueron: sistematizado para riego, rotación, vegetación espontánea bajo riego, vegetación natural, antropizado, frutal, forestal, olivo, vid, hortícola, siembra y pastura.

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.

Se generó un muestreo del total de los cultivos en rotación y sin producción para luego proceder a una validación de estos y determinar si se trataba de estos cultivos o correspondía a otro uso.

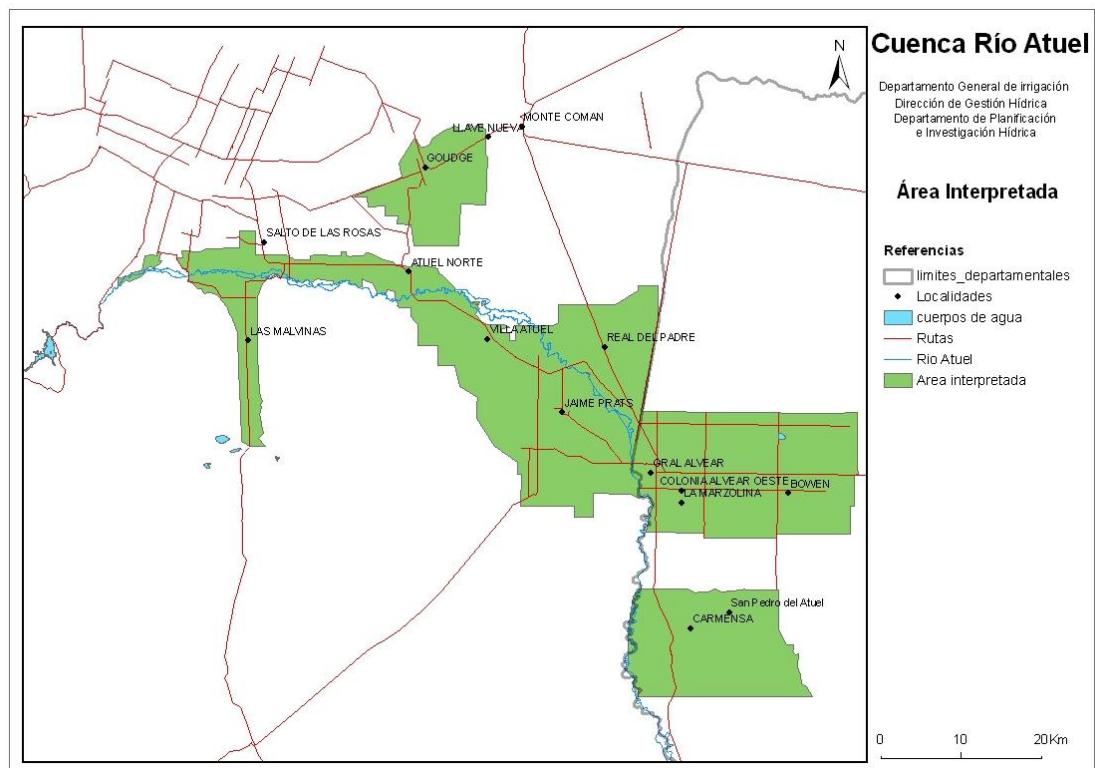
Se generó un muestreo aleatorio de toda la cuenca, para luego realizar la matriz de confusión, como herramienta de validación del trabajo de determinación de usos del suelo.

Se realizó una nueva interpretación visual de una muestra (400 parcelas aproximadamente) que habían sido clasificadas como rotación y sistematizadas para riego que contaban con nuevas imágenes satelitales (2016) de las que no se disponía al momento de la interpretación visual original para identificar la verdadera superficie cultivada con pasturas<sup>7</sup>.

---

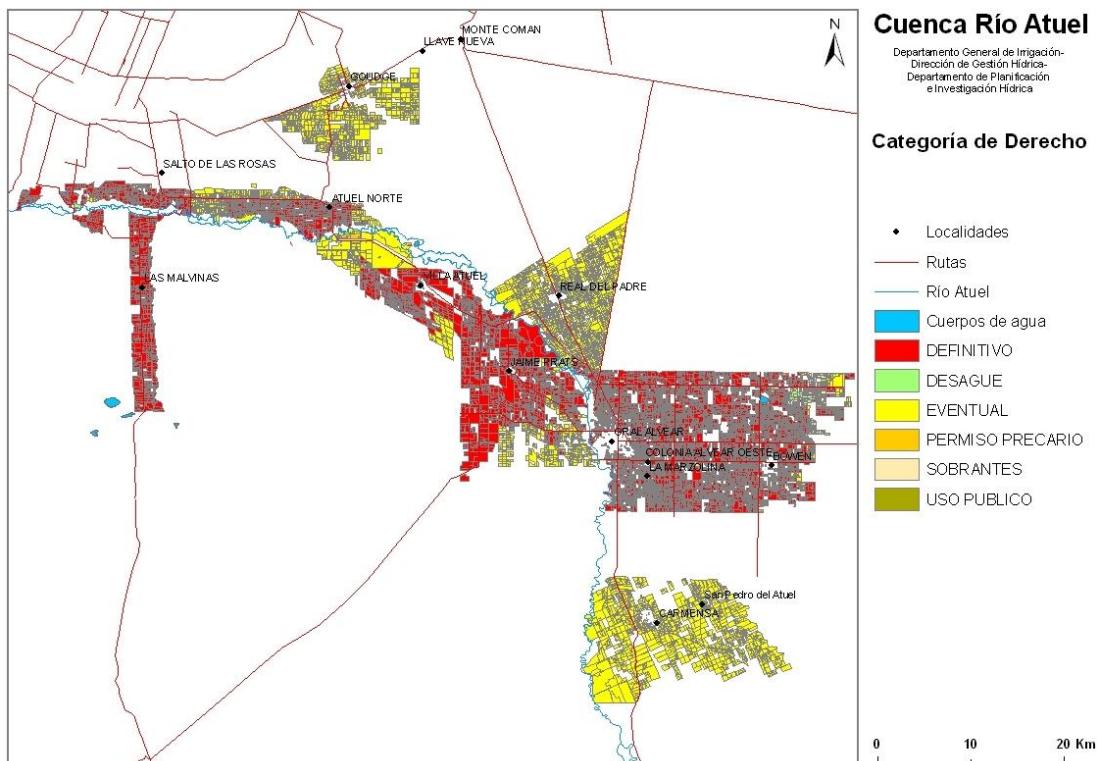
<sup>6</sup> Célula de cultivo: representa la composición porcentual de cada clase de cultivo en una determinada área. En este informe se establece la célula de cultivo (porcentual) en cada UAM. Las células de cultivo de cada unidad de manejo pueden ser consultadas en los Anexos.

<sup>7</sup> Metodología y resultados sobre la categoría de usos de suelo: pastura. Cuenca río Atuel.- Ferrer, J; Simón, V; Roselló, M.



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

**Figura 4.8: Área Interpretada. Cuenca del río Atuel.**



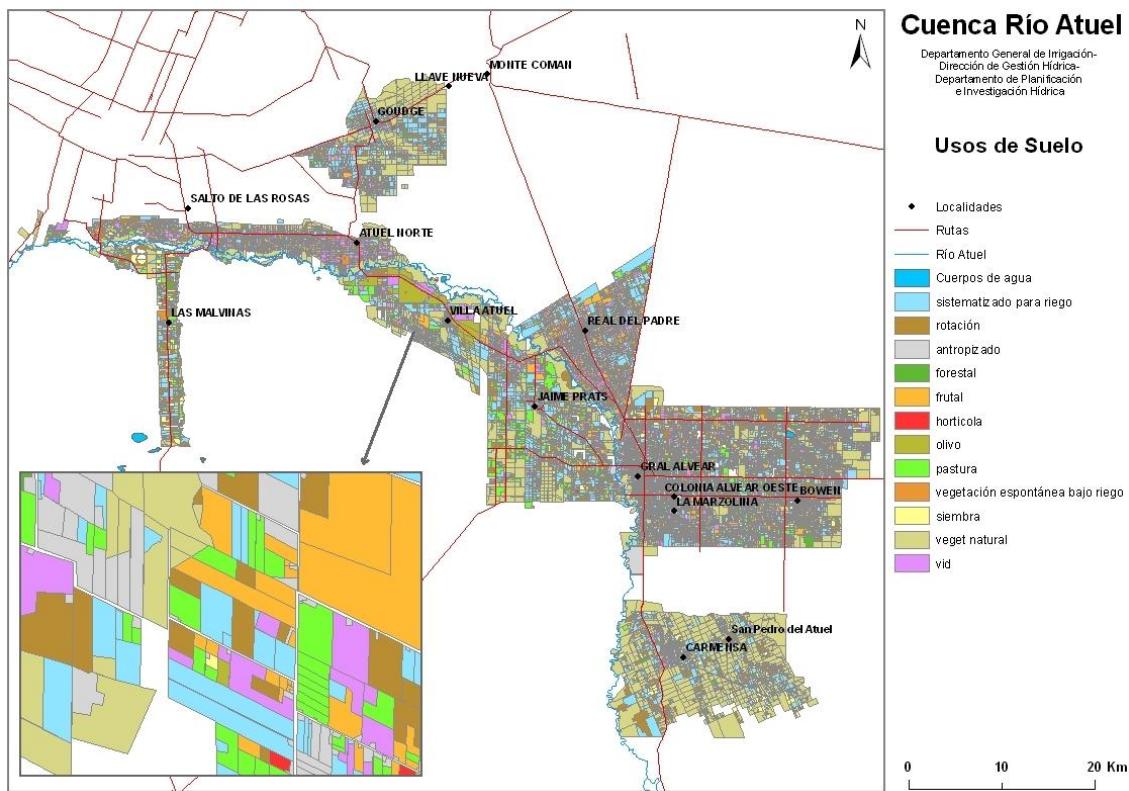
Fuente: Elaboración propia DGI 2017. Dirección de gestión Hídrica- Departamento de Planificación e Investigación Hídrica.

**Figura 4.9: Categoría de derecho. Cuenca del río Atuel.**

En la siguiente tabla se definen los diferentes usos del suelo que se interpretaron en las imágenes satelitales, representados en el mapa de la Figura 4.10.

**Tabla 4.5: Usos de la tierra referenciales según su tipo, interpretados a través de las imágenes satelitales.**

USO	TIPO	DESCRIPCION
AGRÍCOLA	Sistematizado para riego	Fincas o cuarteles que han sido cultivados, donde se observa nivelación y sistematización para riego que al momento de la interpretación se encuentra en descanso
	Rotación	Fincas o cuarteles sistematizados para riego, pero a diferencia del anterior, han sido cultivados en los últimos cinco años
	V.E.B.R. Vegetación espontánea bajo riego:	Parcelas en donde no se observan trabajos agronómicos, pero que de todas maneras son regadas para favorecer el crecimiento de la vegetación espontánea de uso pastoril y además se observa la presencia de animales pastando o signos de ello.
	Forestal	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de especies forestales. En este caso para determinar la demanda se toma como especie de referencia al álamo
	Hortaliza	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de especies hortícolas. En este caso para determinar la demanda se toma como especie de referencia al tomate para verano y lechuga para invierno.
	Frutal	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de frutales. En este caso para determinar la demanda se toma como especie de referencia al ciruelo.
	Olivo	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de olivos. Por su diferente demanda con respecto a otros frutales y la superficie cultivada es que se lo coloca en una categoría a parte
	Siembra/ Rastrojo	Para determinar la demanda dentro del balance hídrico se toma como especie de referencia al ajo
	Pastura	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de pasturas. En este caso para determinar la demanda se toma como especie de referencia a la alfalfa
NO AGRÍCOLA	Vid	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de vid. No se distingue si es vid en espaldero o parral, como así también entre los diferentes fines.
	Antropizado	Se hace referencia a las represas, viviendas, galpones, industrias, escuelas, ejes de circulación
	Vegetación Natural	Se hace referencia a la vegetación natural de la Provincia Fitogeográfica del Monte



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

**Figura 4.10: Usos del suelo. Cuenca río Atuel.**

**Tabla 4.6: Síntesis de los usos de la tierra identificados según interpretación**

Usos identificados por percepción remota	Parcelas c/ derecho de riego superficial		Parcelas sin derecho de riego superficial		Total	
	%	Ha	%	Ha		
Sin producción	Sistematizado para riego + vegetación natural	78%	35407.05	92%	16855.85	52262.90
	Rotación	22%	9945.50	8%	1489.69	11435.19
	<b>Total sin producción</b>	100%	45352.56	100%	18345.54	63698.09
Uso agrícola	Forestal	2%	1281.58	9%	238.69	1520.27
	Frutal	29%	16418.39	25%	666.37	17084.76
	Hortícola	1%	678.00	1%	30.80	708.81
	Olivo	5%	2708.09	9%	248.66	2956.75
	En producción	27%	14920.39	17%	460.00	15380.40
	Pastura	6%	3542.33	-	-	-
	Vegetación espontánea bajo riego	7%	4199.51	18%	466.59	4666.10
	Siembra	22%	12335.03	20%	531.68	12866.71
	<b>Total cultivado</b>	100%	56083.33	100%	2642.80	58726.13
<b>Total uso agrícola (ha)</b>		101435.89		20988.34	122424.22	

	Antropizado	88%	713.12	3%	1050.34	1763.46876
	Uso público	12%	99.69	-	-	99.69
Uso no agrícola	Superficie de UAM sin derecho	-	-	97%	29584.34	29584.34
<b>Total uso no agrícola (ha)</b>			813	30634.68		
<b>Total</b>			102248.71	51623.02		
				153871.72		

### **3.1.1- Información agregada por unidad administrativa de manejo. Células de cultivo por UAM.**

La información de los cultivos existentes en cada parcela fue agregada para cada UAM obteniendo así los totales de cada una de las clases de uso del suelo agrícola mencionadas anteriormente. A partir de esa información se obtuvo el porcentual de cada uso referido al total, definiendo así las células de cultivo.

En la siguiente tabla se exponen cada una de las células de cultivo por UAM con y sin derecho de agua superficial.

Tabla 4.7: Célula de cultivo por Unidad Administrativa de Manejo. Cuenca del río Atuel.

UAM	% Sistematizado p/riego	% Rotación	% Forestal	% Frutal	% Hortícola	% Olivo	% Pastura	% Siembra	% VEBR	% Vid	Total UAM	Uso Público (ha)
As. Atuel Medio	37.6	10.3	0.7	15.3	0.8	0.2	20.1	1.3	4.0	9.8	100.0	0.46
As. Bowen	25.0	11.9	1.3	24.8	0.2	0.1	19.0	4.7	0.7	12.4	100.0	18.28
As. Nuevo Alvear	27.0	11.4	0.8	25.2	1.5	0.2	8.8	3.5	4.1	17.4	100.0	60.46
Ins. Canal Arroyo	0.0	0.0	14.6	19.8	2.1	10.2	4.9	2.5	0.0	46.0	100.0	
Ins. Canal Babacci	48.5	6.8	1.2	11.1	1.2	2.2	12.7	1.3	4.5	10.5	100.0	2.39
Ins. Canal Correas	26.7	26.3	0.6	17.5	1.1	0.8	2.0	5.3	0.0	19.7	100.0	
Ins. Canal Perrone	25.0	10.2	1.6	2.2	0.4	0.0	36.1	17.5	6.6	0.3	100.0	
Ins. Canal Reguerira	29.9	7.3	0.3	18.8	1.4	6.0	3.2	0.3	2.4	30.3	100.0	
Ins. Izuel	42.3	7.6	0.9	4.6	0.2	22.5	9.8	0.5	2.8	8.7	100.0	
Ins. Real del Padre	32.7	9.6	1.4	26.8	0.4	0.7	5.2	2.3	3.7	17.2	100.0	0.20
Ins. San Pedro	49.9	6.2	2.2	2.9	0.1	0.0	20.9	9.6	5.3	2.7	100.0	16
Cons. Boers y Kraft	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	

### 3.2- 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.

#### 3.2.1- Demanda de agua para uso poblacional

En la cuenca del río Atuel, y la ciudad cabecera de General Alvear, la demanda para uso poblacional se abastece mediante agua superficial procedente del río Atuel, captada a través de la red de riego desprendida del mismo río. No obstante, se ha reforzado con perforaciones a las villas distritales, tanto de los departamentos de General Alvear, como de San Rafael.

Los derechos empadronados con aguas superficiales comprenden a usuarios empadronados cuyo destino es el riego de arbolado público de calles y plazas de centros urbanos, y en el caso de abastecimiento poblacional corresponde al equivalente en superficie para abastecer a la ciudad de General Alvear.

**Tabla 4.8: Derechos empadronados de agua superficial para usos no agrícolas.**

Nombre del Cauce	Uso público (ha)	Abastecimiento Poblacional (ha)	Fuerza Motriz (ha)
Río Atuel	12.20		369671
Canal Matriz Ing. Babacci	2.40		
Canal Matriz Izuel	1.91		
Canal Atuel Sud	0.46		
Canal San Pedro	16.00		
Concepción El Sosneado	12.20		
Canal Real del Padre	0.20		
Canal Matriz Nuevo Alvear - Rama Centro Viejo	23.18		
Canal Matriz Nuevo Alvear - Rama Tijera Unificada	21.78	100	
Canal Matriz Nuevo Alvear - Rama Auxiliar Centro	13.60		
Canal Matriz Nuevo Alvear - Rama Christophersen	18.28		
Canal Matriz Nuevo Alvear - Rama Hijuela Zangrandi	1.90		
<b>TOTAL (Abril 2015)</b>	<b>124.11</b>	<b>100</b>	<b>369671</b>

Del cuadro anterior se observa que el 99,94 % corresponde a Fuerza Motriz (generación hidroeléctrica del complejo Nihuil) y que el 0,06 % corresponde a Uso público y Abastecimiento poblacional.

#### Derechos empadronados con Aguas Subterráneas

El aprovechamiento del agua subterránea para un destino diferente al uso agrícola, se categoriza en abastecimiento de población y se utiliza para proveer de agua a distribuidores de agua potable, común o doméstico. Este uso 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.

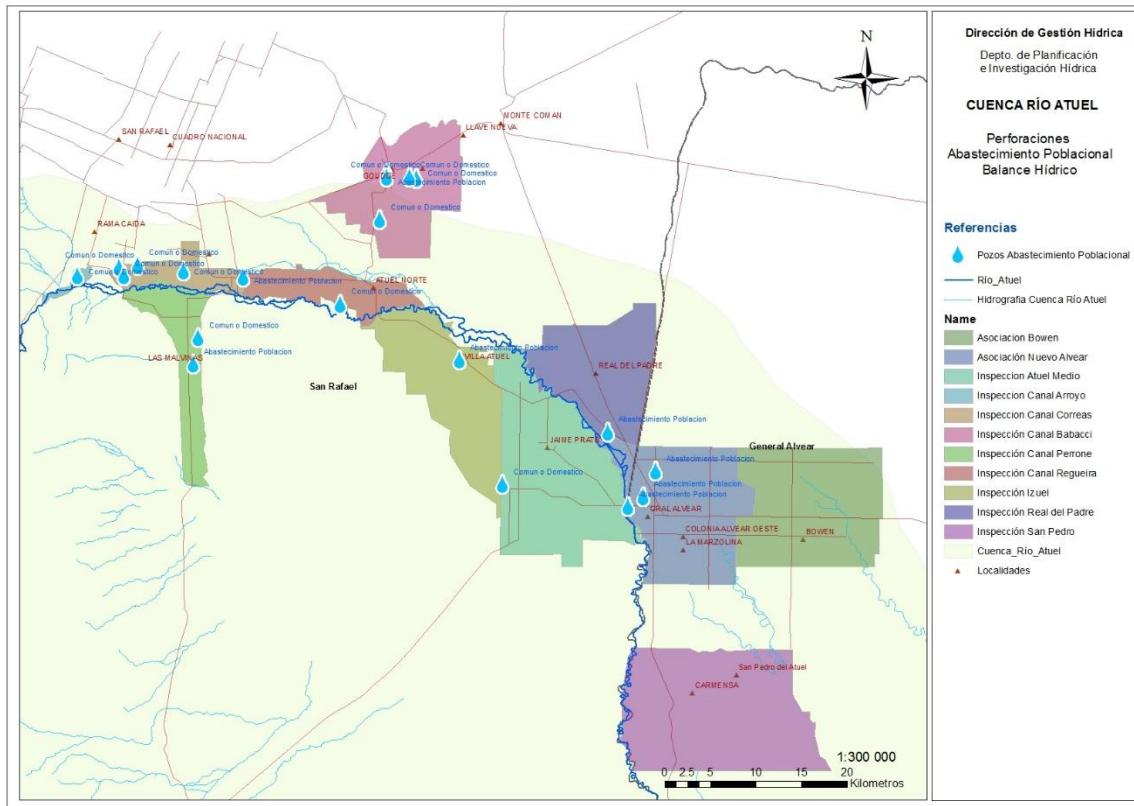


Figura 4.11: Perforaciones empadronadas para Abastecimiento Poblacional.

Tabla 4.9: Perforaciones de agua subterránea en el departamento de General Alvear.

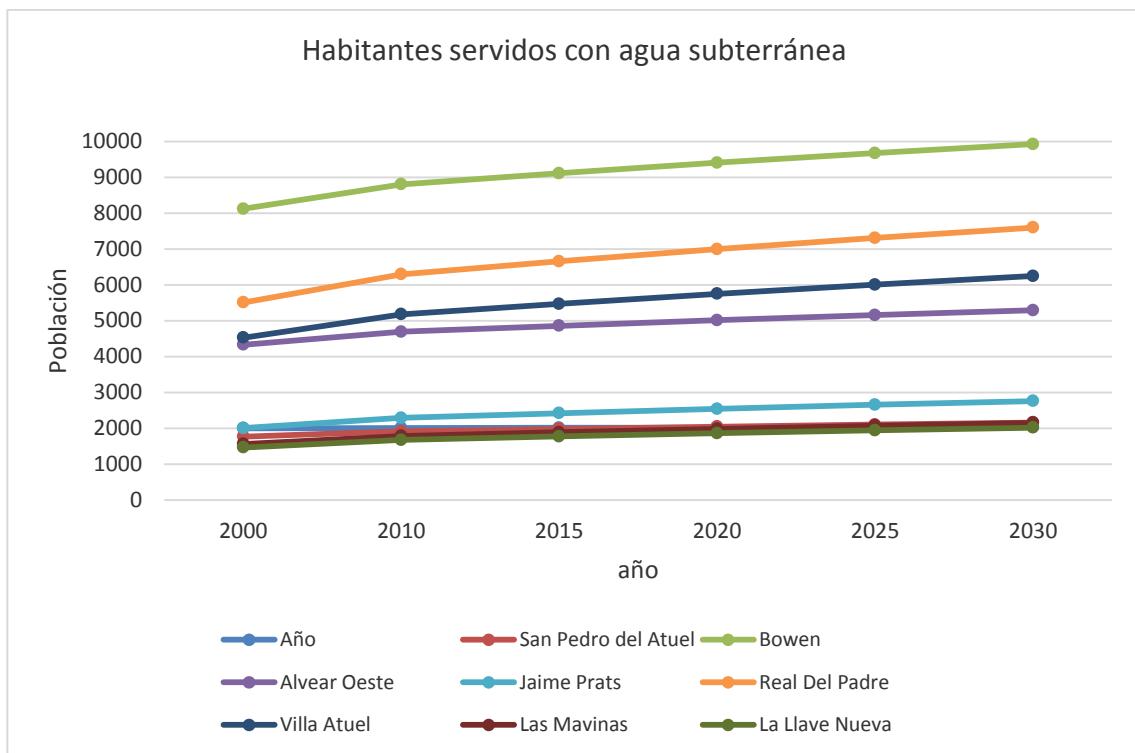
Pozo Nº	Titular	Distrito	Uso
137	D. Arquitectura M.Azcuena	Ciudad	Abastecimiento Población
460	AySAM S.A.	Ciudad	Abastecimiento Población
465	AySAM S.A.	Ciudad	Abastecimiento Población
11	Municipalidad de General Alvear	Ciudad	Industrial
39	Cirexa S.A.	Ciudad	Industrial
42	Las Acacias establecimiento Vitivinicola S.A.	Ciudad	Industrial
43	La Sureña Destileria S.A.I.C.A.F.	Ciudad	Industrial
73	Obispado de San Rafael	San Pedro del Atuel	Industrial
76	Scordia S.E.C.P.A.	Ciudad	Industrial
98	Alfa S.A.I.C.	Ciudad	Industrial
107	Fiashe Garacci	Ciudad	Industrial
108	Cooperativa Vitivinifruticola General Alvear Ltda.	Ciudad	Industrial
111	Cepa S.A.	Ciudad	Industrial
200	Soc.Frut.Andina Toyoshima Hnos.	Ciudad	Industrial
226	Inchaurraga Y Cia.S.A.C.F.G.I.	Ciudad	Industrial
329	Giol Bgas.Y Vdos.E.E.I.C.	Ciudad	Industrial
409	Don Basilio S.R.L.	Bowen	Industrial
444	Wang	Bowen	Industrial
451	Cepa S.A.	Colonia alvear	Industrial
452	Fenix S.A.	Ciudad	Industrial
480	Fenix S.A.	Ciudad	Industrial
484	Cofrusur S.A.	Bowen	Industrial
488	Indisa S.A.	Ciudad	Industrial
472	Club Banco Nación Argentina	Ciudad	Recreativo

**Tabla 4.10: Perforaciones de agua subterránea en el departamento de San Rafael**

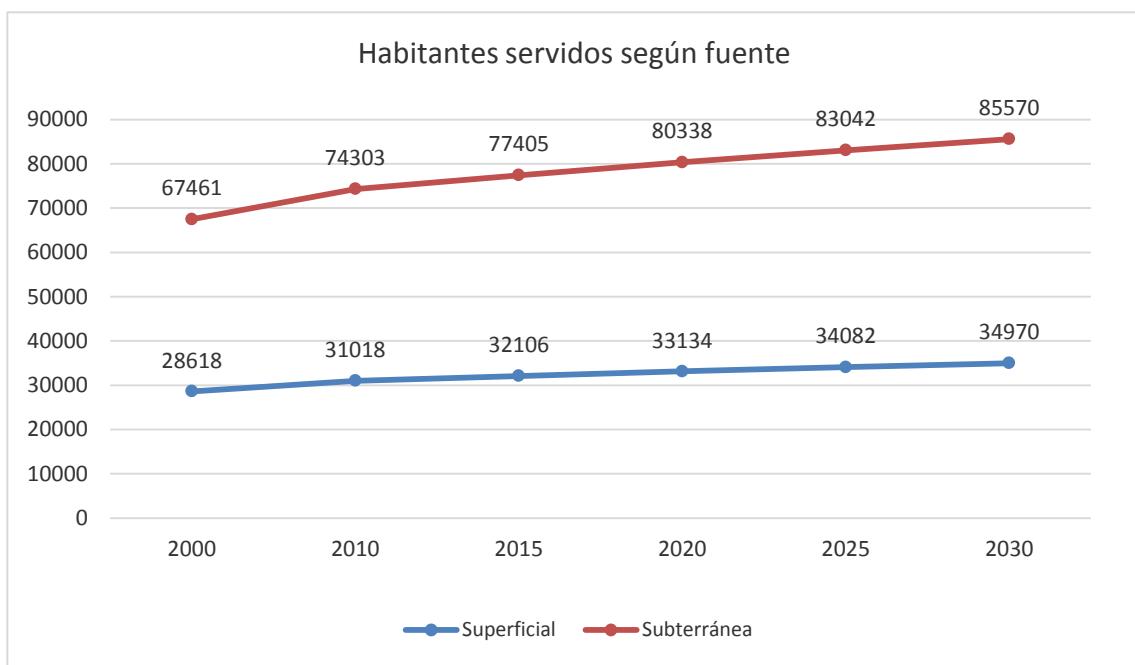
Pozo Nº	Titular	Distrito	Uso
1887	Unión vecinal Calle Larga	Cañada Seca	Abastecimiento Población
1824	Dirección General De Escuelas	La Llave	Abastecimiento Población
1683	AySAM S.A.	Malvinas	Abastecimiento Población
1836	Unión vecinal palermo chico de Real del Padre	Real del Padre	Abastecimiento Población
1920	Goyenechea S.A.	Villa Atuel	Abastecimiento Población
1470	García	Cañada Seca	Común o Doméstico
1632	Elefoso	Cañada Seca	Común o Doméstico
2067	Cassia	Cañada Seca	Común o Doméstico
2206	Caride	Cañada Seca	Común o Doméstico
2258	Berrenechea	Cañada Seca	Común o Doméstico
1955	Arceluz de Salvatierra	Jaime Prats	Común o Doméstico
1757	Morata	La Llave	Común o Doméstico
1758	Briuoli de Bua	La Llave	Común o Doméstico
1869	Fernández	La Llave	Común o Doméstico
2200	Correle	La Llave	Común o Doméstico
1925	Gubernievick	Malvinas	Común o Doméstico
1696	Deblustar Internacional	Rama Caída	Común o Doméstico
131	Fernández	Cañada Seca	Industrial
822	Equity Trust	Cañada Seca	Industrial
1525	G.P.S. S.A.	Cañada Seca	Industrial
2114	Alcalde	Malvinas	Industrial
1017	Redepa S.A.	Real del Padre	Industrial
1108	Dardanelli	Real del Padre	Industrial
1660	Redepa S.A.	Real del Padre	Industrial
76	Villa Atuel S.A.	Villa Atuel	Industrial
81	Villa Atuel S.A.	Villa Atuel	Industrial

### Servicio de provisión y distribución de agua potable

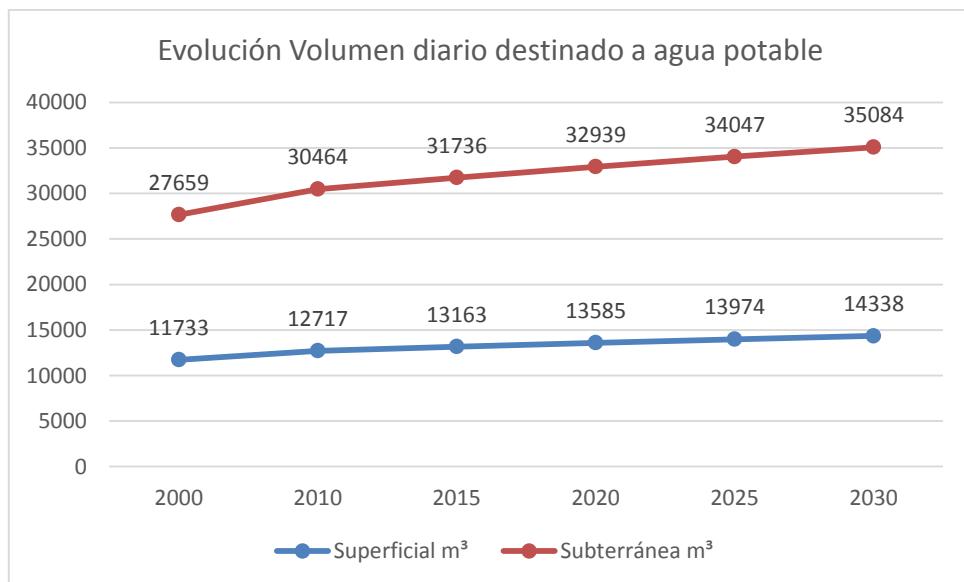
El servicio de potabilización y distribución de agua potable lo realiza mayoritariamente la Empresa Agua y Saneamiento Mendoza (AYSAM), en menor proporción, participan el Municipio de General Alvear, así como cooperativas de vivienda y uniones vecinales. En estos últimos dos casos se trata, en general, de fuentes subterráneas.



**Figura 4.12: Evolución de la población servida con agua subterránea en la cuenca del río Atuel. Período 2010-2030**



**Figura 4.13: Evolución de la población servida, según fuente, en la cuenca del río Atuel, en cantidad de habitantes. Período 2010-2030**



**Figura 4.14: Evolución del volumen diario del recurso para abastecimiento poblacional en la cuenca del río Atuel, en m<sup>3</sup>/día. Período 2010-2030**

### 3.2.2.- Uso industrial del agua

#### 3.2.2.1- Clasificación y cuantificación del uso del agua en actividades industriales

El uso industrial del agua puede cuantificarse en función de la magnitud de los efluentes líquidos vertidos. En el DGI los establecimientos industriales se encuentran inscriptos en el Registro Único de Establecimientos, RUE, clasificados de acuerdo a su disposición final (es decir, tipo de vuelco) y de acuerdo al volumen de efluente generado.

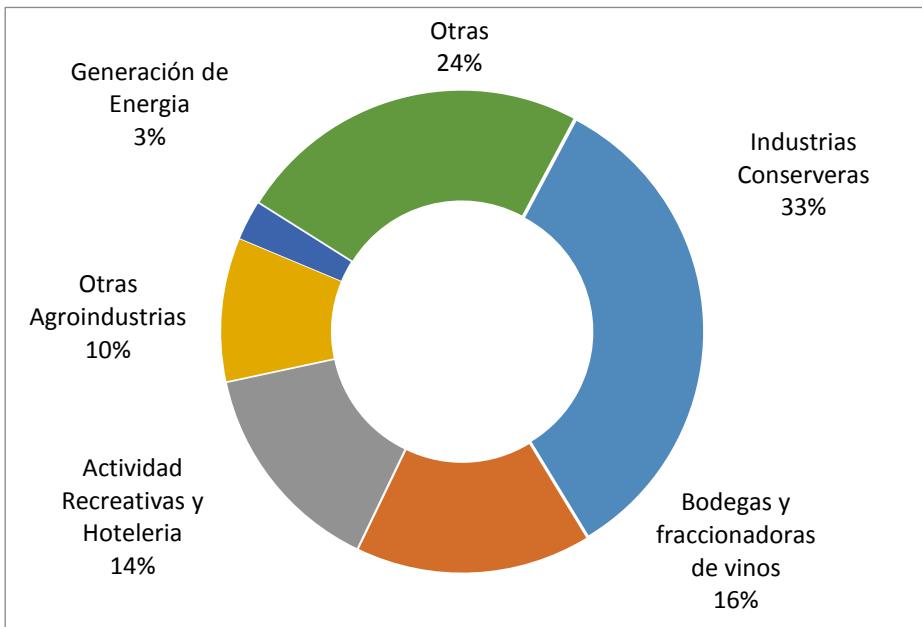
El agua que es tomada de una fuente, ya sea subterránea o superficial, después de pasar por el proceso industrial es destinada, de acuerdo a las buenas prácticas, a vertidos indirecto o directo casi en un volumen similar. En síntesis, el sobrante de agua será utilizado para riego o vuelco a cauce y por lo tanto volverá al sistema.

#### 3.2.2.2- Tipo de establecimientos industriales

En el Tabla 4.11 y Figura 4.15 se presentan las actividades industriales predominantes, y el consumo aproximado. Se destacan los establecimientos conserveros que representan el 33% y los establecimientos vitivinícolas: bodegas, fraccionadoras, elaboradores de espumantes y otras, que representan el 16%. Los, dedicados a otras agroindustrias tales como el triturado de tomate y conservas en general, representan un 10% y los establecimientos con fines recreativos y hotelería representan el 14%. El consumo industrial del agua actual es de 1,91 hm<sup>3</sup>/año.

**Tabla 4.11: Actividades predominantes.**

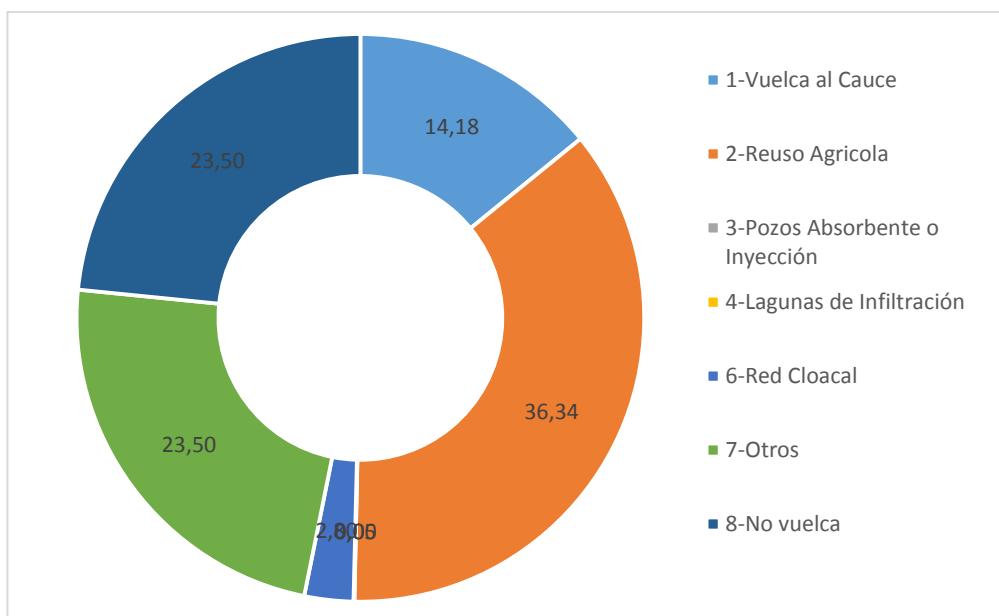
Tipo de actividad industrial	Consumo (m <sup>3</sup> /año)
Industrias Conserveras	642000
Bodegas y fraccionadoras de vinos	303330
Actividad Recreativas y Hotelería	277938
Otras Agroindustrias	185171.5
Generación de Energía	50350
Otras	456566.6
Total	1915356.1



**Figura 4.15: Actividades predominantes en la cuenca del río Atuel, según cantidad de establecimientos.**

### 3.2.2.3- Disposición final de los efluentes industriales – Tipo de vuelco.

En cuanto a la disposición final de los efluentes, aproximadamente el 38 % de los establecimientos inscriptos en el RUE realiza reúso agrícola, es decir que utiliza el efluente industrial tratado para riego de superficies cultivadas, y están inscriptos en la categoría de vuelco indirecto como disposición final de sus efluentes. El 14,6 % están inscriptos en la categoría de vuelco directo, es decir que vierten sus efluentes tratados directamente a cauces superficiales, el 36,4% hace reúso agrícola, y solo el 2,8 % genera efluentes, pero no vuelca a cauce, ni hace reúso agrícola, sino que dispone sus efluentes tratados con otro tipo de disposición como red cloacal, evaporación o retiro por camión autorizado para residuos peligrosos. Estos últimos establecimientos, de acuerdo a sus actividades industriales y por las características de sus procesos productivos, no generan efluentes en forma permanente que pueda causar afectación directa o indirecta al dominio público hidráulico, pero pueden ser una fuente potencial de contaminación.

**Figura 4.16: Porcentaje por tipo de vuelco – Disposición final**

En cuanto al volumen de agua consumida para la actividad industrial, mayoritariamente es de procedencia subterránea y el volumen de efluentes líquidos volcados es aproximadamente similar al volumen consumido. Según lo que marca el Registro Único de Establecimientos, (RUE), se encuentran en la actualidad un total de 193 establecimientos industriales activos, de los cuales 48 reutilizan sus efluentes tratados para riego de cultivos, 31 vuelcan a cauce público, 53 no vuelcan, 53 no hay datos disponibles, 1 vuelca en pozos absorbentes, 1 en laguna de infiltración y 2 corresponden a otros tipos de vuelco.

**Tabla 4.12: Volumen por tipo de vuelco**

Tipo de Vuelco	Volumen (m³/año)
1-Vuelca al Cauce	271644
2-Reuso Agrícola	695948.1
3-Pozos Absorbente o Inyección	0
4-Lagunas de Infiltración	1000
6-Red Cloacal	53600
7-Otros	450020
8-No vuelca	443144
9-Sin datos	449804
<b>TOTAL</b>	<b>1915356.1</b>

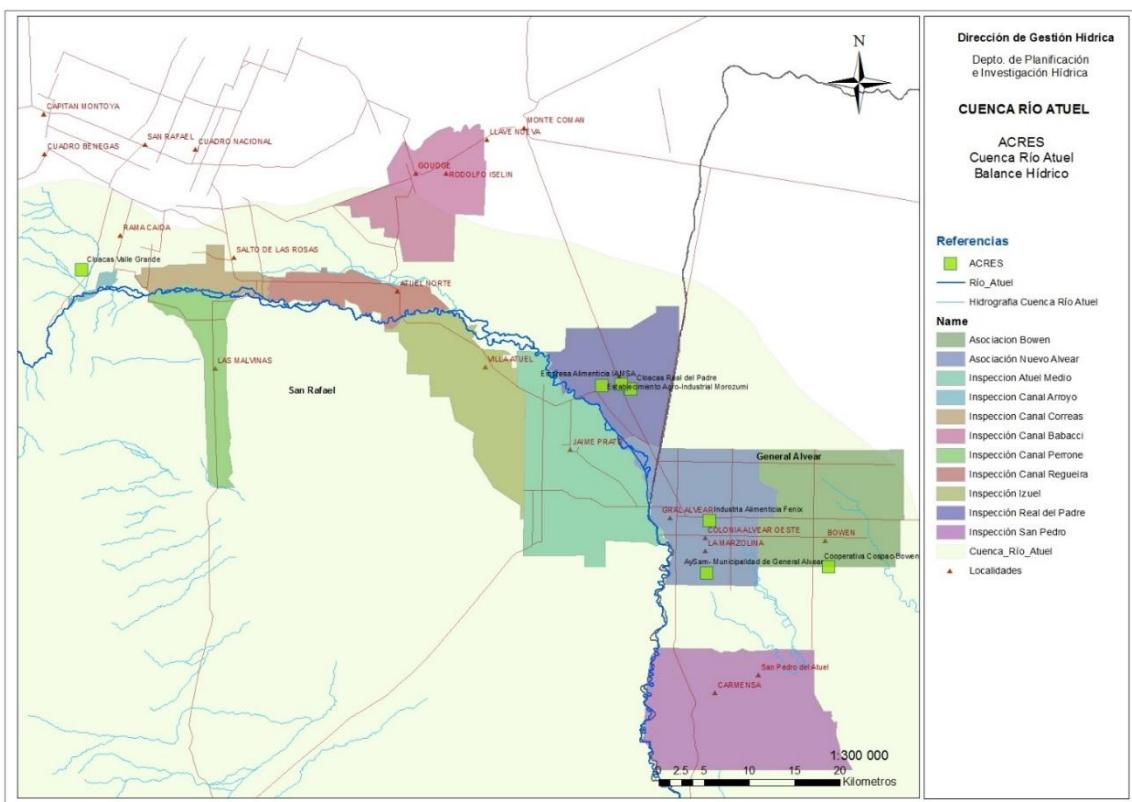
### 3.2.3- Áreas de Cultivos restringidos especiales (ACRE)

Según lo que establece la normativa (Res 400/03 HTA DGI), las zonas en las que se lleva a cabo el reúso agrícola conforman áreas cerradas denominadas ACRE (Área de Cultivos restringidos especiales). En la cuenca del río Atuel hay 10 áreas de reúso, según se listan a continuación. Las mismas se visualizan en la figura 4.17.

**Tabla 4.13: Áreas de Cultivos Restringidos Especiales en la cuenca del río Atuel**

ACRE
AYSAM- Municipalidad Gral. Alvear
Cooperativa Cospac Bowen
Industrias Alimenticias Fenix
Cloacas Real del Padre
Empresa Alimenticia IAMSA
Establecimiento Agro-industrial Morozumi
Cloacas Valle Grande
ACRE Manferro
Planta cloacal El Nihuil
ACRE Las Leñas

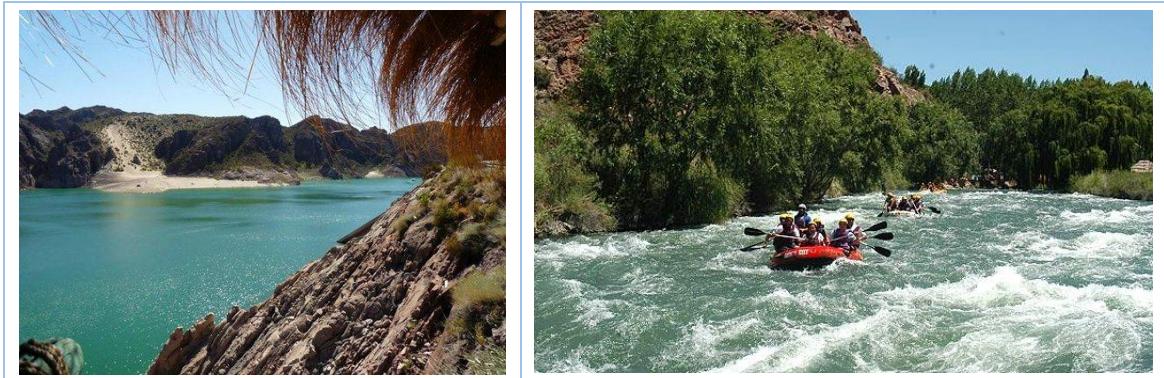
Fuente: Dirección Policía del Agua. Departamento de Recursos Hídricos. 2016

**Figura 4.17: Ubicación de los ACRES en la cuenca del río Atuel.**

### 3.2.4- 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 náuticas se desarrollan a lo largo del río Atuel y también en la presa Valle Grande.

El río Atuel posee un caudal que en algunas épocas del año permite la práctica del rafting, sobre todo en aquellos tramos que las características del río lo permiten, como lo son varios tramos del Cañón del Atuel (Figura 4.18).



**Figuras 4.18: Rafting en el río Atuel, y actividades náuticas en la presa Valle Grande.**

La presa Valle Grande está ubicado sobre el río Atuel y tiene como objeto primordial la regulación de caudales del río Atuel y la generación de energía eléctrica. En forma complementaria a estos objetivos se pueden desarrollar actividades turísticas. La presa cuenta con 508 ha ocupadas por el espejo de agua, 3,5 km de largo, 0,8 km es el ancho máximo, 840 metros de altura máxima sobre el nivel del mar y casi 20 km de costa. Se encuentra a 30 Km al sur de San Rafael, rodeado de montañas que invita a la práctica de toda clase de deportes acuáticos. Rafting, canotaje, kayaking, pesca y windsurf, además del aprovechamiento paisajístico (Figura 4.18).

### 3.2.5- Uso energético

Para la generación de energía eléctrica existen diversas tecnologías, entre las cuales se cuentan las centrales hidroeléctricas y las termoeléctricas. En las primeras se hace uso de una corriente de agua que, gracias a una diferencia de nivel o salto, transforma energía potencial en energía mecánica que es la que mueve los generadores eléctricos. En las termoeléctricas, la energía mecánica para mover los generadores se obtiene a partir de la energía térmica de gases de combustión o bien del vapor. En este último caso, es necesario el recurso hídrico para la generación de vapor y también para el enfriamiento en los condensadores de la central. Tanto en las hidroeléctricas como en las térmicas de vapor, se lleva a cabo la utilización del agua, pero mayoritariamente de forma no consumtiva.

La presa El Nihuil, cuya central se denomina Nihuil I, se encuentra ubicada a la salida de la cuenca del río Atuel. La población más cercana a la presa es la ciudad de San Rafael y su principal uso es la generación de energía. Seguida a esta se encuentra la presa Aisol, cuya central se denomina Nihuil II y se encuentra sobre la cuenca del río Atuel. Posteriormente se encuentra la presa Tierra Blancas, cuya central se denomina Nihuil III, se encuentra ubicada a la salida de la cuenca del río Atuel. Finalmente se encuentra la Valle Grande, cuya central se denomina Nihuil IV y se encuentra a la salida de la cuenca del río Atuel. En la Tabla 4.14 se citan algunas características de las centrales mencionadas.

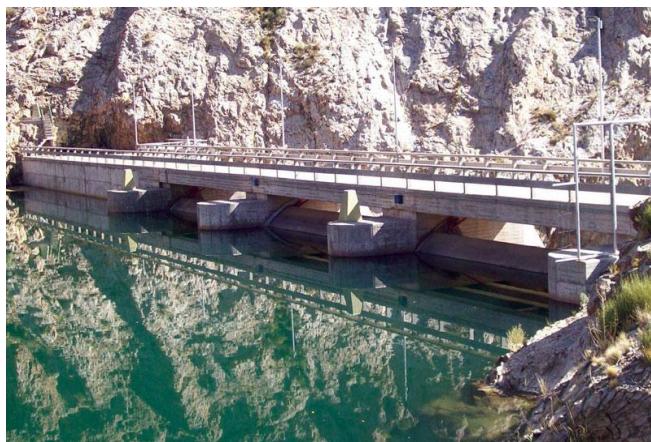
**Tabla 4.14: Uso energético del agua en la cuenca del río Atuel.**

Central (*)	Ubicación	Propietario/ Concesionario	Potencia nominal MW	Caudal m³/s
El Nihuil I	Gral. Alvear	Agua y Energía Eléctrica. S.E.	18.56	35.5
El Nihuil II	Gral. Alvear	Agua y Energía Eléctrica. S.E	131.20	35.5
El Nihuil III	Gral. Alvear	Agua y Energía Eléctrica. S.E	26	35.5
El Nihuil IV	Luján de Cuyo	Hidronihuil S.A.	30	35.5



Fuente: Secretaría de Recursos Hídricos, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, (2010).

**Figura 4.19: Presa El Nihuil. Central Hidroeléctrica El Nihuil I.**



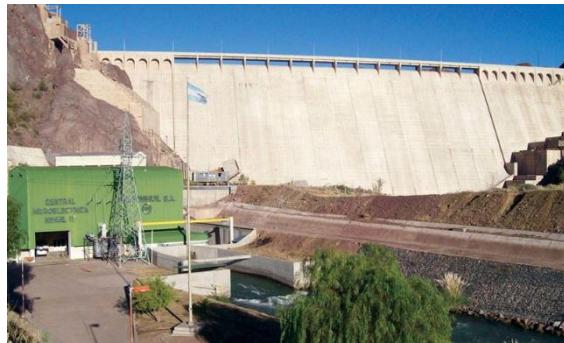
Fuente: Secretaría de Recursos Hídricos, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, (2010).

**Figura 4.20: Presa Aisol. Central Hidroeléctrica El Nihuil II.**



Fuente: Secretaría de Recursos Hídricos, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, (2010).

**Figura 4.21: Presa Tierras Blancas. Central Hidroeléctrica El Nihuil III.**



Fuente: Secretaría de Recursos Hídricos, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, (2010).

**Figura 4.22: Presa Valle Grande. Central Hidroeléctrica El Nihuil IV**

## 4- Contexto climático en la determinación de las demandas hídricas de cultivo

Según Köeppen la cuenca del río Atuel incluye climas de montaña (G) en la cuenca imbrífera del río, al Oeste de la cuenca; BS<sub>kw</sub> (Gb) tipo estepa en el Sur de la cuenca; BW<sub>kw</sub> (a) en el centro y norte y BS<sub>kw</sub> (a) preponderando sobre el resto de los otros tipos climáticos al este de la cuenca, hasta el límite con las provincias de San Luis y La Pampa.

Dentro de la región de la montaña se distinguen los siguientes pisos climáticos: de las altas cumbres; de las altiplanicies o páramos y de los valles profundos. Las condiciones atmosféricas de estos últimos difieren de acuerdo con la orientación (transversal o longitudinal) y la altura a la que se encuentran.

Las diversas unidades del piedemonte provocan que se presenten condiciones climáticas particulares. La depresión del sur o de las Salinas del Atuel y Llancanelo es más seca y cálida que la del centro, pero más húmeda que la del norte. En su extremidad sur comienza el cambio de las precipitaciones estivales a las invernales de la Payunia.

La planicie, al ser más homogénea que la montaña, permite establecer algunos tipos locales o casi locales. En ésta domina la acción de las masas de aire del Atlántico, lo cual favorece las precipitaciones en verano. La planicie posee los caracteres típicos de las regiones situadas a sotavento de grandes cadenas de montañas. Posee escasas precipitaciones y es azotada por vientos como el Zonda. El régimen térmico, de alta concentración estival, tiende a fresco sobre la planicie de la cuenca del río Atuel por la acción más eficiente de las masas de aire de este rumbo.

Los factores climáticos de mayor incidencia económica de la zona bajo riego son las precipitaciones, las heladas y las granizadas.

### 4.1- Elementos del clima en la cuenca del río Atuel

#### 4.1.1- Circulación atmosférica

Toda la región tiene la característica de poseer una estratificación vertical de la atmósfera, que define dos zonas perfectamente diferenciadas. La primera alcanza los 3000 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, ubicada por encima de los 3000 metros, pertenece a la circulación de los vientos del Oeste que irrumpen con ingresos de aire frío y la génesis de ciclones o anticiclones sobre el continente y la ocurrencia de precipitaciones.

#### 4.1.2- Régimen térmico

Los valores térmicos de la zona la caracterizan de continental. La temperatura media del mes más cálido en todas las estaciones observadas no supera los 23,8°C, mientras que la media del mes más frío está por encima de 8°C y se registra en la estación INTA Rama Caída a una altura de 692 m s.n.m.

**Tabla 4.15: Resumen de las principales variables meteorológicas**

Localidad	Tº Máxima °C	Tº Mínima °C	Tº Media Anual °C	HR Media Anual %	Precipitación Media Anual mm
Est. Colonia Alvear	24,3	8,1	15,8	62,2	417
Est. Rama Caída	23	7,1	15,0	53,9	338
Est. Aeropuerto San Rafael	23,1	8,1	15,4	52,8	369

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

Los registros máximos medios más elevados se observan en la estación de Colonia Alvear con 32,3°C durante el mes de enero. Le sigue la estación del Aeropuerto de San Rafael que para el mismo mes registra 31°C. La temperatura mínimas más baja es la registrada en la estación INTA Rama Caída, con 0,3°C en el mes de julio, seguida de la estación Colonia Alvear con una temperatura de 1,1 °C en el mismo mes. Las temperaturas mínimas se registran en el mes de julio y las máximas durante el mes de enero en toda la región.

Los valores máximos de las temperaturas medias se registran en el mes de enero, y los mínimos en julio para todas las estaciones a excepción de Colonia Alvear, donde las mínimas se registran en el mes de junio. Se observa que la amplitud térmica obtenida entre la temperatura máxima del mes de enero y la temperatura mínima media para el mes de julio, arroja valores del orden de 31°C para las estaciones de Colonia Alvear, y Rama Caída; y de 30°C en la estación Aeropuerto San Rafael.

#### 4.1.3- Vientos

En la estación Colonia Alvear los vientos preponderantes soplan desde el cuadrante sur y sur-este. La velocidad media del viento es de 10 km/h, con velocidades máximas de 13 km/h que se alcanzan entre los meses de octubre a diciembre y mínimas de 7 km/h que se registran en el mes de junio.

En la estación Rama Caída la velocidad media del viento es de 8,6 Km/h, con máximas de 11 Km/h en el mes de noviembre y mínimas de 7 Km/h entre los meses de marzo y mayo. El Aeropuerto San Rafael presenta vientos preponderantes del cuadrante sur-este. Le sigue en importancia los vientos provenientes del sur-este. La velocidad media es de 4,9 Km/h y la máxima alcanza los 6 Km/h que se registra desde noviembre a enero, mientras que la mínima es de 4 Km/h entre los meses de marzo y junio.

#### 4.1.4- 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 mientras 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 4.16: Precipitación media anual en las estaciones del área bajo estudio para la serie temporal 1986-2000.**

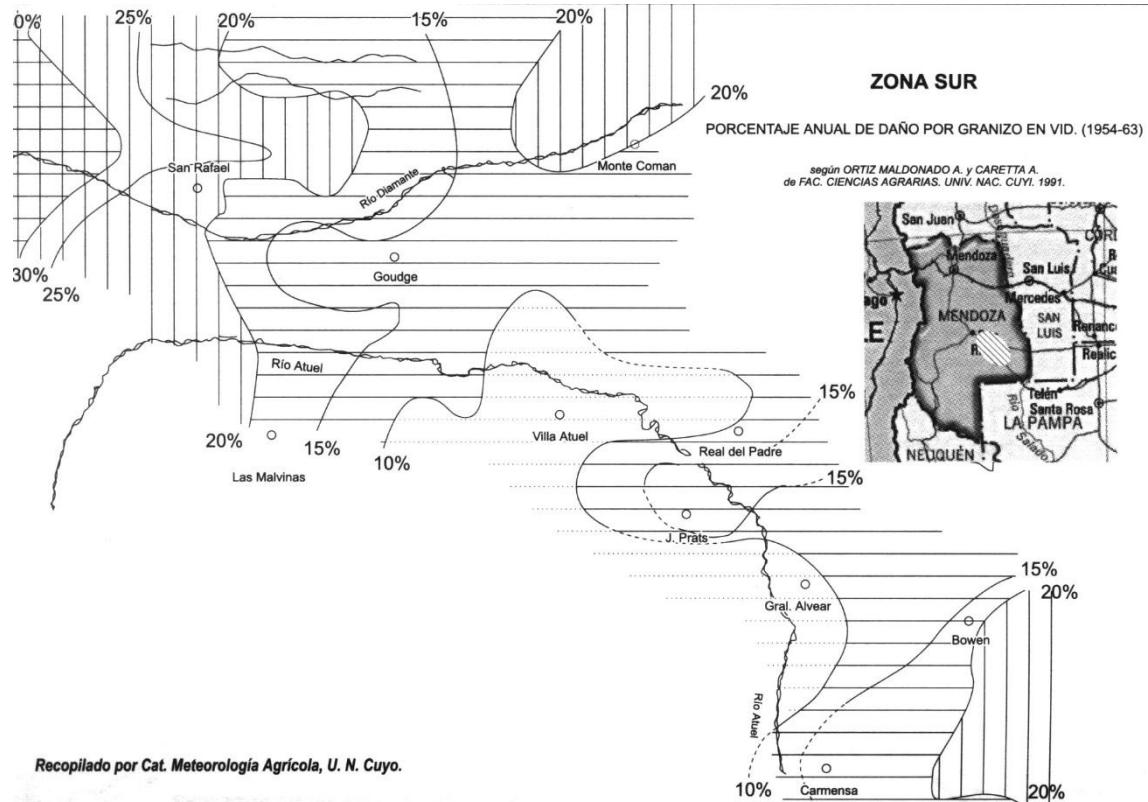
Estación	Latitud	Longitud	Altura (m s.n.m)	Serie	Precipitación Media Anual (mm)		
					Promedio	Máximo	Mínimo
La Angostura	35°02'00''	68°52'00''	1200	1986-2000	256.6	433.1	140.5
El Nihuil	35°01'00''	68°41'00''	1270	1981-2000	265.5	424.5	111.7
Loma Negra	35°04'00''	69°07'00''	1340	1985-2000	206.9	351.8	107.7
Las Salinas	34°57'00''	68°49'30''	1300	1983-2000	228.2	409	108
Rama Caída	34°40'00''	68°23'00''	692	1983-2000	344.8	506.8	138.3
Villa Atuel	34°50'00''	67°52'00''	840	1982-2000	357.7	677	357.7
Capitán Montoya	34°40'00''	68°28'00''	790	1984-2000	361.7	558	153
Las Malvinas	34°56'00''	68°15'00''	608	1980-2000	319.5	673.5	113.8
San Rafael	34°35'00''	68°28'00''	747	1984-2000	361	694	181

De acuerdo a los resultados presentados anteriormente se puede concluir que la precipitación media real para toda la cuenca del río Atuel es de 356,4 mm/año, mientras que en la zona bajo riego la misma es de 386,6 mm/año.

#### 4.1.5- Granizo: zonas con mayor riesgo

En nuestra provincia las tormentas de granizo se producen entre los meses de octubre y abril, meses en los cuales existe la posibilidad de que se produzcan tormentas de origen convectivo por el excesivo calentamiento de los suelos y por la intensa radiación solar de estos meses<sup>8</sup>. Un análisis decádico, es decir, verificando el número de granizadas en lapsos de diez días desde octubre a abril, indica que la mayor frecuencia relativa se produce entre la última decena de diciembre y las primeras decenas de enero. A partir de estas fechas, las frecuencias relativas observadas tienden a disminuir.

<sup>8</sup> Las zonas áridas y semiáridas presentan mayor probabilidad de ocurrencia de este tipo de meteoros durante los meses de verano, donde existe un gran calentamiento del suelo que es capaz de producir tormentas convectivas de gran desarrollo vertical.



Fuente: Cátedra de Meteorología, FCA, UNC

**Figura 4.23: Porcentaje anual de daño por granizo en vid. Oasis sur.**

#### 4.1.6- Humedad relativa ambiente

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 se observan en el mes de mayo, mientras que los mínimos se observan durante el mes de enero.

#### 4.1.7- Heliofanía

En la estación Rama Caída el pico máximo de heliofanía efectiva se produce en el mes de enero, con 10,6 horas de luz, mientras que el mínimo se registra en el mes de junio con 5,6 horas de luz solar.

### 4.2- Caracterización agroclimática de la cuenca en estudio

El clima es árido templado-frío. Todo el complejo agrario, a ambos lados del río Atuel, se encuentra en plena llanura mendocina por debajo de los 500 m s.n.m. La temperatura media anual (1951-60) es de 15,4°C, la temperatura máxima absoluta es de 44°C y la temperatura mínima absoluta es de -10°C pone de manifiesto una gran amplitud térmica. Es una región más abierta a las influencias de las masas de aire del sur y del norte y en la ruta normal de los frentes. Las precipitaciones medias anuales es de 329 mm. La posición de Gral. Alvear con respecto a la ruta de los frentes es la causa del mayor índice de tormentas eléctricas y de granizo. El déficit de agua alcanza los 30 mm. El régimen de los vientos presenta el predominio de los mismos rumbos correspondientes a la línea norte - sur.

La primavera comienza en Gral. Alvear en la primera década del mes de agosto, y termina junto con el mes de octubre, es decir comienza un poco antes que en San Rafael. La temperatura máxima absoluta en la primavera oscila entre los 33°C y los 39,5°C. Las temperaturas mínimas absolutas oscilan entre -8,5°C y 0°C, por lo tanto la estación no tiene período libre de heladas.

El verano comienza en noviembre y termina al finalizar febrero. Las temperaturas máximas absolutas oscilan entre 39,5°C y 42,5°C, y las temperaturas mínimas absolutas oscilan entre 0 y 4°C. Es la estación con menor frecuencia de cielos cubiertos y con mayor frecuencia de días con cielo claro. La evapotranspiración potencial es muy alta, llegando a 149 mm en enero y las lluvias son menos copiosas que en primavera. Por lo cual el déficit de agua se eleva hasta alcanzar 111 mm en enero. La frecuencia de calmas durante el verano es tan baja como en la primavera: 184 y 181 respectivamente. En cuanto a los vientos se nota un incremento con respecto a la primavera en la frecuencia del SE y también del NO.

El otoño dura desde fines de febrero al 3 de mayo aproximadamente. Tiene un corto período de heladas de 15 días aproximadamente. Las temperaturas mínimas absolutas descienden a -7,5°C en mayo, pero las temperaturas máximas absolutas oscilan entre 39,5°C y 27°C. El régimen de los vientos presenta cambios con respecto a la primavera y verano. Y la evapotranspiración potencial presenta una disminución, siendo el déficit hídrico del mes de mayo de 6mm. Son frecuentes las tormentas eléctricas y las tormentas de granizo.

El invierno comienza los primeros días de mayo y termina la primera década de agosto. Las temperaturas mínimas absolutas alcanzan valores muy bajos (-10°C) y las temperaturas máximas absolutas son altas (no descienden de los 26,5°C) y alcanzan el valor mínimo en julio de 6,9°C. También las precipitaciones son las más bajas de las cuatro estaciones, 1 mm en agosto. La evapotranspiración es muy baja y en junio es superada por las lluvias, con lo cual se produciría un almacenaje de agua útil (2mm).

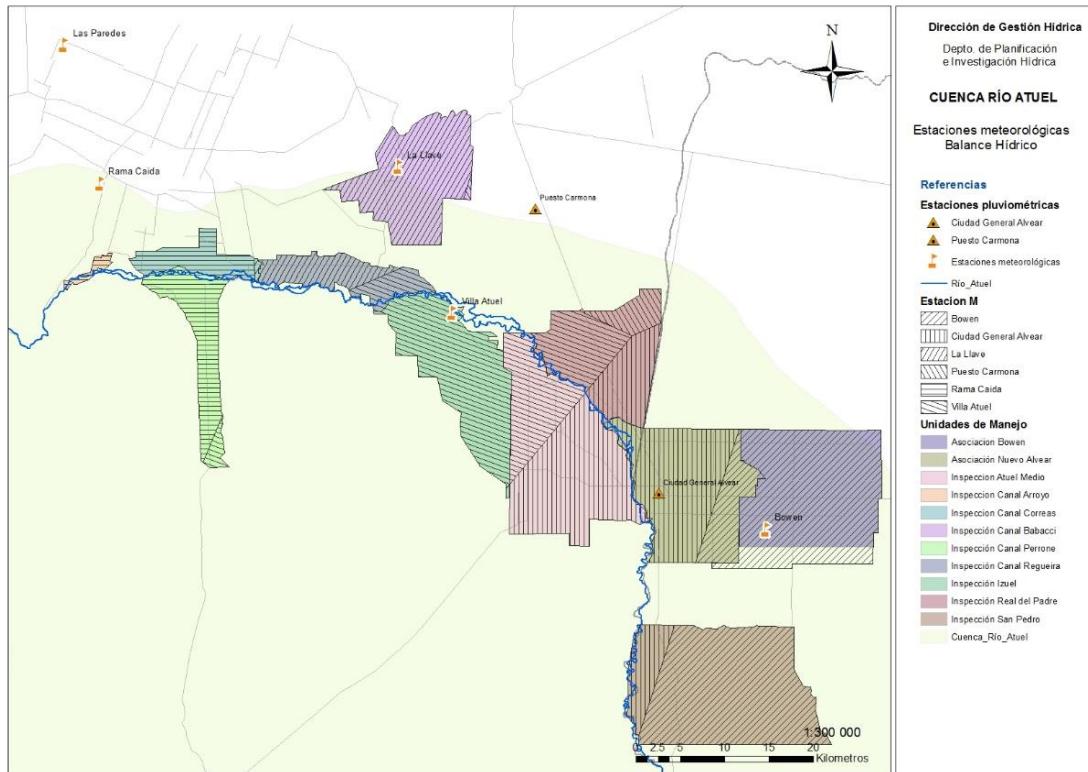
#### **4.3- Datos climáticos para el cálculo de las necesidades de riego**

Para obtener los datos climáticos necesarios se realizó el procesamiento de la información agroclimática proveniente de seis estaciones meteorológicas de la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DACC) ubicadas en las localidades Villa Atuel, Bowen y La Llave; también se cuenta con datos provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la estación meteorológica San Rafael Aeropuerto. De este conjunto de estaciones se consideraron las series de mediciones de las variables climáticas de los últimos 15 años, con lo que se logró una cobertura adecuada para el cálculo de la demanda correspondiente a la mencionada cuenca.

En la Figura 4.24 se muestran los polígonos de Thiessen<sup>9</sup> correspondientes a las distintas estaciones meteorológicas y las UAM que fueron asociadas a los polígonos. En los casos que una UAM fue cubierta por más de un polígono, los datos climáticos se prorrumpieron en forma proporcional a la superficie interceptada, obteniendo para cada UAM su propia caracterización climática. Luego la información gráfica obtenida por medio de la herramienta GIS, fue utilizada como dato ingresado al modelo construido en el software WEAP.

---

<sup>9</sup> Los polígonos de Thiessen, son una construcción geométrica que permite interpolar datos haciendo una partición del plano en forma proporcional a la distancia de los puntos entre sí, método apropiado cuando los datos son cualitativos. Los polígonos generados son equidistantes a los puntos vecinos y designan su área de influencia.



Fuente: Elaboración propia DGI 2017 Dirección de Gestión Hídrica

**Figura 4.24: Estaciones meteorológicas y su área de influencia (Polígonos de Thiessen)**

A continuación, se detallan los principales pasos seguidos para el procesamiento de datos<sup>10</sup>:

- 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.
- 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.

## 5- Determinación de las necesidades de riego de los cultivos

<sup>10</sup> Roselló, M. y Cúneo, G. 2015 Procesamiento de datos climáticos de la cuenca del río Mendoza. DGI.

A través de los pasos descriptos se obtuvieron los datos meteorológicos de cada una de las estaciones meteorológicas y su área de influencia. Con los datos de temperaturas, humedades relativas, heliofanía y viento se obtuvo la evapotranspiración de referencia (Tabla 4.17) a través del software *Eto Calculator* de FAO. Posteriormente, a través de la superposición de los polígonos de Thiessen y las UAM, 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 4.17: Necesidad de riego de los cultivos.**

UAM	Superficie UAM	Precipitación anual	Precipitación efectiva anual	Evapotranspiración de referencia anual (Eto)
	ha	mm	mm	mm
Asociación Atuel Medio	23029	290	185	1547
Asociación Bowen	23486	269	176	1565
Asociación Nuevo Alvear	18441	294	184	1565
Inspección Canal Arroyo	551	320	291	1375
Inspección Canal Babacci	14087	234	160	1646
Inspección Canal Correas	4137	316	217	1375
Inspección Canal Perrone	7774	315	156	1397
Inspección Canal Regueira	6506	243	186	1586
Inspección Izuel	15369	267	200	1537
Inspección Real del Padre	13928	330	225	1540
Inspección San Pedro	26379	273	180	1565

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

## 5.1- 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*”<sup>11</sup> que ya fue aplicado para las 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, A.E.Gral Alvear, Dirección de Ganadería).

Se han realizado los cálculos de las necesidades de riego con el software *CROPWAT* y *ET<sub>o</sub> 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.

### 5.1.1- Demanda neta de los cultivos

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 conducción, de aplicación parcelaria y usos culturales del agua.

<sup>11</sup> 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)

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 para climas secos, que ha sido realizada en base a datos de numerosas regiones áridas y semiáridas. Dicha propuesta considera lo siguiente:

$$P_{efec} = 0.75 * (P_i - 5 \text{ mm})$$

Dónde:

$P_{efec}$  = Precipitación efectiva

$P_i$  = Precipitación del mes i

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 4.25 se observa la demanda neta total por uso y por mes para toda la cuenca del río Atuel.

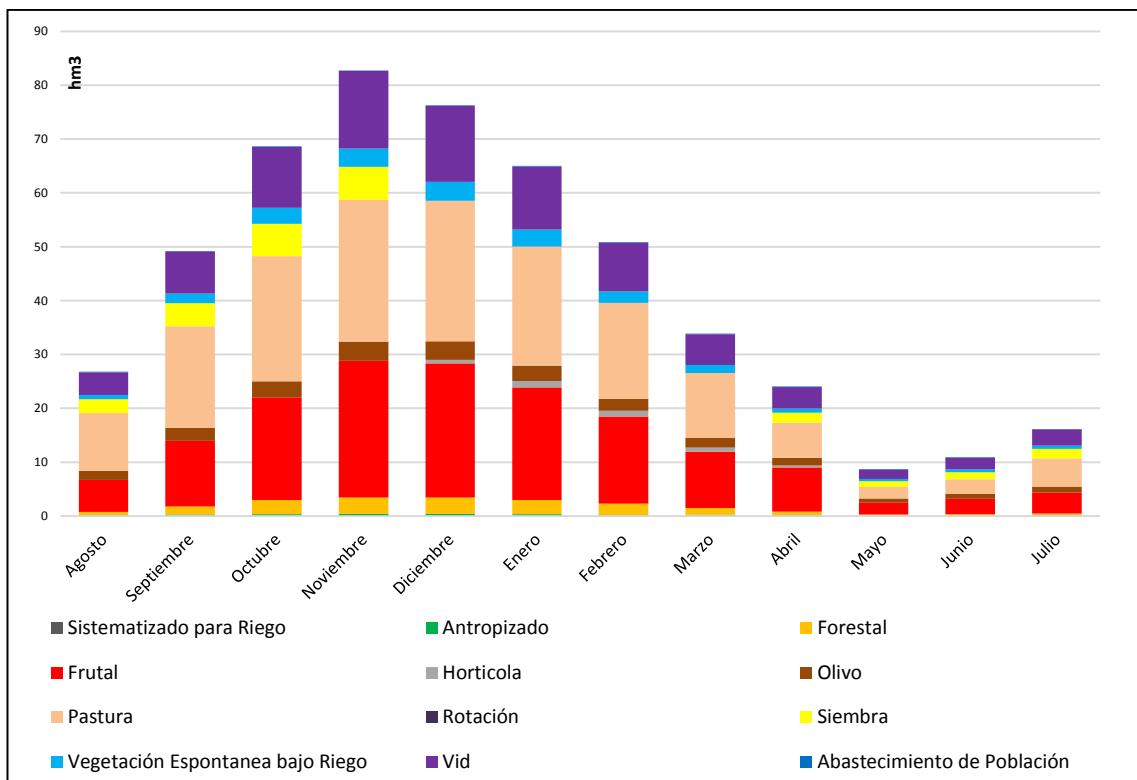


Figura 4.25: Demanda neta por tipo de uso del suelo para la cuenca del río Atuel:

### 5.1.2- 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 Atuel. 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). Este conjunto de factores afecta a la demanda neta y conforma la 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.

$$Ef_{Externa} = Ef_{Distribucion} \cdot Ef_{Conduccion}$$

No se han incluido valores de eficiencia de distribución, al considerar 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 en forma disponible para el cultivo. Es la eficiencia del uso del agua por parte del productor, y en este documento se le llama eficiencia parcelaria.

#### 5.1.2.1- Eficiencia externa

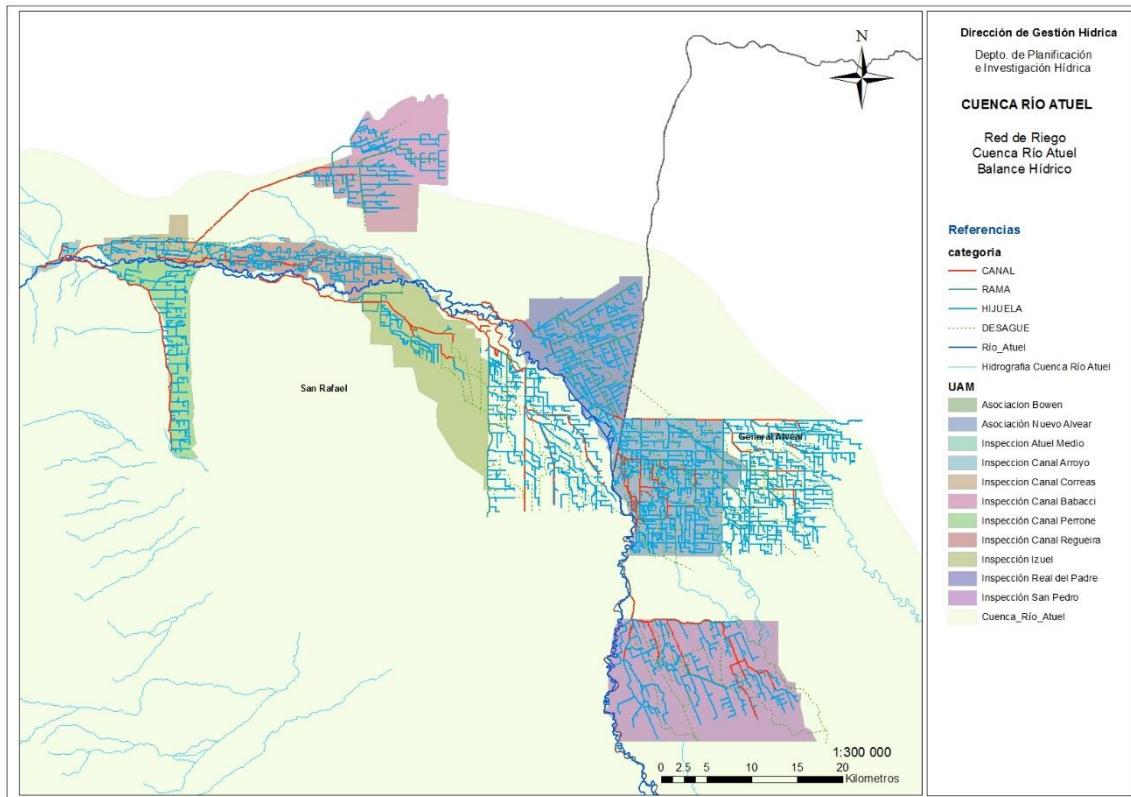
##### Eficiencia de Conducción

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 Atuel. En correspondencia con los antecedentes (Hernandez, 1982) y con los estudios realizados por el DGI (Satlari, 2011) las mediciones fueron realizadas por medio del método de entradas y salidas. 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. Vale destacar que las mediciones se realizaron bajo condiciones reales de operación del canal y sin interrumpir su funcionamiento, lo que otorga un valor próximo a lo que sucede realmente.

Dada la extensión de la red y la gran cantidad de cauces de la misma, se decidió priorizar los canales matrices y por lo menos una hijuela y/o rama por inspección. En el caso de los canales matrices, en muchos casos se realizaron aforos tramo por tramo a lo largo de toda su extensión. Mientras que en el caso de las ramas e hijuelas, normalmente se aforó un solo tramo representativo por cauce. En total se aforaron 36 tramos de tierra, de los cuales 7 corresponden a canales matrices; 14 a ramas y 15 a hijuelas.

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 Mendoza<sup>12</sup>

En la figura siguiente se muestra la traza de la red de riego de la cuenca.



Fuente: Elaboración propia. DGI, 2017

**Figura 4.26: Red de riego. Cuenca del río Atuel.**

Los valores de eficiencia de conducción obtenidos para cada UAM son los siguientes:

**Tabla 4.18: Eficiencias de conducción por Unidad Administrativa de Manejo del río Atuel.**

UAM	Ef.conducción (%)
Asociación Atuel Medio	85.7
Asociación Bowen	86
Asociación Nuevo Alvear	92.2
Inspección Canal Arroyo	86
Inspección Canal Babacci	82.5
Inspección Canal Correas	94.2
Inspección Canal Perrone	82.7
Inspección Canal Regueira	84.8
Inspección Izuel	86.4
Inspección Real del Padre	89.1

<sup>12</sup> 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

Es importante mencionar que en el caso de la UAM Inspección canal Arroyo, debido a que no se realizaron mediciones a campo, se utilizó un valor promedio de las UAM próximas (Inspección canal Babacci, Inspección canal Correas, canal Perrone y canal Regueira).

La eficiencia de conducción calculada para la cuenca del río Atuel, como un promedio de la eficiencia de todas las unidades de manejo con datos es de 84,6 %.

### Eficiencia parcelaria

La eficiencia parcelaria merece una amplia discusión y replanteo de conceptos a distintos niveles. El DGI ha iniciado una discusión sobre 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.

Para asignar un valor de eficiencia parcelaria global del sistema, se realizaron 45 evaluaciones de riego parcelario en diferentes propiedades agrícolas distribuidas en toda la cuenca, que equivale a una evaluación cada 1000 hectáreas cultivadas (no se hicieron las evaluaciones de VEBR (vegetación espontánea baro riego). El trabajo de campo fue realizado entre febrero de 2016 y enero de 2017; incluyendo evaluaciones en coincidencia con tres momentos del ciclo de los cultivos con diferente requerimiento hídrico (verano, otoño y primavera). Del procesamiento y análisis de los datos surgen los resultados resumidos en la tabla...

**Tabla 4.19: Desempeño del riego parcelario en el río Atuel (Resumen).**

Lámina de reposición	Lámina bruta	Lámina infiltrada	Lámina escurrida	Lámina percolada	Caudal de manejo	Tiempo de riego
Dr	db	dinf	desc	dper	l/s	min
Media	84	144	143	1	73	61

Fuente: Elaboración propia, DGI 2016.

Basados en las evaluaciones realizadas se encontró que predominan los riegos sin desagüe al pie (96%) debido a las pequeñas pendientes de las parcelas (del orden de los 0,00102 m.m-1 en promedio). En cuanto a la sistematización del riego, el 58% corresponde a riegos por surcos y el 42% por melgas.

En promedio cada finca riega con una lámina bruta de 144 mm por operación, la cual se infiltra en su mayoría (143 mm), lo que se explica con la baja cantidad de casos de riego con desagüe al pie, como se mencionó anteriormente. El tiempo promedio de aplicación de esta lámina es de 94 minutos. Estos valores presentan, sin embargo, una gran variabilidad demostrada en su desviación estándar, lo cual refleja la existencia de un gran abanico de situaciones presentes en el manejo del riego dentro de la misma cuenca, tornando difícil que un valor medio se vuelva representativo de toda la región.

En relación a los parámetros de desempeño del riego por superficie, los valores obtenidos a través de las modelaciones realizadas indican para la zona de regadío del río Atuel una eficiencia de aplicación baja (49.8%) y valores suficientes a buenos de eficiencia de almacenaje (83%) y de distribución (91%), según la clasificación propuesta por Roscher.

Se decidió adoptar un único valor medio de eficiencia parcelaria para la cuenca, ya que no hay evidencia estadística para discretizar el valor a nivel de UAM con la cantidad de evaluaciones disponibles.

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.

La zona irrigada del río Atuel tiene una problemática asociada a la salinidad del agua que merece consideración y guarda estrecha relación con el tema de la eficiencia parcelaria.

Cuando se riega con aguas con importante contenido salino es importante considerar que debe aportarse una lámina extra a la requerida en sí por el cultivo para que se produzca el lixiviado de las sales contenidas en el agua e impida la salinización excesiva de los suelos (por lo menos, en la profundidad explorada por las raíces de los cultivos). Así surge el requerimiento de lixiviación, entendido como el aporte extra de agua que debe realizarse para mantener el balance salino del suelo que impidan su degradación y pérdida de productividad.

El requerimiento de lixiviación promedio para la cuenca es de 41 mm; por lo cual de los 73 mm percolados (ver tabla anterior), el 56% es agua útil, ya que satisface el mencionado requerimiento. Es decir que parte de la ineficiencia del riego cumple en realidad, una función de mantenimiento de la calidad del suelo para su uso agrícola.

**Tabla 4.20: Eficiencias actuales.**

Eficiencias consideradas	%	Observación
Eficiencia externa (media ponderada)	84.1	
Eficiencia actual	49.8	
Eficiencia Global	41.9	84.1 % * 49.8 %

Fuente: Elaboración propia DGI 2016

### 5.1.2.2- 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 bajos requerimientos hídricos, para el caso de vid y frutales, antes de la brotación, presentan dificultades para su aplicación con riegos cada quince días.

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.

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.

### 5.1.2.3- Valores de demanda bruta de los cultivos

Al considerar todos los factores de eficiencia de conducción, de aplicación y de usos culturales en la demanda neta, se obtiene 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 el agua extra a considerar para compensar las pérdidas ocasionadas para conseguir el agua que es retenida por el suelo y aprovechada por las plantas, en general, o en la boca de cada uso. Todas las variables citadas fueron incorporadas en el modelo y se obtuvo como resultado la información de demanda bruta por tipo de uso, como así también por UAM, (Figura 4.27 y Figura 4.28).

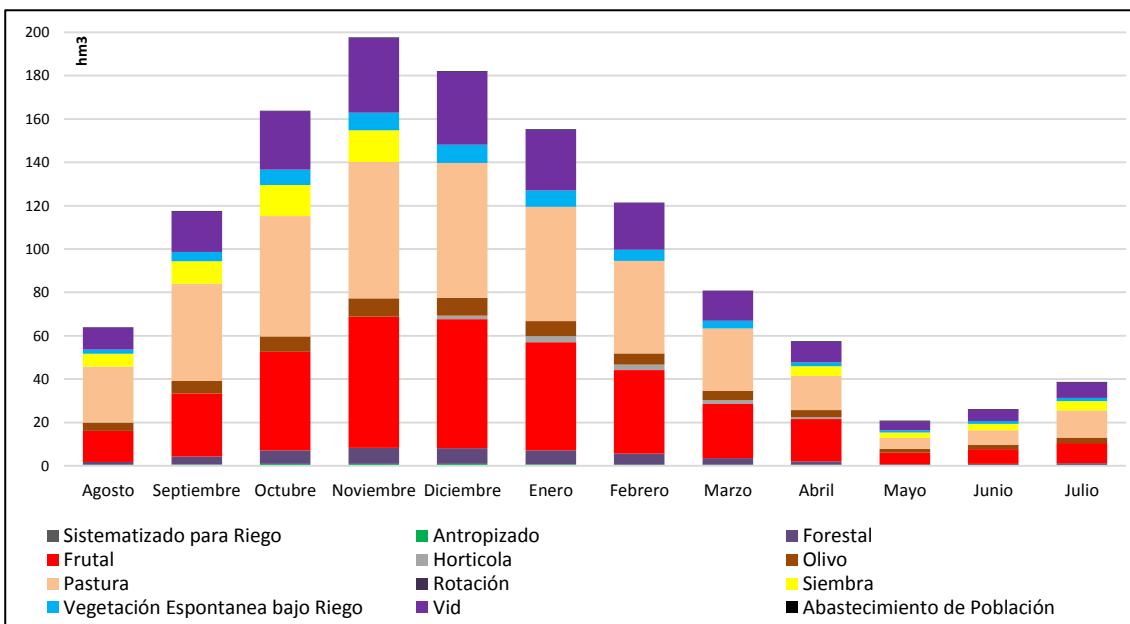


Figura 4.27: Demanda bruta por tipo de uso del suelo para la cuenca del río Atuel

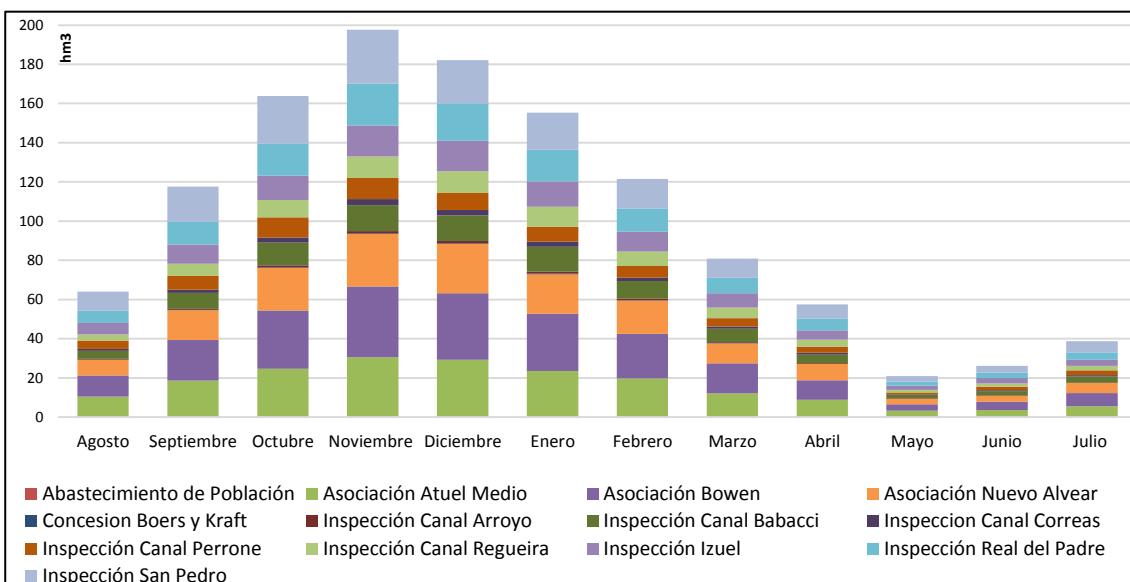


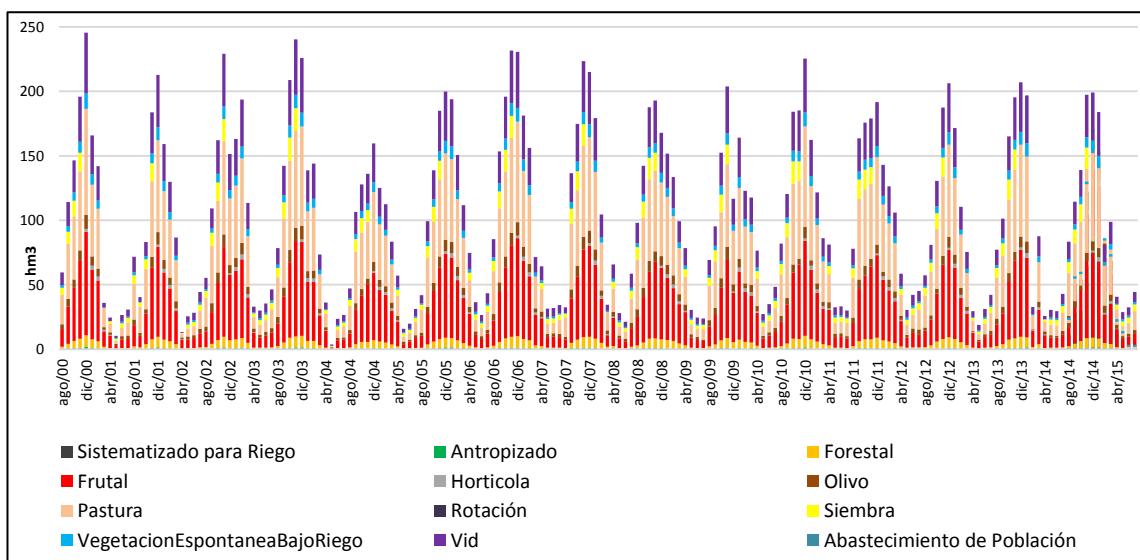
Figura 4.28: Demandas brutas (con eficiencia actual) por UAM derivadas del río Atuel.

## 6- Resultados

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

La serie de tiempo considerado en la modelación de 2001 a 2015, 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. Hay un aporte directo de agua para abastecer la demanda de los cultivos y hay un aporte indirecto, 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 aplicación del agua de riego, ya al humedecer 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, mes a mes.



**Figura 4.29: Demandas brutas por uso del suelo para la cuenca del río Atuel 2001-2015.**

A continuación, se expone las demandas brutas según cultivos y por UAM, porcentaje de la demanda según cultivo para cada UAM y la composición de la célula d cultivo.

Luego de esos tres gráficos, y para tener dimensión del agua demandada, se expone la demanda mes a mes para la superficie total de cada cultivo, expresada en  $\text{hm}^3$  y en mm, para comparar las láminas demandadas.

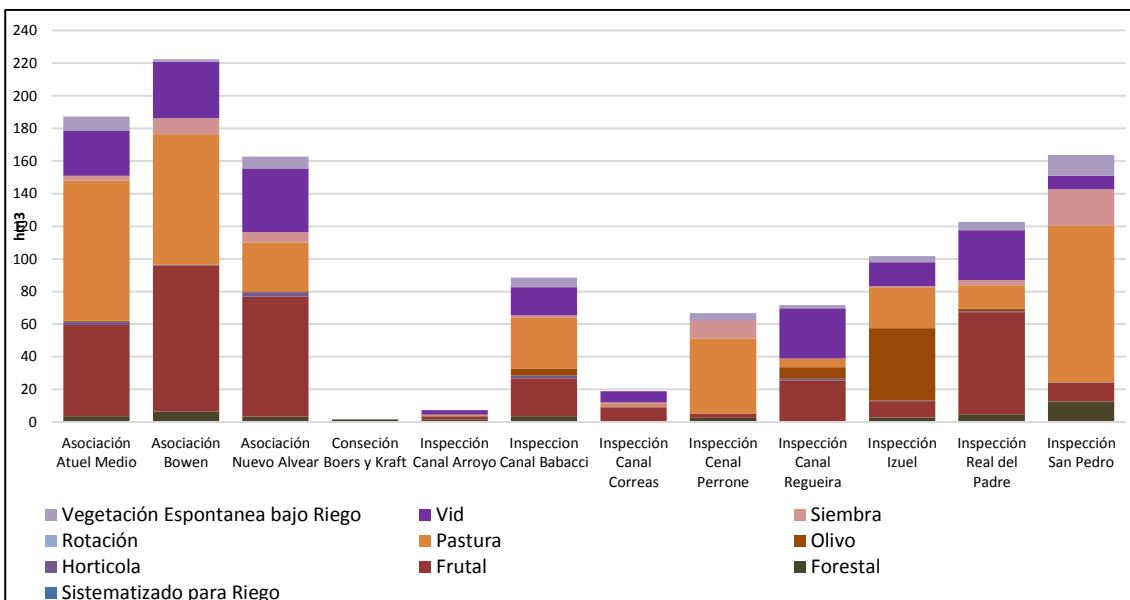


Figura 4.30: Demandas brutas por uso y por UAM derivadas del río Atuel.

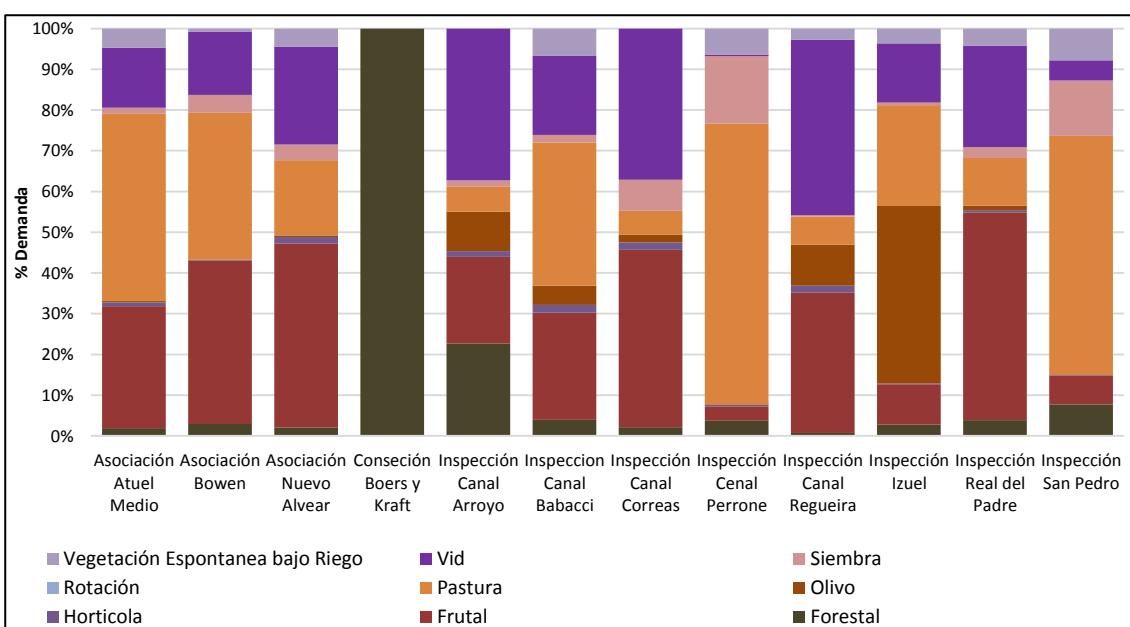


Figura 4.31: Demandas brutas en porcentaje por uso y por UAM derivadas del río Atuel.

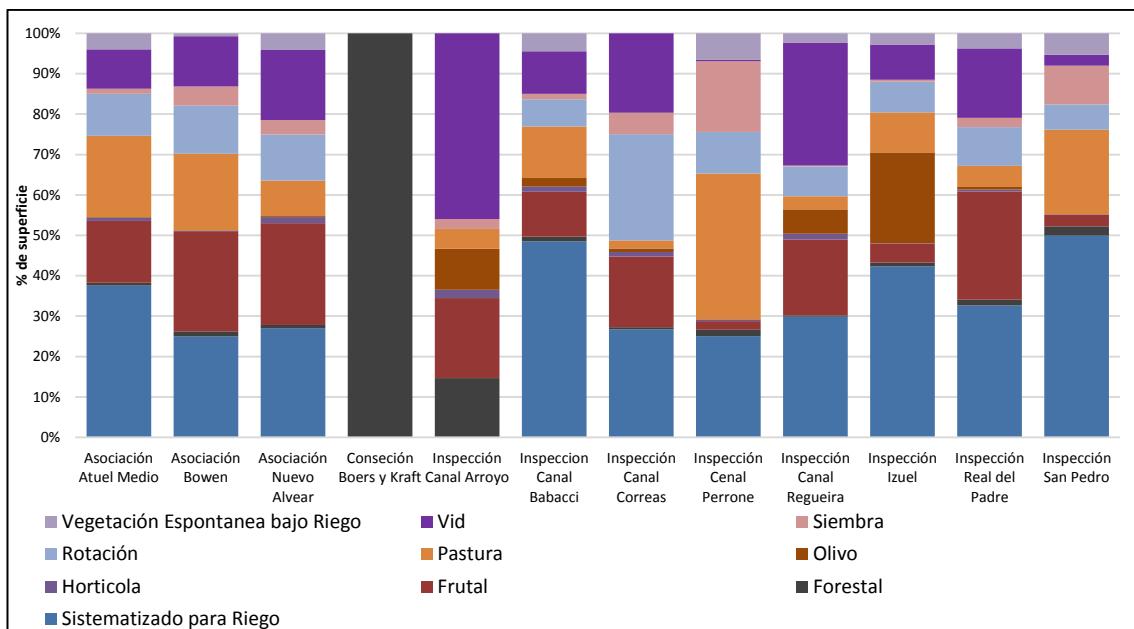


Figura 4.32: Célula de cultivo por UAM abastecidas con agua del río Atuel.

Tabla 4.21: Demandas brutas en hm<sup>3</sup> y en mm por uso y por mes.

	<b>Sup.</b>	<b>Medida</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Suma</b>
<b>Sistemat para Riego</b>	35407	hm <sup>3</sup> mm	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0
<b>Forestal</b>	1282	hm <sup>3</sup> mm	1.4 107	3.6 285	6.2 486	7.3 570	6.3 568	5.1 491	3.0 399	1.6 236	0.4 123	0.6 33	0.8 45	0.8 62	43.7 3406
<b>Frutal</b>	16418	hm <sup>3</sup> mm	14.2 87	29.1 177	45.6 278	60.6 369	59.5 362	50.0 304	38.6 235	25.0 152	19.5 119	5.4 33	6.7 41	9.4 57	363.4 2214
<b>Hortícola</b>	678	hm <sup>3</sup> mm	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	1.5 224	2.8 410	2.5 367	1.9 275	0.9 130	0.0 0	0.0 0	0.0 0	9.5 1404
<b>Olivo</b>	2708	hm <sup>3</sup> mm	3.9 144	5.8 215	7.1 312	8.5 306	8.3 255	6.9 195	5.3 156	4.2 123	3.3 64	1.7 77	2.1 93	2.5 2202	59.6
<b>Pastura</b>	14920	hm <sup>3</sup> mm	25.8 173	44.9 301	55.5 372	62.9 422	62.3 417	52.8 354	42.6 286	28.9 194	15.7 105	5.1 34	6.6 45	12.5 84	415.5 2785
<b>Rotación</b>	9946	hm <sup>3</sup> mm	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0
<b>Siembra</b>	4200	hm <sup>3</sup> mm	6.0 142	10.3 245	14.4 342	14.6 347	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	4.4 105	2.5 59	3.1 73	4.3 102	59.5
<b>Vid</b>	12335	hm <sup>3</sup> mm	10.2 83	18.6 151	26.9 218	34.5 279	33.7 273	28.0 227	21.6 175	13.6 110	9.5 77	4.1 34	5.2 42	7.1 58	213.0 1727
<b>Vegetación Espontánea Bajo Riego</b>	3542	hm <sup>3</sup> mm	1.8 52	4.3 122	7.1 201	8.1 228	8.3 235	7.5 212	5.1 145	3.5 100	1.8 51	1.1 30	1.2 34	1.5 41	51 1452
<b>Antropizado</b>	713	hm <sup>3</sup> mm	0.5 67	0.6 91	0.9 120	1.0 134	0.9 129	0.8 115	0.5 65	0.5 69	0.3 66	0.3 39	0.3 44	0.4 51	7.1 989
<b>Total Usos Activos</b>	56796	hm <sup>3</sup> mm	63.8 112	117.3 207	163.6 288	197.3 347	181.8 320	155.0 273	121.2 213	80.6 142	57.2 101	20.6 36	25.9 46	38.4 68	1222.7 2153
<b>Abastecimiento de Población</b>		hm <sup>3</sup>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	3.2

## 7- Tomas Superiores: El Sosneado, La Junta y Coihueco

Las tomas de agua ubicadas aguas arriba de la presa Valle Grande no fueron integradas al modelo construido, pero si se realizó una interpretación visual a través de imágenes satelitales para caracterizar su uso de suelo de modo tal que en un futuro se puedan establecer las demandas que requirieren. Los resultados de esta interpretación se presentan a continuación.

Luego de un análisis del área a través de la interpretación visual de las imágenes satelitales, se observó el predominio de aquellas parcelas en donde la tierra se encuentra en un proceso de descanso y/o rotación de los cultivos anuales que se realizan en las zonas de: El Sosneado (31%); La Junta (77%) y Coihueco (66%).

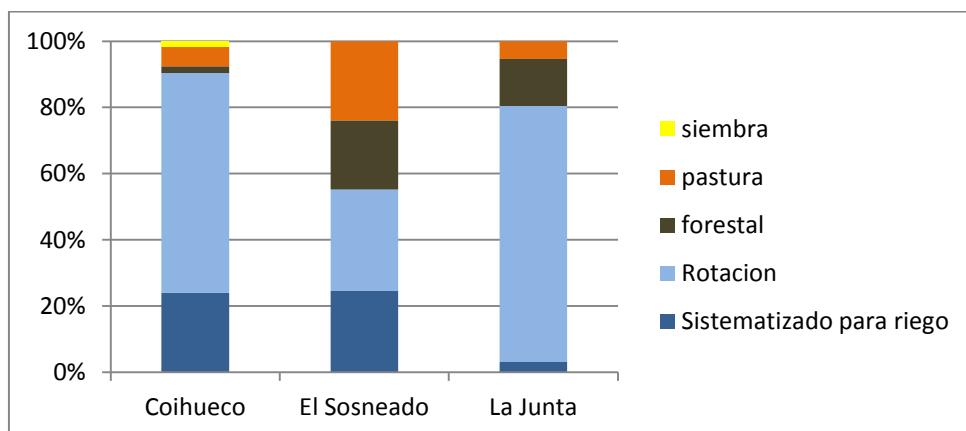
Luego se identificaron parcelas con un uso sistematizado para riego con un 25% en El Sosneado, 24% en La Junta y en Coihueco apenas un 3%. En cuanto a las pasturas se observó un mayor porcentaje en El Sosneado, representando un 24%, y sólo en Coihueco un 6% y en La Junta un 5%. Hay un importante uso forestal en El Sosneado con un 21%.

**Tabla 4.22 Usos del suelo en superficie (ha) para las UAM ubicadas aguas arriba de los Nihuiles.**

Zonas	Sistemat. para riego	Rotación	forestal	pastura	siembra	Total general
Coihueco	431	1191	38	106	29	1.795
El Sosneado	85	106	72	83		346
La Junta	5	117	22	8		152
Total general	521	1414	132	197	29	2.293

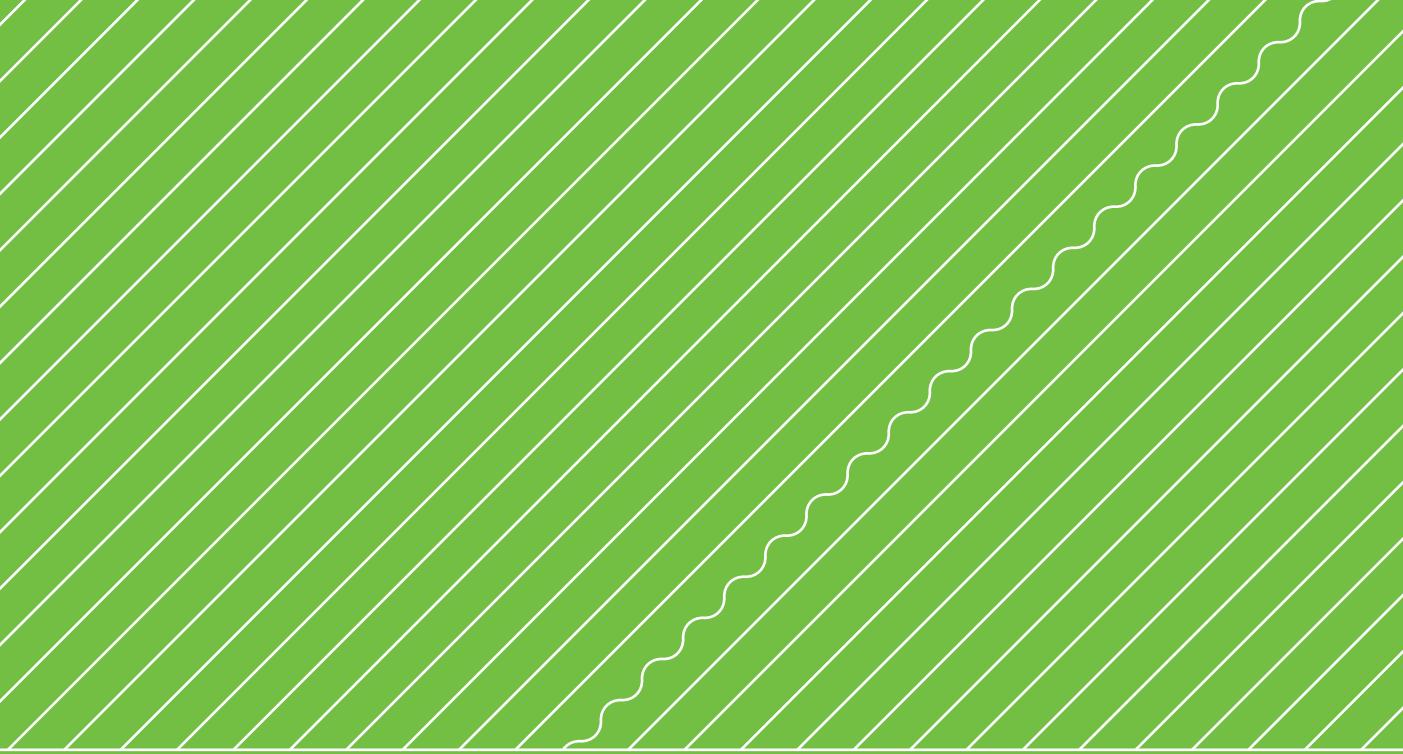
**Tabla 4.23 Usos del suelo en porcentaje) para las UAM ubicadas aguas arriba de los Nihuiles.**

Zonas	Sistemat. para riego	Rotación	forestal	pastura	siembra	Total general
Coihueco	24%	66%	2%	6%	2%	100%
El Sosneado	25%	31%	21%	24%	0%	100%
La Junta	3%	77%	14%	5%	0%	100%
total %	23%	62%	6%	9%	1%	100%



**Figura 4.33: Usos del suelo en porcentaje) para las UAM ubicadas aguas arriba de los Nihuiles.**





# Capítulo 5

## **Balance hídrico actual del río Atuel. Resultados y discusiones**

IRRIGACIÓN

## Presentación

A continuación se presenta el balance hídrico propiamente dicho. El mismo es entendido como la resultante de un modelo construido y ajustado que contrasta ofertas y demandas de agua por unidad administrativa de manejo (UAM), considerando el contexto agroclimático y los usos agrícolas y no agrícolas. De este modo, las variables y consideraciones relacionadas con la oferta y la demanda desprendidas desde las UAM (unidades de análisis) fueron cargadas a un modelo que se describe en el ítem siguiente.

### 1- Construcción y ajuste del modelo

#### 1.1- El software adoptado: WEAP

El contexto dinámico en la administración del agua obliga a considerar las posibles variaciones en la demanda y oferta de agua. En este sentido, variables tales como: crecimiento del área cultivada, inversión en fincas o en redes interparcelarias, construcción o no de embalses reguladores, variaciones en la oferta por efecto del cambio climático, variaciones en la demanda por efecto de aumento de temperatura en el llano y otras como cambios en el uso del agua, aumento o disminución de usos no agrícolas y la necesidad de desarrollar e implementar estrategias sustentables para el uso del agua, son temas que hoy deben ser considerados para responder de manera completa, actualizada e integral, a lo planteado en las leyes de principios del siglo pasado y en la misma Constitución Provincial. Por todo ello, debe existir una planificación integral de los recursos hídricos y para esto se deben analizar las incertidumbres antes planteadas.

Las incertidumbres que esbozan las variables mencionadas, como así también las consecuencias de los escenarios posibles y las previsiones a tomar frente a estos escenarios, provocan un conjunto de posibilidades de análisis. En este sentido se consideró necesario buscar una herramienta que permita montar la información disponible y que a su vez soporte la introducción de variable con los requerimientos mencionados. Asimismo, se debe procurar que contemple un enfoque integrado hacia la administración del agua desde el punto de vista de la demanda hídrica: patrones de uso del agua, eficiencias, estrategias de reúso y esquemas de asignación del agua, pero también que considere los temas relacionados con el suministro: caudales distribuidos, los recursos de aguas subterráneas y embalses, entre otros.

Al realizar una simulación se debe tener un enfoque integral que contemple tanto los componentes naturales (ej. las demandas por evapotranspiración, escorrentía, flujo base) como los componentes construidos o artificiales: infraestructura de los sistemas hídricos (ej. embalses, bombeo de agua subterránea). Abordarlos de este modo permite que la planificación integrada y estratégica tenga una perspectiva más completa en la gestión de los recursos hídricos, tanto para el uso presente y como para el uso futuro, que permita examinar opciones de desarrollo.

Luego de un análisis de distintos modelos de gestión de aguas<sup>1</sup>, el equipo del DGI decidió adoptar en 2012 el modelo WEAP (*Water Evaluation and Planning System*). Dicho modelo ha sido desarrollado por el SEI (*Stockholm Environment Institute*) y posibilita alcanzar una gran versatilidad en su capacidad de modelación. Entre sus características principales se puede mencionar las siguientes:

- Permite realizar evaluaciones de planificación integrada de los recursos hídricos.

---

<sup>1</sup> SIMGES, modelo de Simulación de Gestión de Cuencas, de la Universidad Politécnica de Valencia, que integra el bloque AQUATOOL. SWAT Model: Soil and Water Assessment Tool (herramienta de valoración de suelos y riego) de USDA Agricultural Research Service at the Grassland, Soil and Water Research Laboratory in Temple, Texas, USA.

- Contiene modelos incorporados para modelación de: escorrentía e infiltración por precipitación, evapotranspiración, requisitos y producciones de cosechas, interacciones entre aguas superficiales y aguas subterráneas, y calidad del agua en ríos.
- Presenta capacidad para construir modelos con un número de funciones predefinidas.
- Permite a los usuarios definir las ecuaciones y las variables.
- Permite evaluar una amplia gama de opciones de desarrollo y manejo del agua, tomando en cuenta los múltiples y opuestos usos de los recursos hídricos.
- Permite la conexión dinámica entre planilla de cálculo y otros modelos.
- Permite una estructura de datos flexibles y expandible.
- Contiene una interfaz gráfica “*drag and drop*” basada en SIG.
- Otorga un sistema de información de resultados que incluye gráficos, tablas y mapas.
- Permite un buen ajuste a particularidades de una cuenca.
- Permite incorporar y plantear escenarios futuros.
- Es soporte del análisis de: cambio en la célula de cultivos, aumento de bombeo de las fuentes de agua subterránea, alteración de las reglas de funcionamiento del embalse.

En la decisión de adoptar el software WEAP como base para la modelación se consideró como elemento de relevancia el perfeccionamiento que se le viene realizando al mismo desde el año 1989 y que ha sido ampliamente utilizado en muchos países. Además existe suficiente y disponible bibliografía, como así también experiencias en todo el mundo en el manejo de este software<sup>2</sup>.

En Latinoamérica, el software WEAP se ha usado en Colombia, Ecuador, Brasil, Bolivia y Chile, y en Argentina se está usando en las Cuencas del río Limay y río Negro por la Fundación Bariloche, por lo que se cuenta con experiencia para el ajuste, para la calibración y con posibilidades de capacitación accesibles, dado que ha sido operado por profesionales que han trabajado con características hidrológicas y problemáticas semejantes a la abordada en el presente estudio. En particular el DGI realizó misiones entre el año 2012 y 2014 a provincias de Argentina y Chile, donde se realizaron intercambios de experiencias de trabajo con miembros del SEI. Todo ello sumado a que a fines del año 2014 y durante el año 2015 se contó con 3 misiones específicas del Hidrólogo Msc. Francisco Flores López (SEI) y se mantuvieron contactos semanales de revisión de las pruebas y avances a distancia.

Desde el inicio de la recopilación de información básica para la obtención de los resultados del Balance Hídrico, se tuvieron en cuenta los objetivos planteados en la Resolución 575/S/12 que ordena a la Secretaría de Gestión Hídrica del DGI a realizar el Balance Hídrico para la Gestión Integral de Recursos Hídricos.

En conclusión, se determinó que este modelo es una herramienta válida para cumplir con los objetivos planteados, para lo cual se previó desde el DGI y con la asistencia de FAO profundizar el conocimiento y capacitación de este software, obteniendo óptimos resultados que han permitido implementar las capacidades adquiridas en todas las cuencas provinciales.

## 1.2- Parámetros considerados para determinar la oferta

Respecto de la oferta, se ha considerado la oferta media del río Atuel a la salida de la presa Valle Grande, como así también la de los arroyos que aportan a él, debido a que dichos cursos son los que el Departamento de Hidrología dispone de información estadística confiable que permite establecer valores medios. Además las leyes 386 y 430 mencionan como valor de referencia a los caudales medios.

---

<sup>2</sup>[www.weap21.org](http://www.weap21.org)

La oferta media se obtiene del estudio de los caudales que se erogan de la presa Valle Grande y mediante estimaciones para el caso del arroyo Aguaditas, estos valores medios tiene la particularidad de ubicarse dentro del intervalo modal de frecuencias de caudales, lo que afirma aún más su validez como parámetro. Además se han atendido las particularidades desarrolladas en el capítulo estudio de la oferta y también se han considerado las reglas de operación de la presa y de los diques derivadores.

En la construcción del modelo se procuró respetar las operaciones de distribución que históricamente se han realizado. En forma complementaria, la serie considerada (2005 – 2015) para los derrames, precipitaciones y operación del embalse y azudes, se trabajó de acuerdo a los lineamientos sugeridos por los profesionales que proveyeron la asistencia técnica<sup>3</sup> del proyecto y se logró representar la realidad en un modelo que constituyó el punto de partida del análisis de balance.

En cuanto a los datos ingresados en el software se tuvo en cuenta la capacidad física de conducción de los canales, como así también su distribución en función de las hectáreas empadronadas pagas. En el caso particular de este modelo, se encuentra un periodo donde el Canal Marginal no se encontraba operando y un periodo, luego de la inauguración, donde el mismo entra plenamente en operación. Se representó esta situación en el modelo.

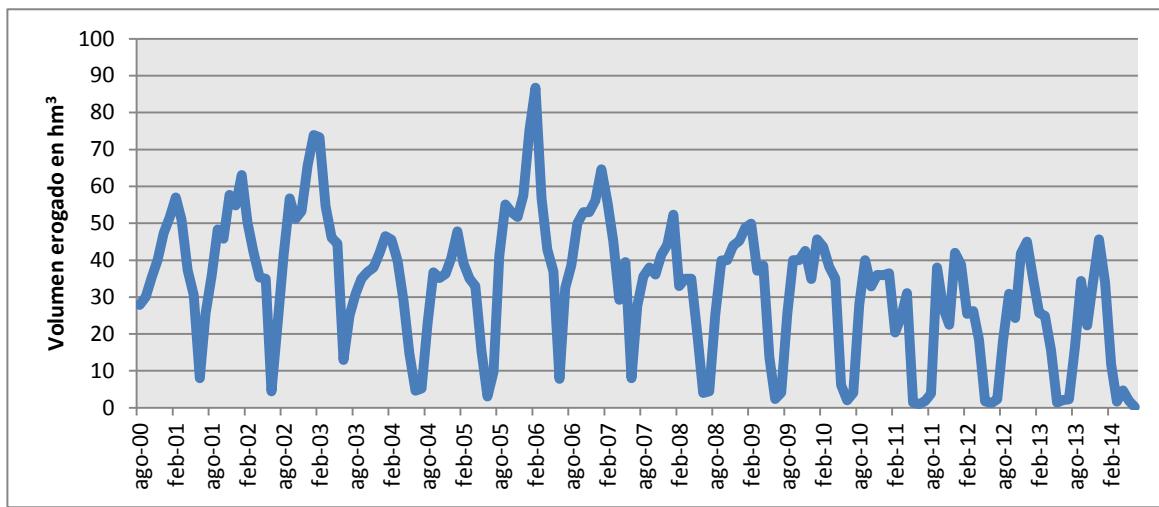


Figura 5.1: Volumen erogado por la presa Valle Grande (hm<sup>3</sup>).

En la siguiente tabla se muestra la oferta hídrica, aguas debajo de la presa Valle Grande, expresada como media mensual, para los años que se considera, fue un año medio en términos de oferta. Los mismos son: 2004, 2005, 2008, 2009, 2010 y 2013.

Tabla 5.1: Derrames promedios desde Valle Grande. Mensuales y totales

A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	Derrame Anual
												hm <sup>3</sup>
70.8	95.2	94.8	105.4	112.5	123.2	96.6	93.7	80.3	31.8	7.83	13.3	925.7,

<sup>3</sup> Misiones FAO-SEI 2014 y 2015.

Con respecto al derrame del arroyo Aguaditas, donde no existe una serie de caudales medidas en el terreno, se estima la erogación utilizando un modelo de drenajes que se acopla a WEAP, sujeto a verificaciones a campo mediante aforos en el arroyo.

**Tabla 5.2: Derrame promedios estimado en Aguaditas. Mensuales y Totales**

Derrame mensual en hm <sup>3</sup>													Derrame Anual
A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	hm <sup>3</sup>	
25.7	21.2	14.3	8.8	7.4	7.3	7.3	7.2	7.1	8.4	14.5	22.7	152.0	

### 1.3- Parámetros considerados en la demanda

Como se mostró en el capítulo anterior, se han obtenido las demandas de todas las UAM de uso conjunto. Para ello se ha tenido en cuenta la superficie empadronada que está cultivada afectada por el tipo de uso del recurso hídrico que se realiza, el coeficiente de distribución según la categoría de derecho que dispone el empadronamiento<sup>4</sup>, la demanda neta de uso de cada cultivo<sup>5</sup>, los requerimientos agrícolas culturales y la eficiencia global en valor promedio actual (eficiencia en finca y eficiencia de conducción externa).

A continuación, se presenta una tabla donde se resumen los parámetros: superficie empadronada, coeficientes de reducción según categoría de derecho y eficiencias en finca, eficiencia de conducción en cauces y eficiencia global que se han considerado para la modelación para toda la cuenca, incluyendo los sistemas independientes como las UAM de fuente nival aguas arriba de la presa Valle Grande, desagües, efluentes para ACRES y áreas de manantial y surgencia.

**Tabla 5.3: Parámetros de demanda para el cálculo de la demanda bruta.**

Uso	Superficies Empadronadas (ha), Coeficientes de Distribución y Eficiencias.					
	Derecho Definitivo	Derecho Eventual	Uso Público	Abastec. Población	Precio	Sobrantes
Atuel (ha)	56.903	43.559.7	99.7	100	554.6	1031.7
Coeficiente de reducción	1	0,8	0.8	1	0.8	0.8
Eficiencia en Finca		49,8%				
Eficiencia en Conducción		84.14%				
Eficiencia Global Total		41,9%				

Fuente: Elaboración propia DGI 2015

La tabla con las eficiencias de conducción medidas en distintos cauces de cada una de las UAM de uso conjunto se presentó anteriormente, y se indicó que la eficiencia de conducción alcanza un valor medio de 84.1 %, la que resulta del promedio ponderado de las eficiencias por unidad de manejo. Se destaca que se procede de esta manera para que el valor de eficiencia de conducción que caracteriza a la red de distribución de agua tenga el peso relativo a la superficie que riega cada UAM.

Reiterando lo ya explicado, se entiende por Demanda Bruta a la cantidad real de agua demandada para abastecer las necesidades de riego de los cultivos y usos no consumtivos. En su cálculo intervienen la Demanda Neta (necesidad real de riego de los cultivos entendida como fracción consumida), la eficiencia

<sup>4</sup> El presente balance hídrico considera todos los derechos y permisos de riego que están siendo utilizados para la irrigación de cultivos en las UAM de uso conjunto, con los coeficientes de distribución por categoría de concesión.

<sup>5</sup> Basa en los datos climáticos asignados a cada UAM

global del sistema y los usos culturales del agua. De estos conceptos se desprende que la demanda bruta es mayor a la demanda neta, por cuanto la cantidad de agua realmente demandada por los cultivos se ve incrementada por efecto de la eficiencia y de otros usos culturales del agua (lavado de suelos, defensa contra heladas, abonados, etc.). Esta demanda es tenida en cuenta en la modelación del balance hídrico actual por cuanto refleja la necesidad de riego real de los cultivos.

Por su parte, los valores de eficiencia de aplicación a considerar se encuentran en el rango de los valores indicados como riego por gravedad tradicional.

## 2-Balance hídrico actual para unidades administrativas de manejo en el área irrigada del río Atuel

### 2.1- Introducción

En este apartado se presentan la realización del balance hídrico para el río Atuel, es decir se presenta la relación entre oferta y demanda bruta por cada UAM del área irrigada por el río Atuel. Cabe aclarar que en el presente trabajo se presentan los resultados del balance hídrico de agua superficial, ya que este documento apunta al compromiso institucional del DGI con respecto al mandato constitucional del art. 194.

$$BH_{Río\ Atuel} = Oferta - Demanda_{Bruta}$$

Donde:

$BH_{Río\ Atuel}$  = Balance Hídrico del Río Atuel

$Oferta$  = Oferta del Río Atuel con el aporte de Aguaditas

$Demandad_{Bruta}$  = Suma de las  $Demandad_{Bruta\ UM}$

$$Demandad_{Bruta\ UM} = Sup_{E\ uso} \cdot C_{Distr} \cdot ET_c \cdot Ef_{Riego}$$

Donde:

$Sup_{E\ uso}$  = Superficie empadronada afectada al tipo de uso en la UAM.

$C_{Distr}$ = Coeficiente de distribución según categoría de derecho.

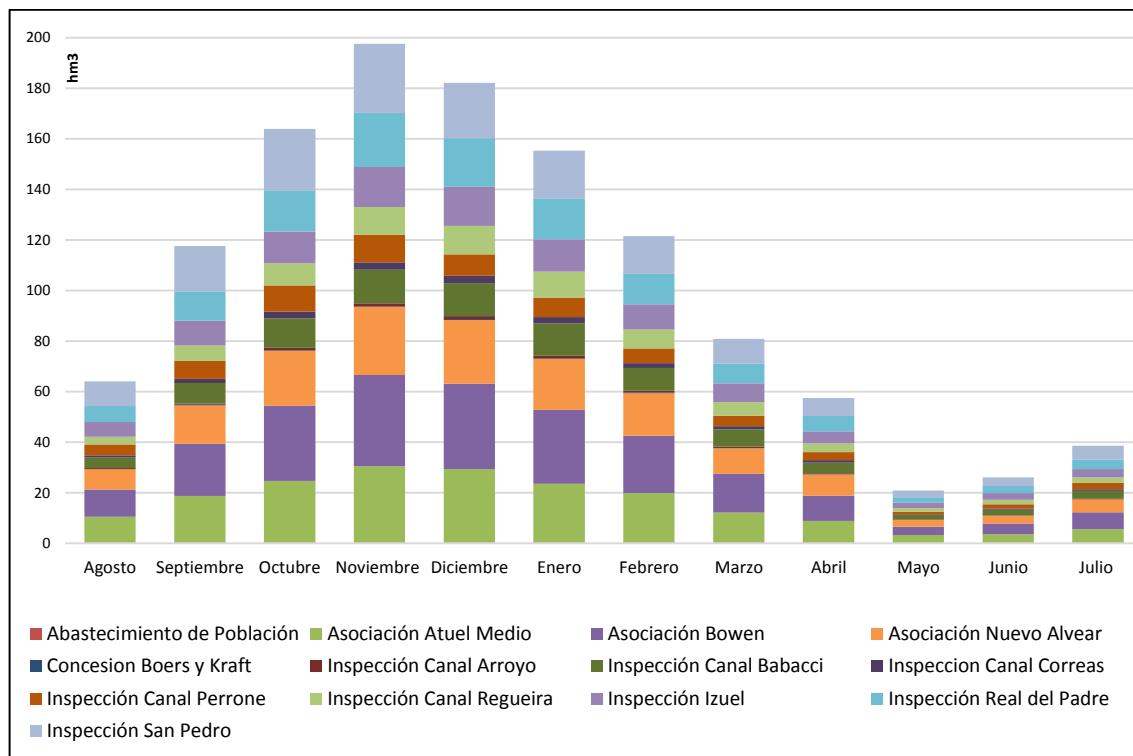
$ET_c$ = Evapotranspiración del cultivo.

$Ef_{Riego}$ = Eficiencia de riego actual.

Como ya se mencionó, para realizar el balance se construyó un modelo de simulación que fue ajustado y calibrado con una serie hidrológica para que todos los algoritmos del modelo estén dando resultados semejantes a lo que sucede en la realidad. Es decir, los resultados simulan y representan lo acontecido de manera satisfactoria y con respaldo estadístico.

### 2.2- Análisis de las demandas por unidades administrativas de manejo

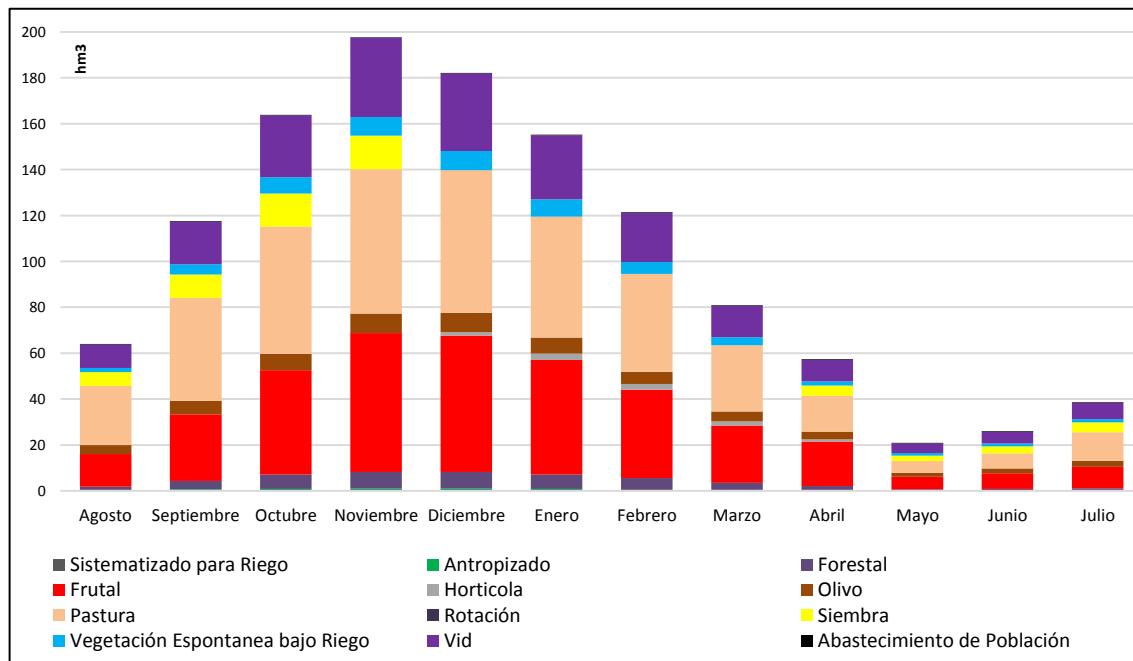
En las siguientes figuras se observan las demandas brutas mensuales, discriminadas por UAM (Figura 5.2) y por tipo de cultivo (Figura 5.3).



Fuente: Elaboración propia DGI 2015

**Figura 5.2: Demanda bruta por unidad administrativa de manejo para valores de eficiencia actual ( $\text{Hm}^3$ )**

En la Figura 5.2 se observa el comportamiento de la demanda por UAM a lo largo del año.



Fuente: Elaboración propia DGI 2015

**Figura 5.3: Demanda bruta por tipo de cultivo para la eficiencia actual ( $\text{hm}^3$ )**

En la Figura 5.3 se observa el comportamiento de la demanda por tipo de uso a lo largo del año, con su distribución estacional. Se advierte que los usos que mayor demanda de agua presentan son el cultivo de frutales, pasturas y vid.

A los efectos de contar con un detalle de las demandas brutas para todas las UAM de uso conjunto en la cuenca del río Atuel, se sintetizan los resultados en la Tabla 5.4. Además, en ella se puede observar información sobre las superficies empadronadas cultivadas y por ello demandante riego por UAM. También se indica en milímetros anuales, para llevar a términos agronómicos, el volumen que representa la demanda para cada UAM.

En la tabla precedente se detallan las demandas en mm de todas las unidades de manejo aguas abajo de Valle Grande. Las tomas aguas arriba del sistema de embalses quedan separadas del análisis. Solo se ha descripto su célula de cultivo, mediante una caracterización de uso de suelo similar a la utilizada para toda la cuenca y la superficie con derechos que se encuentra comprometida a ellas (Capítulo 4).

**Tabla 5.4: Resumen de demandas por Unidad Administrativa de Manejo para todos los derechos cultivados.**

UAM		Abastecimiento de Población	Concesión Boers y Kraft	Inspección Canal Arroyo Correas	Inspección Canal Perrone	Inspección Canal Babacci	Inspección Canal Regueira	Inspección Izuel	Inspección Real del Padre	Asociación Atuel Medio	Asociación Nuevo Alvear	Asociación Bowen	Inspección San Pedro	TOTAL	
<b>Abastecimiento de Población</b>	ha	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
<b>Sistematizado para Riego</b>	ha	0	0	0	712	1320	3992	1625	3739	3656	6083	3833	4035	6412	35407
	mm	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Forestal</b>	ha	0	57	59	16	83	97	15	81	157	110	113	204	288	1282
	mm	0.0	2793	2793	2555	2969	3595	3416	3518	3017	3214	2929	3177	4365	3406
<b>Frutal</b>	ha	0	0	80	466	114	911	1022	403	2999	2476	3572	3997	378	16418
	mm	0.0	0	1935	1772	2062	2557	2423	2480	2088	2263	2060	2236	3070	2214
<b>Hortícola</b>	ha	0	0	8	30	22	102	74	15	50	132	207	25	12	678
	mm	0.0	0	1269	1162	1348	1626	1551	1589	1299	1401	1267	1432	1952	1404
<b>Olivo</b>	ha	0	0	41	22	0	180	329	1991	75	28	31	9	0	2708
	mm	0.0	0	1720	1575	1836	2334	2198	2228	1874	2041	1854	2011	0	2202
<b>Pastura</b>	ha	0	0	20	54	1908	1044	175	870	584	3260	1254	3068	2684	14920
	mm	0.0	0	2262	2070	2411	2981	2823	2892	2458	2641	2403	2608	3581	2785
<b>Rotación</b>	ha	0	0	0	702	540	556	399	670	1071	1672	1619	1916	800	9946
	mm	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Siembra</b>	ha	0	0	10	141	925	109	16	45	253	203	500	764	1234	4200
	mm	0.0	0	1120	1024	1194	1515	1413	1432	1279	1367	1247	1298	1799	1416
<b>Vid</b>	ha	0	0	185	524	17	868	1646	772	1929	1581	2459	2008	346	12335
	mm	0.0	0	1464	1342	1564	1991	1880	1918	1586	1745	1587	1721	2361	1727
<b>Vegetación Espontánea bajo Riego</b>	ha	0	0	0	349	368	131	245	416	646	585	118	684	3542	
	mm	0.0	0	0	0	1219	1587	1495	1522	1229	1373	1248	1364	1864	1452
<b>Antropizado</b>	ha	0.0	23	0	21	57	114	0	85	287	0	126	0	0	713
	mm	0.0	849	0	779	907	1227	0	1153	907	0	946	0	0	989
<b>Total Usos Activos</b>	ha	0	80	401	1274	3474	3794	3409	4507	6752	8437	8847	10193	5627	56796
	mm	0.0	2241	1805	1500	1934	2371	2105	2280	1856	2221	1854	2183	2909	2153

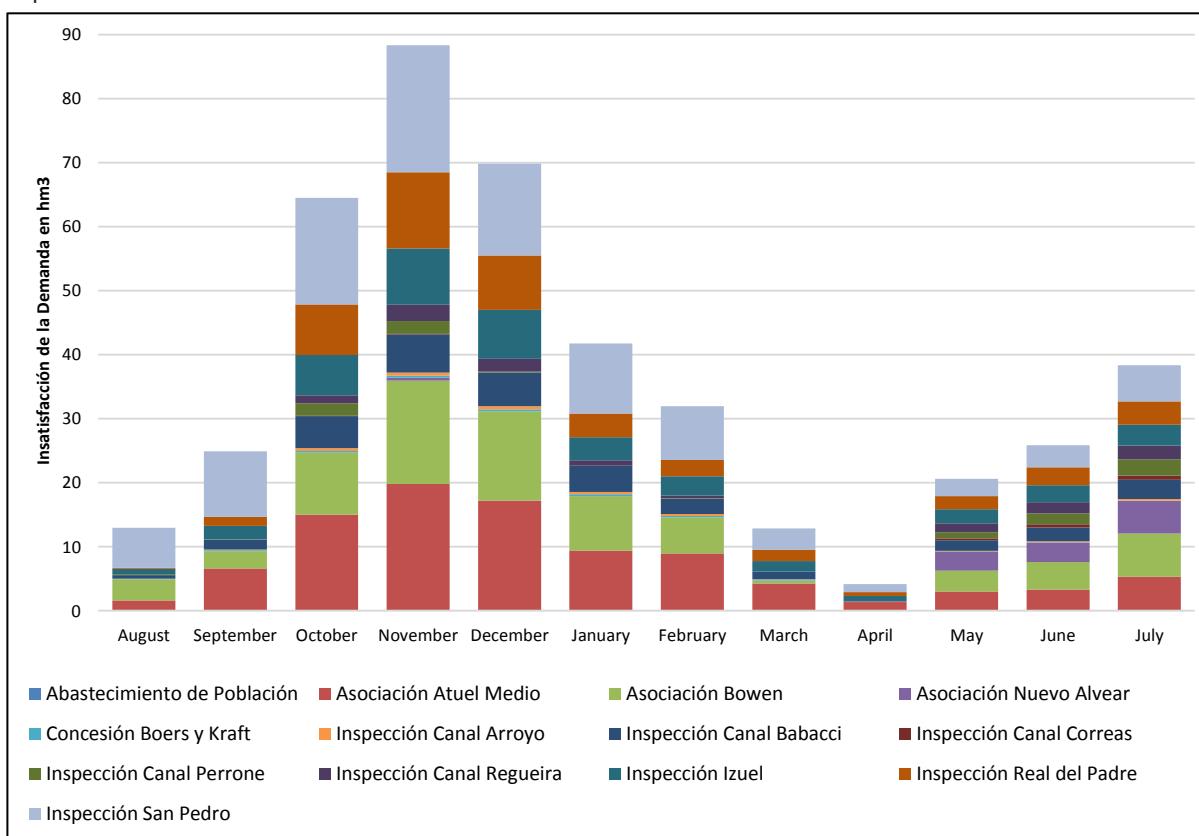
## 2.3- Análisis del balance hídrico

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 para el río Atuel. 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  $\text{hm}^3$ . 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.

### 2.3.1- 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.



Fuente: Elaboración propia DGI 2016

**Figura 5.4: Insatisfacción de la demanda en  $\text{hm}^3$  por UAM.**

En la Figura 5.4 están representadas todas las UAM abastecidas desde la presa Valle Grande y en ella se ponen de manifiesto los déficits mensuales generados por la relación oferta-demanda. En dicha figura se

observa que en octubre, noviembre y diciembre se presentan déficits de 64 hm<sup>3</sup>, 88 hm<sup>3</sup> y 69 hm<sup>3</sup> respectivamente, esto equivale a aproximadamente el 40% de la demanda para esos meses. También, pueden observarse las insatisfacciones generadas en los meses de mayo, junio y julio a causa de la corta anual necesaria para realizar los mantenimientos de la red 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 5.5. Aquí se expresan los déficits, mes a mes, y se observa el efecto de la corta anual de agua. Además, para una mejor comparación del indicador insatisfacción de la demanda, se consideró conveniente transformar el valor de volumen en hm<sup>3</sup> 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. Tratándose de láminas brutas, en las unidades agrícolas, representan menos del 4 % de la lámina bruta anual.

**Tabla 5.5: Insatisfacción de las demandas para la eficiencia actual.**

UM	Sup Emp.	Ago (hm <sup>3</sup> )	Sep (hm <sup>3</sup> )	Oct (hm <sup>3</sup> )	Nov (hm <sup>3</sup> )	Dic (hm <sup>3</sup> )	Ene (hm <sup>3</sup> )	Feb (hm <sup>3</sup> )	Mar (hm <sup>3</sup> )	Abr (hm <sup>3</sup> )	May (hm <sup>3</sup> )	Jun (hm <sup>3</sup> )	Jul (hm <sup>3</sup> )	Suma (hm <sup>3</sup> )	Total (mm)
Concesión Boers y Kraft	57	-0.06	-0.13	-0.25	-0.28	-0.29	-0.26	-0.20	-0.13	-0.07	-0.02	-0.03	-0.04	-1.77	-3083.35
Inspección Canal Arroyo	401	-0.06	-0.09	-0.44	-0.53	-0.52	-0.34	-0.26	-0.09	-0.00	-0.10	-0.17	-0.23	-2.84	-706.55
Inspección Canal Correas	1253	0.00	0.00	-0.04	-0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.28	-0.51	-0.65	-1.57	-125.63
Inspección Canal Perrone	3418	-0.11	-0.04	-1.96	-1.99	-0.17	0.00	-0.07	0.00	0.00	-1.00	-1.70	-2.53	-9.57	-279.88
Inspección Canal Babacci	3679	-0.57	-1.57	-5.02	-5.93	-5.23	-4.14	-2.43	-1.18	-0.22	-1.64	-2.14	-3.02	-33.10	-899.52
Inspección Canal Regueira	3409	0.00	0.00	-1.24	-2.55	-2.00	-0.84	-0.41	0.00	0.00	-1.37	-1.73	-2.19	-12.33	-361.75
Inspección Izuel	4422	-0.89	-2.13	-6.29	-8.84	-7.65	-3.61	-3.01	-1.65	-0.67	-2.18	-2.68	-3.24	-42.83	-968.64
Inspección Real del Padre	6465	-0.14	-1.39	-7.91	-11.90	-8.45	-3.68	-2.53	-1.74	-0.55	-2.07	-2.77	-3.66	-46.79	-723.74
Asociación Atuel Medio	8437	-1.62	-6.60	-15.03	-19.81	-17.22	-9.39	-8.98	-4.28	-1.38	-3.00	-3.31	-5.33	-95.94	-1137.10
Asociación Nuevo Alvear	8721	0.00	0.00	-0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.99	-3.06	-5.11	-11.61	-133.10	
Asociación Bowen	10193	-3.27	-2.71	-9.67	-16.16	-13.95	-8.55	-5.64	-0.44	0.00	-3.25	-4.29	-6.73	-74.65	-732.33
Inspección San Pedro	5627	-6.24	-10.22	-16.65	-19.81	-14.36	-10.93	-8.41	-3.39	-1.26	-2.71	-3.45	-5.66	-	-1831.88
Sub Total Río	56026	-12.89	-24.75	-64.23	-88.06	-69.55	-41.47	-31.76	-12.75	-4.07	-20.59	-	-38.34	-	-775.17
Abastecimiento de Población	100	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	0.00
Cuenca Completa	56026	-12.89	-24.75	-64.23	-88.06	-69.55	-41.47	-31.76	-12.75	-4.07	-20.59	-	-38.34	-	-775.17

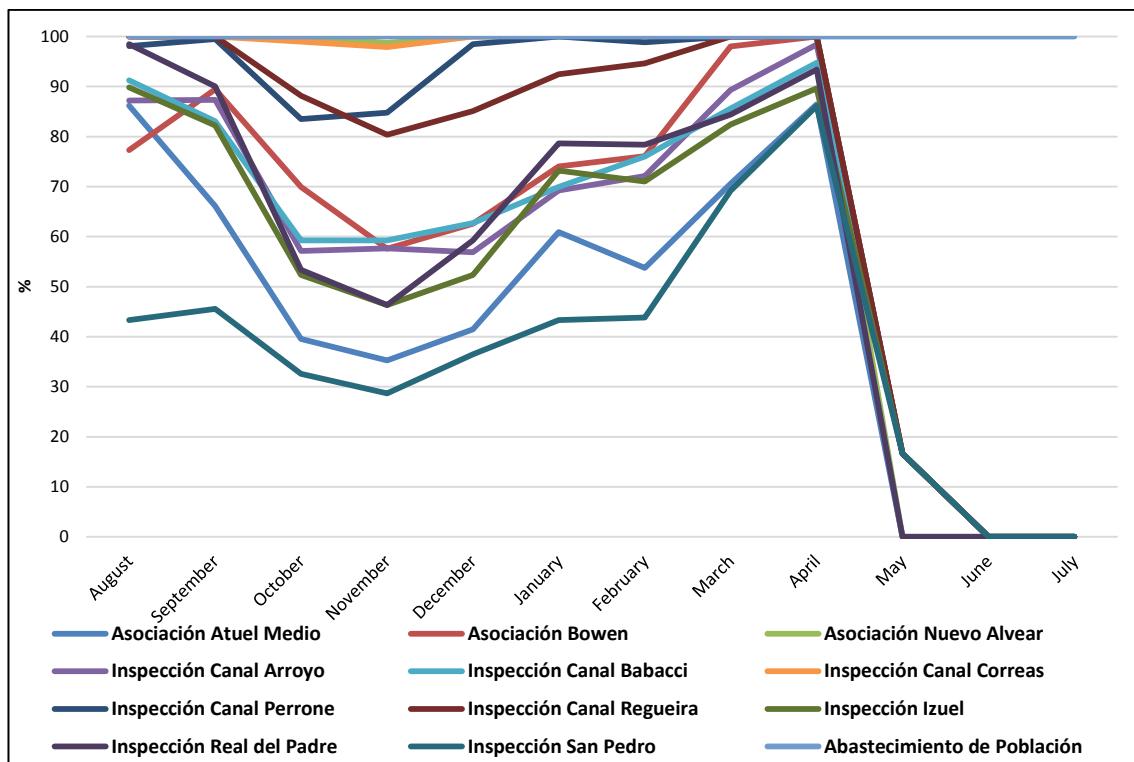
Elaboración propia DGI 2015 Cobertura de la demanda

Como ya se mencionó, la cobertura de la demanda mide en porcentaje la proporción de la demanda que es factible de satisfacer mes a mes con la oferta disponible. Ésta provee la base de análisis para poder establecer una relación con el concepto de garantía. En la Tabla 5.6 y en la Figura 5.5 se presenta el estado actual de cobertura de la demanda.

**Tabla 5.6: Cobertura de la demanda actual para los usos agrícolas.**

UAM	Sup Emp.	Demanda Bruta (hm <sup>3</sup> )	Oferta (hm <sup>3</sup> )	Suma de Fallos (hm <sup>3</sup> )	Cobertura por Suma de Fallos (%)	Balance Global Anual (hm <sup>3</sup> )	Cobertura Anual Global (%)
Concesión Boers y Kraft	57	1.79	1.56	-1.77	1.5%	-0.24	87%
Inspección Canal Arroyo	401	7.24	6.29	-2.84	60.8%	-0.96	87%
Inspección Canal Correas	1253	19.12	16.59	-1.57	91.8%	-2.53	87%
Inspección Canal Perrone	3418	67.19	58.29	-9.57	85.8%	-8.89	87%
Inspección Canal Babacci	3679	89.95	78.05	-33.10	63.2%	-11.90	87%
Inspección Canal Regueira	3409	71.76	62.26	-12.33	82.8%	-9.50	87%
Inspección Izuel	4422	102.75	89.16	-42.83	58.3%	-13.60	87%
Inspección Real del Padre	6465	125.34	108.75	-46.79	62.7%	-16.59	87%
Asociación Atuel Medio	8437	187.35	162.55	-95.94	48.8%	-24.79	87%
Asociación Nuevo Alvear	8721	163.98	142.28	-11.61	92.9%	-21.70	87%
Asociación Bowen	10193	222.49	193.05	-74.65	66.4%	-29.45	87%
Inspección San Pedro	5627	163.69	142.02	-103.08	37.0%	-21.66	87%
Sub Total Río	56083.3	1222.65	1060.84	-436.06	64.3%	-161.82	87%
Abastecimiento de Población	0	3.16	3.16	0.00	100.0%	0.00	100.0%
Cuenca Completa	56083.3	1225.81	1063.99	-436.06	64.4%	-161.82	87%

Fuente: Elaboración propia DGI 2016



Fuente: Elaboración propia DGI 2016

**Figura 5.5:Cobertura de la demanda en porcentaje para la eficiencia actual ( $\text{hm}^3$ ) por UAM.**

En la Tabla 5.6 y la Figura 5.5 se puede observar un descenso a fines de primavera que está asociado a mayores demandas, en consecuencia, menores coberturas a fines de primavera hasta que el aumento del deshielo en los meses de verano empieza a compensar este déficit, generando mayores coberturas de la demanda.

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 y almacenamiento de agua para mejorar la disponibilidad de volumen embalsado para la primavera, que es la época de mayor sensibilidad a la falta de cobertura de la demanda. Esta corta anual produce fallos en usos agrícolas que demandan suministro para cultivos hortícolas de invierno, pero se diferencian de los anteriores fallos, en que la falta de cobertura de la demanda, se produce por razones operativas, que son ajenas a la disponibilidad propia del agua.

Es importante aclarar que el modelo ha tenido en cuenta para el cálculo de la cobertura, la distribución hídrica promedio, 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 de la presa Valle Grande que comúnmente efectúan los operadores del sistema. 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 que luego fueron ejecutadas en la Cuenca del río Atuel.

**Tabla 5.7: Cobertura de la demanda por UAM escenario actual (%).**

UAM	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J
Inspección Canal Arroyo	87	87	57	58	57	69	72	89	98	17	0	0
Inspección Canal Correas	100	100	99	98	100	100	100	100	100	17	0	0
Inspección Canal Perrone	98	99	83	85	98	100	99	100	100	17	0	0

Inspección Canal Babacci	91	83	59	59	63	70	76	86	95	17	0	0
inspección Canal Regueira	100	100	88	80	85	92	95	100	100	17	0	0
inspección Izuel	90	82	52	46	52	73	71	82	90	17	0	0
inspección Real del Padre	98	90	53	46	59	79	78	84	93	0	0	0
Asociación Atuel Medio	86	66	40	35	41	61	54	71	86	0	0	0
Asociación Nuevo Alvear	100	100	100	99	100	100	100	100	100	0	0	0
Asociación Bowen	77	89	70	58	63	74	76	98	100	17	0	0
Inspección San Pedro	43	46	33	29	36	43	44	69	86	17	0	0

### 2.3.2- Interpretación de resultados de la situación actual

En la siguiente figura se observan tres barras diferentes que representan: la superficie cultivada, en miles de ha, la Cobertura por Suma de Fallos y el resultado de la Cobertura Anual Global. A continuación se presentan las principales interpretaciones.

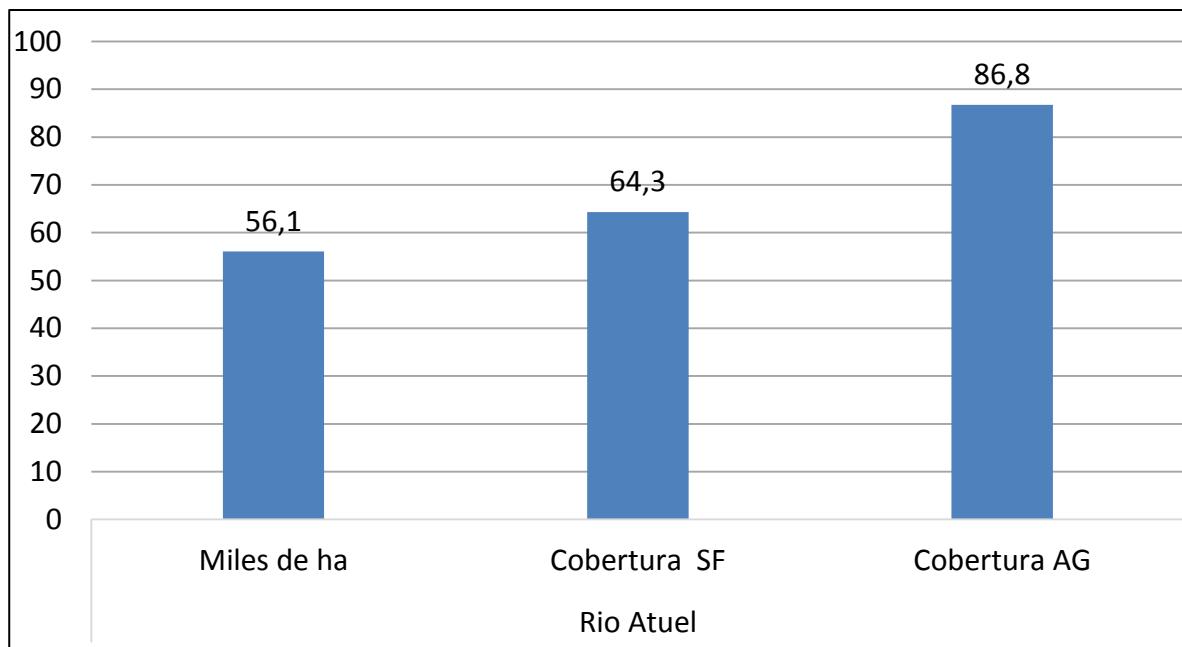


Figura 5.6: Escenario actual según superficie contemplada (miles ha), cobertura por suma de fallos (Cobertura SF) y cobertura anual global (Cobertura AG) en porcentaje.

En las tablas y figuras anteriores se reflejan de distintas formas las dificultades de abastecer adecuadamente las demandas actuales en el río Atuel.

Como en los otros ríos de la provincia, se han utilizado los conceptos de garantías que se han adoptado hace décadas en la Provincia, adoptados a partir de los estudios previos de la regulación en otra cuenca, la del río Mendoza, a partir 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 %”.

Si bien 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, se observa en el Atuel que no se satisfacen los criterios para establecer la garantía según la metodología mencionada en la mayoría de las UAM.

Y ello a pesar de tener parámetros de manejo que se consideran satisfactorios: la eficiencia de conducción, 84,14 % producto de las importantes inversiones realizadas en infraestructura de distribución, y también las eficiencias de riego medidas recientemente que también se consideran aceptables, máxime teniendo en cuenta que no se han incluido los requerimientos de lixiviación de sales.

Tanto la cobertura por suma de fallos (suma de todos los valores mensuales de balance negativo) como la cobertura anual global (relación de volúmenes disponibles menos demandas anuales, independientes de la oportunidad) muestran la dificultad de abastecer adecuadamente los cultivos implantados.

### **3- Resultados y discusiones**

A continuación se expone la interpretación general de los resultados y la descripción de directrices futuras que se proponen en virtud de la realización del balance hídrico de la Cuenca del río Atuel. 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 del balance hídrico.

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.

#### **3.1- 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 y definición 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.

#### **3.2- 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 la cuencas del río Tunuyán (río Tunuyán superior – 2014 - y río Tunuyán inferior -2015) y Balance Hídrico de la cuenca del río Mendoza, presentados en la Honorable Legislatura Provincial.

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, la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas del Gobierno de Mendoza, el Instituto Nacional del Agua, e Inspecciones y Asociaciones de Inspecciones Cauce del río Atuel.

### **3.3- Balance Hídrico Actual**

A los efectos del presente análisis, es importante destacar que se exhiben resultados e interpretaciones de aquellas unidades administrativas de manejo que se abastecen directamente desde el río Atuel, a partir de la presa Valle Grande.

Se ha presentado la modelación actual de la cuenca del río Atuel que representa en forma ajustada su funcionamiento, y que ha quedado corroborado por la calibración de los datos reales con los modelados. Para su ejecución se incorporaron las reglas de operación históricas de las UAM que reciben las erogaciones desde Valle Grande. También se han considerado las eficiencias actuales, las superficies cultivadas con derechos y los coeficientes de distribución utilizados a la fecha. Respecto a la calibración del modelo construido mediante el software WEAP, se trabajó en el ajuste de la hidrología aguas abajo de la presa Valle Grande, especialmente con la estación de aforo del río Atuel en Paso de la Arena. El proceso de calibración arrojó resultados satisfactorios permitiendo inferir que existe una alta correlación entre los valores medidos y los valores modelados en el software WEAP.

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 del modelo para el Balance Actual del río Atuel muestran que una vez satisfecho el abastecimiento poblacional que actualmente, sumando lo obtenido de fuentes superficial y subterránea, representa algo menos del 2 % de la oferta media, el remanente es caudal disponible para riego y otros usos. Del caudal disponible para riego, un 97% de los empadronamientos otorgados tienen como destino el riego agrícola y el arbolado público. Los resultados también 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 (distribución y aplicación) en la cuenca resulta satisfactorio, máxime que en este análisis no se ha agregado los requerimientos de lixiviación, que es agua útil que será incluida en sucesivos ajustes del balance.

Se advierte en virtud de los resultados obtenidos de este primer Balance Actual de la cuenca del río Atuel 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 64,3 % para el río Atuel. Por ello se estima que es imprescindible aumentar la cobertura de demanda incrementando los valores de eficiencia tanto de distribución como de aplicación.

Mediante la presentación del Balance Actual de la Cuenca del río Atuel, 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.

### **3.4- 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 Atuel, por la importante Insatisfacción de la Demanda y el bajo Balance Anual Global.

Se ha realizado el Balance Hídrico de la Cuenca del río Atuel en el marco de lo dispuesto por la Constitución Provincial, la Ley de Aguas y las Leyes provinciales Nº 386, Nº 430, Nº 6105. Estos antecedentes y la labor realizada en el presente balance hídrico, establece la necesidad de 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. A su vez el DGI a través de la Resolución 1086/2016 de Superintendencia ha elevado a la Secretaría de Ambiente de la provincia de Mendoza la propuesta de clasificación y protección de zonas agrícolas irrigadas en el marco del Plan Provincial de Ordenamiento Territorial, priorizando el uso agrícola.

De la información técnica producida en este balance hídrico, se puede observar que la llamada eficiencia externa alcanza el 84,1%. 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 84,1 litros a las tomas de las fincas. Por otra parte, se determinó que la eficiencia actual de aplicación parcelaria es de 49,8% 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 altos 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 la provincia de Mendoza.

### **4- Líneas de acción propuestas en el marco del balance hídrico.**

Será necesario reconsiderar y reestructurar la infraestructura de captación y conducción a los efectos de lograr una mayor flexibilización del sistema hídrico, permitiendo que pueda responder a incrementos estacionales en la demanda, y por consiguiente producir una mejora en las coberturas de la demanda.

También tendrán que reformularse los sistemas de distribución actuales, a los fines de adecuarlos a los nuevos escenarios de demanda propuestos por la optimización del modelo construido en el software WEAP.

Deberá replantearse 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. Hay 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 Provincia.

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 la preservación del recurso subterráneo.

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 organizaciones de usuarios, ya sea Asociaciones o 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 Atuel.

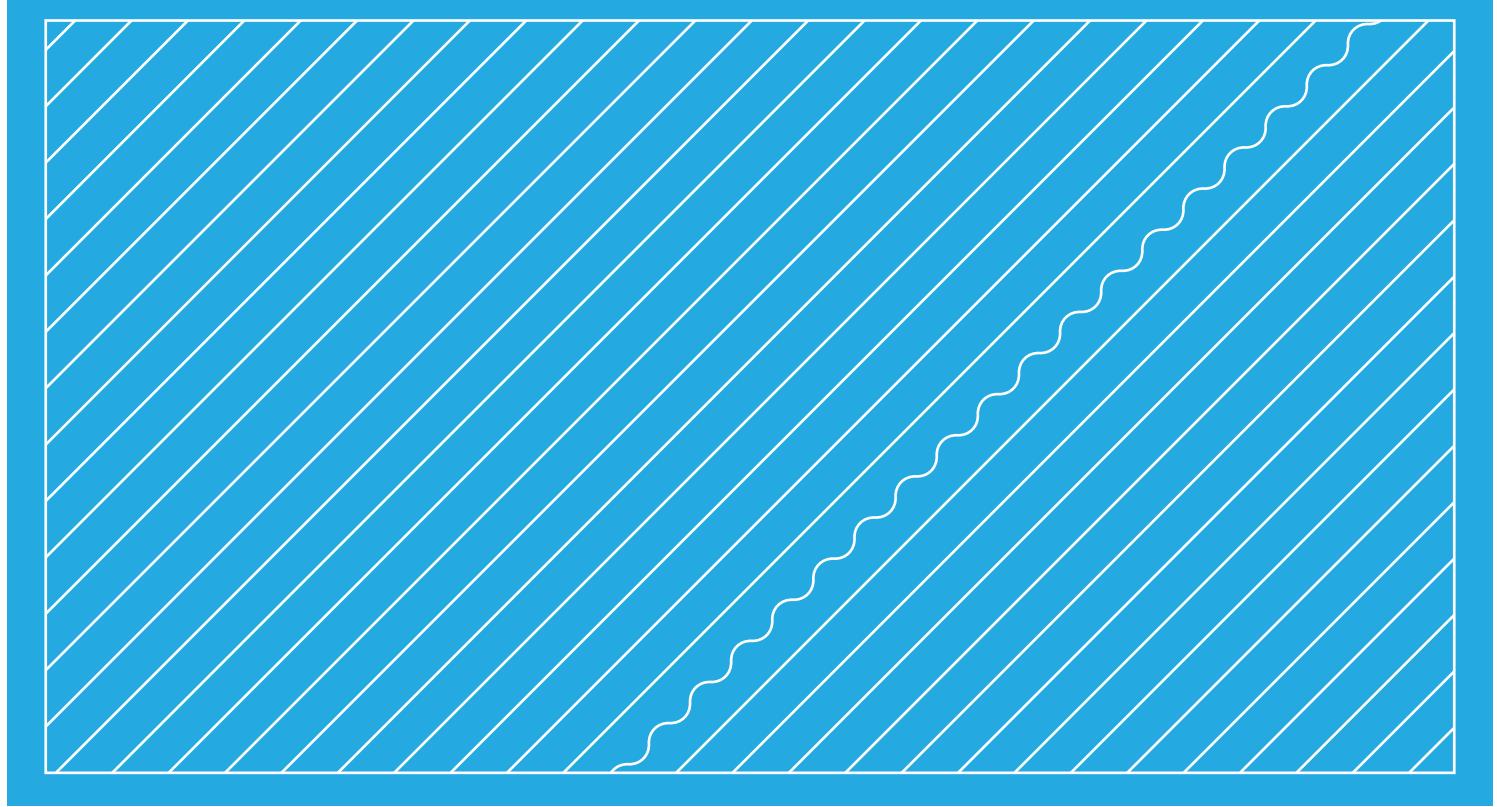
En concordancia con el Plan Agua 2020, se requiere profundizar y ampliar todas aquellas acciones que permitan modificar el esquema tradicional de distribución que opera a través de la oferta disponible para planificar las erogaciones. En este cambio de paradigma que se propone, y a través del conocimiento 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 planta. 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.

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.

## Bibliografía

- Abraham *et al.* 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.
- 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.
- 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.
- 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.



## **Anexo I**

# Estudio de la oferta hídrica de la cuenca del río Atuel

**IRRIGACIÓN**

## 1- Descripción de las subcuencas del río Atuel

Las subcuencas del río Atuel han sido ordenadas de acuerdo a una clasificación práctica en dos grupos: 1)- subcuencas generadoras de caudales y 2)- subcuencas de consumo o uso consuntivo.

En el primer grupo se incluyen: las cuencas de aporte permanente<sup>1</sup>, las de aporte temporal<sup>2</sup>, las aporte temporal con riesgo aluvional<sup>3</sup>, las de secano<sup>4</sup> y las cerradas. En el segundo grupo se incluye a las unidades administrativas de manejo, que son las áreas bajo riego donde se hace el aprovechamiento del agua y por ende donde se desarrollan las actividades agrícolas, sociales y productivas.

La cuenca del río Atuel (incluida la subcuenca del río Salado), incluye desde la parte alta de la cuenca hasta el límite con la provincia de La Pampa 76 subcuencas: 53 de aporte permanente, 14 subcuencas de aporte temporal, 9 subcuencas de aporte temporal con riesgo aluvional y 1 subcuenca cerrada, ubicada entre las cuencas de los ríos Atuel y Salado.

En la zona central de la cuenca, existe una potente zona aluvional, la cual se inicia en el cañón del Atuel hasta la zona de Las Malvinas Oeste. En estas cuencas aluvionales se ha registrado caudales instantáneos superiores a los 400 m<sup>3</sup>/s como la tormenta que ocurrió el 3/02/2006<sup>5</sup> entre la Central Hidroeléctrica Nihuil 1 y Nihuil 2 o la tormenta del 18/12/2009, aguas abajo de la presa Valle Grande, donde el cauce del río alcanzó los 150 m<sup>3</sup>/s.<sup>6</sup>

Los cauces aluviales que se ubican en el trayecto de 17 km aguas abajo de la presa Valle Grande son los aportes de mayor relevancia, no recibiendo en tramo posterior aportes de la magnitud de éstos. Para estudiar esta influencia, en el diseño de obra para la toma del Canal Marginal en 2001, se aplicó el modelo de evaluación de Crecidas HYMO 10 arrojando un caudal máximo de origen aluvional de 666m<sup>3</sup>/s, para un tiempo de retorno de 50 años (DGI, 2001).

En la Subdelegación de Aguas del ríoAtuel, se tiene registrada en el puente de la Ruta Provincial 200 y el río Atuel una creciente máxima del orden de los 150 m<sup>3</sup>/s, y según los operadores del dique Rincón del Indio de la creciente ocurrida durante el año 1982, circularon caudales cuyos valores oscilaron entre los 200 a 250 m<sup>3</sup>/s.

A continuación se describen las características físicas más representativas de las subcuencas mencionadas.

El 41,4% de las subcuencas del río Atuel poseen superficies menores a 25 km<sup>2</sup>, 24,1% poseen superficies comprendidas entre 25 y 50 km<sup>2</sup>, 17,5% entre 50 y 100 km<sup>2</sup> y 18,4% entre 100 y 200 km<sup>2</sup>. Solo el 4,6% de las mismas poseen superficies superiores a los 200 km<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>Subcuencas de aportación permanente: corresponden a los principales tributarios de los ríos, presentan caudales permanentes, con variación estacional a lo largo del año. La precipitación que reciben puede ser en forma de nieve, lluvia o mixto, dependiendo de la ubicación geográfica de las mismas.

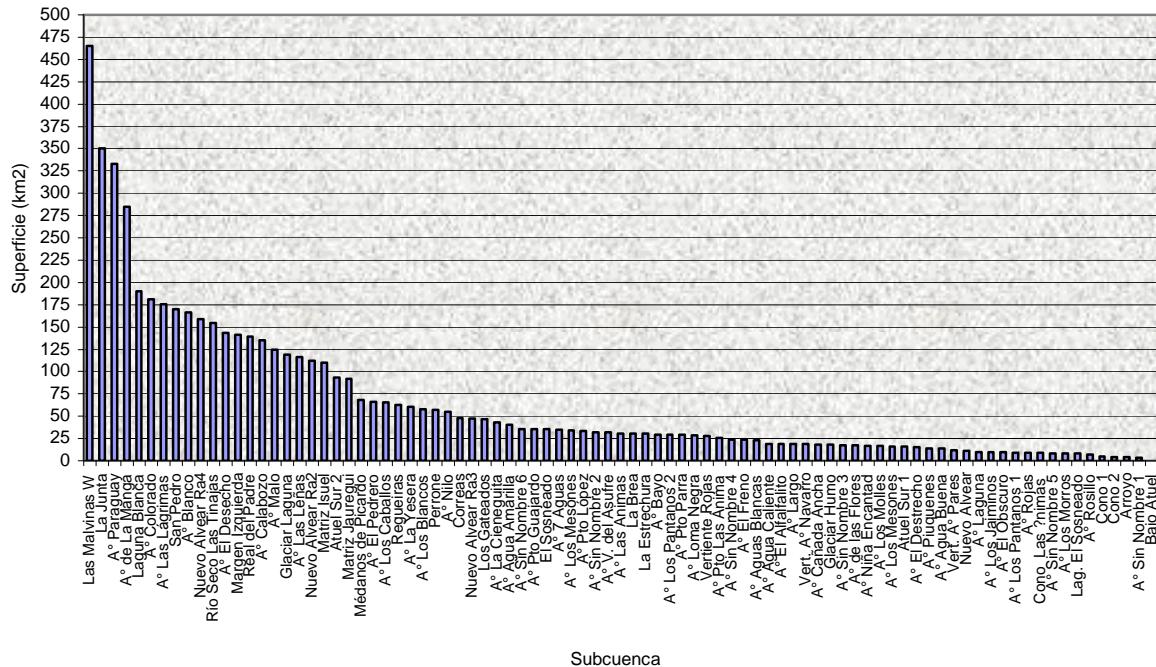
<sup>2</sup>Subcuencas de aportación temporal: son aquellas que poseen escrurimiento solo durante un periodo de tiempo determinado, que puede estar definido por los procesos de fusión y escrurimiento pero sin acumulación de nieve de un año para otro, o bien cuencas que presentan escrurimiento como consecuencia de la concentración de agua generada durante las tormentas.

<sup>3</sup>Subcuencas de aportación temporal con riesgo aluvional: Son subcuencas que presentan escrurimiento ocasional, generalmente durante las tormentas torrenciales de verano, pero además, representan un riesgo concreto para las propiedades o habitantes que se ubican bajo las mismas o su zona de influencia. Se caracterizan por poder generar caudales instantáneos muy importantes.

<sup>4</sup>Subcuencas de secano: Ha sido definida como tal a toda aquella superficie cuyo único aporte hídrico es de origen pluvial. Geográficamente se encuentran alejadas de cursos naturales de agua, y se encuentran en las zonas desérticas de la provincia.

<sup>5</sup> Esta información fue suministrada por el Ing. Mario Vassallo - Hidroeléctricas Los Nihuiles SA, 2016.

<sup>6</sup> Datos suministrados por la Subdelegación río Atuel, del Departament General de Irrigación

**Figura I.1. Superficie de las subcuenca del río Atuel**

Una discretización de la altitud media de las subcuenca del río Atuel, establece que el 20% de las mismas se encuentran a una altitud media superior a los 3.000 ms.n.m. El 25,5% de las mismas tienen una altitud media comprendida entre los 2500 y los 3000 ms.n.m y el 18 % lo hace entre los 2000 y 2500 ms.n.m. Las subcuenca que poseen altitudes medias comprendida entre 1500 y 2.000 ms.n.m, representan el 12 % del total, mientras que las subcuenca con alturas medias comprendidas entre los 500 y 1.500 ms.n.m suman 24.5 %. En la cuenca del río Atuel, la mayor altitud media la posee la subcuenca del glaciar de la Laguna, con 3647 ms.n.m en el oeste de la misma.

### Geomorfología de la cuenca del río Atuel

A continuación se muestra el mapa geomorfológico de la zona sur de la provincia de Mendoza, y las referencias correspondientes a cada geoforma y unidad morfoestructural (Abraham, 2000).

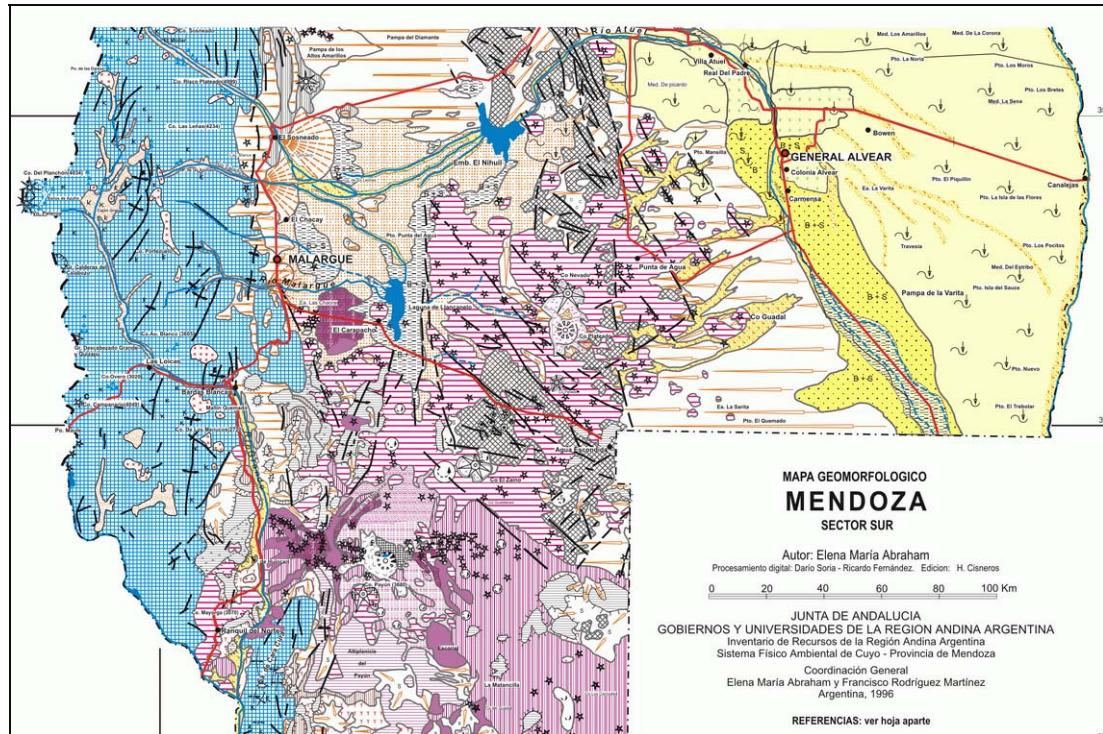


Figura I.2. Mapa geomorfológico – Zona sur de Mendoza

## BALANCE HÍDRICO RÍO ATUEL

**Tabla I1: Referencia mapa geomorfológico – Zona sur de Mendoza**

**MAPA GEOMORFOLOGICO DE LA PROVINCIA DE MENDOZA**

REFERENCIAS		Autor: ELENA MARIA ABRAHAM
<p>Este mapa ilustra la compleja geomorfología de la provincia de Mendoza, Argentina. Se detallan las principales unidades morfológicas y sus procesos endógenos y exógenos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Unidades Morfológicas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>CORDILLERA PRINCIPAL:</b> Originada por la orogenia andina en unidades metamórficas y sedimentarias metacíticas.</li> <li><b>CORDILLERA FRONTAL:</b> Originada por la orogenia andina. Sedimentación y metamorfismo paleozoicos.</li> <li><b>PRECORDILLERA:</b> Angulo por orogenia tectónica y desplazamiento por el desplazamiento andino. Sedimentación y metamorfismo paleozoicos.</li> <li><b>VALLES Y BREVES:</b> Desarrollados por el desplazamiento andino.</li> <li><b>VALLES Y BREVES DE RACHUNELLES:</b> Desarrollados por el desplazamiento andino.</li> <li><b>GRAN DEPRESION CENTRAL:</b> Desarrollada por el desplazamiento andino.</li> <li><b>GRAN DEPRESION CENTRAL O:</b> "DE LOS HUAPYES".</li> <li><b>GRANOS VOLCANICOS DE LA PAYUNIA:</b> Desarrollados por el desplazamiento andino.</li> <li><b>BLOQUE DE SAN RAFAEL:</b> Desarrollado por el desplazamiento andino.</li> <li><b>BLOQUE DE LOS SALTOS:</b> Desarrollado por el desplazamiento andino.</li> <li><b>LLANURA OESTE:</b> Desarrollada por el desplazamiento andino.</li> <li><b>LLANURA ORIENTAL:</b> Desarrollada por el desplazamiento andino.</li> </ul> </li> <li><b>Procesos Endógenos:</b> Se detallan los procesos tectónicos y magmáticos que han configurado la provincia.</li> <li><b>Procesos Exógenos:</b> Se detallan los procesos erosivos y de sedimentación que han modelado la superficie.</li> <li><b>Otras Referencias:</b> Se incluyen datos estructurales, indicadores y referencias bibliográficas.</li> </ul>		

## 2- Comportamiento Hidrológico Superficial de Cauce

### 2.1- Río Atuel

#### 2.1.1- Régimen hidrológico

A continuación se indica la localización y la serie de datos disponible de las estaciones de aforo a cargo de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación en el río Atuel y en el río Salado, su principal afluente.

**Tabla I.2: Ubicación de las estaciones de aforo de la cuenca del río Atuel**

Estación	Río	Latitud	Longitud	Altura (m s.n.m)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Serie
El Sosneado	Atuel	35°05'00''	69°38'00''	1200	2385	1972-2015
Loma Negra		35°13'33''	69°08'20''	1340	3860	1980-2015
La Angostura		35°05'57''	68°52'26''	1200	3800	1906-2015
Carmensa		35°10'00''	67°45'00''	444	4200	1985-2015
Cañada Ancha	Salado	35°13'00''	69°46'00''	1700	810	1940-2015

#### 2.1.2- Caudales medios mensuales

Para el río Atuel y el río Salado se ha realizado el cálculo de los caudales medios mensuales para los datos diarios de la serie histórica disponible. A partir de esta información, fue calculado el caudal mensual promedio, máximo y mínimo, y el módulo del río. En las tablas siguientes se indican estos valores.

**Tabla I.3: Caudales medios mensuales (m<sup>3</sup>/s) del río Salado. Estación Cañada Ancha. Serie (1940-2015)**

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Modulo
Prom.	5.25	5.70	7.31	12.11	20.28	23.32	15.99	8.88	6.21	5.11	5.30	5.32	10.11
Máx.	11.75	12.28	16.00	22.84	73.29	82.71	38.28	28.65	16.94	12.06	13.09	12.29	
Mín.	1.43	1.75	2.23	2.43	4.12	2.88	2.35	2.09	1.97	1.91	1.69	1.50	

**Tabla I.4: Caudales medios mensuales (m<sup>3</sup>/s) del río Atuel. Estación La Angostura. Serie (1906-2015)**

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Mód.
Prom.	21.40	21.30	22.62	28.54	41.08	58.07	64.34	52.31	37.35	26.17	23.91	22.70	34.98
Máx.	41.00	38.00	49.03	51.79	79.63	130.68	156.68	119.39	70.00	61.00	48.00	43.00	74.02
Mín.	13.09	12.00	10.35	12.01	19.80	22.41	24.76	27.81	20.06	13.70	12.20	11.05	16.60

Como ya se mencionó anteriormente, la serie 1954 – 2015, es una serie consistente y comparable para todos los ríos de la provincia de Mendoza. A continuación se presentan los caudales mensuales promedio, máximo y mínimo, el módulo del río y el derrame anual, calculados para la serie hidrológica considerada de julio a junio.

**Tabla I.5: Caudales medios mensuales (m<sup>3</sup>/s) del río Atuel. Estación La Angostura. Serie (1954-2015)**

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Mod.	Derr. <sup>7</sup>
Prom.	22,12	22,11	23,48	29,31	43,36	59,45	62,58	49,09	35,39	25,91	24,16	23,13	35,08	1106,2
Máx.	37,58	36,90	49,03	51,79	79,63	130,68	156,68	119,39	69,00	45,43	36,11	37,53	70,81	2233,2
Mín.	14,22	14,40	10,35	12,01	19,80	22,41	24,76	28,10	20,06	13,70	12,20	11,05	16,92	533,6

<sup>7</sup>El Derrame está expresado en hm<sup>3</sup>

## 2.1. 3- Pérdidas del sistema de presas Nihuil y Valle Grande

Las pérdidas del sistema de presas Nihuil y Valle Grande se calculan para los años comprendidos entre 2000 y 2014. Matemáticamente, por diferencia de presas, al considerar los ingresos y erogaciones, es posible determinar las pérdidas por evaporación e infiltración del sistema de presas Nihuil y Valle Grande en conjunto, y se utiliza la siguiente ecuación,

$$PSE = Vol\ ing\ LA_n + [Vol\ (Nh + VG)_n - Vol\ (Nh + VG)_{n-1}] - Vol\ erg\ VG_n$$

Donde:

PSE: Pérdidas sistema presas ( $hm^3$ )

$Vol\ ing\ LA_n$ : Ingreso en La Angostura día n ( $hm^3$ )

$Vol\ (Nh + VG)_n$ : Volumen del presa Nihuil + Valle Grande día n ( $hm^3$ )

$Vol\ (Nh + VG)_{n-1}$ : Volumen del presa Nihuil + Valle Grande día n-1 ( $hm^3$ )

$Vol\ erg\ VG_n$ : Volumen erogado desde Valle Grande día n ( $hm^3$ )

Las pérdidas porcentuales del sistema Nihuil y Valle Grande en conjunto, fueron calculadas en forma diaria, y computadas anualmente.

**Tabla I.6: Pérdidas anuales por infiltración y evaporación en ambos presas (valores en % de volumen anual)**

Año	2000	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12 <sup>8</sup>	13	14	Pro m
Pérdida s %	11%	8 %	3 %	9 %	11 %	9 %	13 %	13 %	10 %	11 %	11 %	8 %	13 %	18 %	19 %	11%

## 2.1.4- Estudios sobre años característicos

Para el caso del río Atuel, y tomando como erogación media histórica el valor de  $1098\ hm^3$  correspondiente a la serie 1907 – 2015 y considerando el año hidrológico de julio a junio, obtenemos lo siguiente.

En la figura I.3 se presenta el criterio que posee el DGI a la hora de calificar cualitativamente el año hidrológico. El mismo posee 7 intervalos, que dependen del caudal medio.

La figura I.3 representa la diferencia entre las erogaciones anuales en  $hm^3$  del río para los 108 años de los que se tiene mediciones y su media histórica de  $1098\ hm^3$  (valores medidos en la estación La Angostura). Los valores positivos (azul) representan años donde los caudales han sido mayores a la media, en cambio los años que poseen datos negativos (en rojo) son años con caudales menores a la media.

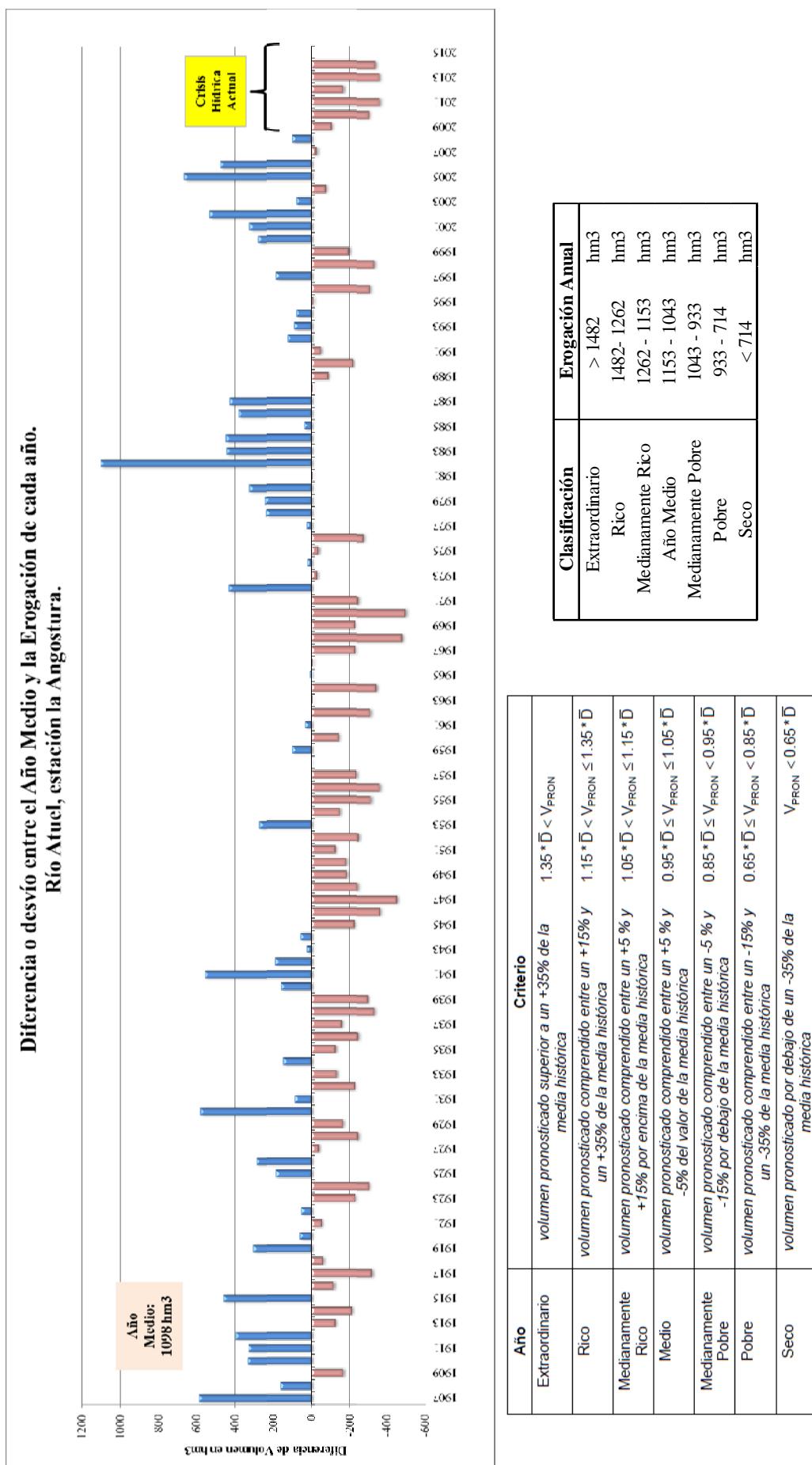
Si contamos el número de años en los que la diferencia entre el volumen erogado y la media fue de  $384\ hm^3$  y de  $-384\ hm^3$  (años extraordinarios y años secos respectivamente), podemos notar que existen solamente 3 años secos, en cambio existen 13 años extraordinarios.

Ahora bien si buscamos años pobres y secos; y los comparamos el número de años ricos y extraordinarios; observamos que la situación cambia, mientras que existen 27 años de abundancia hídrica, se registraron 36 años pobres y secos (siempre analizado la abundancia o escases en términos de la oferta).

<sup>8</sup> Sin datos SRH 01/07/12 al 03/11/2012.

Si vamos un paso más delante de nuestro análisis y contamos el número de años cualificados como años pobres (erogaciones entre  $933$  y  $714 \text{ hm}^3$ ) y lo comparamos con la cantidad de años que se registraron años ricos (erogaciones entre  $1482 \text{ hm}^3$  y  $1262 \text{ hm}^3$ ) vemos que existen 14 años ricos, contra 33 años pobres.

Esta distribución nos dice que existieron mayores períodos con caudales menores a la media que períodos con caudales mayores a la media. Con diferencia que estos últimos fueron notablemente más intensos, en término absoluto, que los primeros. En el Figura I.3 se aprecia este fenómeno con mayor detalle.



Si nos alejamos un poco de la clasificación brindada por el DGI y dividimos la serie en intervalos, teniendo en cuenta la regla de Stugers:

$$N_i = 1 + 3,3 \log N$$

Donde  $N_i$  es el número de intervalos,  $N$  es el número de datos. Para nuestro caso  $N = 107$  entonces,  $N_i = 7,6$ , realizando una aproximación por exceso queda  $N = 8$ . Por ende dividimos la serie en 8 intervalos iguales y calculamos las frecuencias relativas que se observa en la siguiente figura.

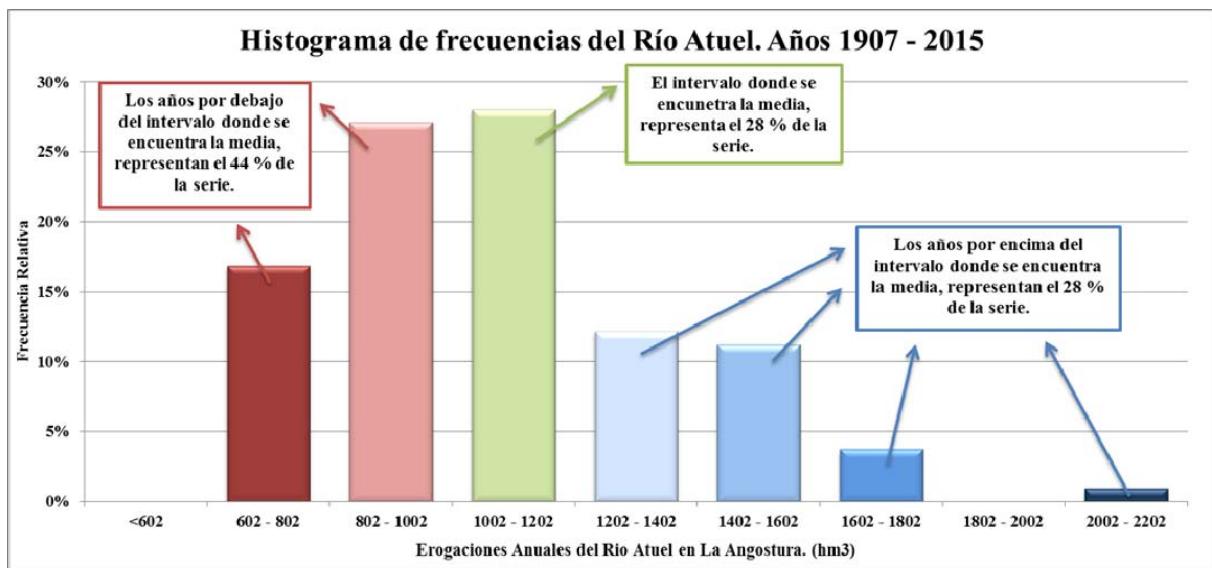


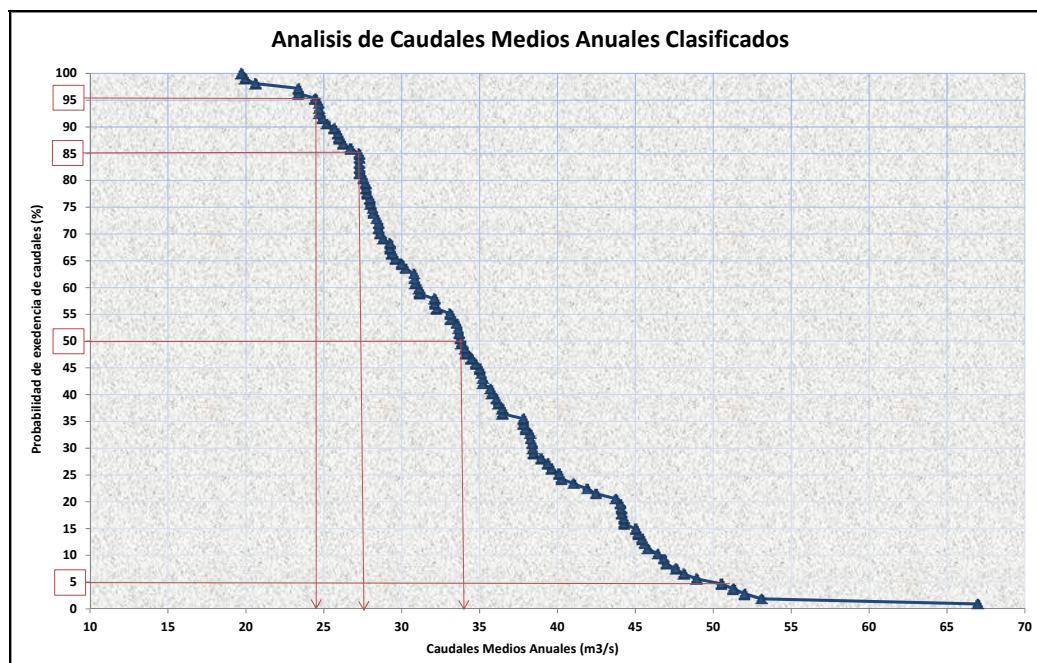
Figura I.4: Histograma de frecuencias del río Atuel. Años 1907 – 2015.

Al analizar el histograma de frecuencias se llegan a las mismas conclusiones que el análisis anteriormente realizado. Mientras que el intervalo donde se encuentra la media es efectivamente el intervalo modal (ósea, el intervalo donde caen la mayor cantidad de observaciones), este representa el 28% de los años. Los períodos de riqueza hídrica, representan también el 28% de los años de la serie, mientras que los años de pobreza hídrica representan el 44%.

Los valores probabilísticos de los caudales medios del río Atuel se analizan a través de la aplicación de la fórmula de Weibull y del trazado de la curva de caudales medios anuales clasificados, y ambos se muestran en la Tabla I.7 y en la Figura I.5, respectivamente.

Tabla I.7: Río Atuel - Caudales característicos

Q Máx	69,70	m³/s
Q 5%	50,80	m³/s
Q modulo	34,60	m³/s
Q 50%	33,80	m³/s
Q 85%	25,20	m³/s
Q 95%	23,40	m³/s
Q Min	19,10	m³/s



**Figura I.5: Curva de caudales clasificados. Estación La Angostura. Serie (1906-2000)**

Los caudales máximos anuales del río Atuel medidos en la estación La Angostura analizados mediante la distribución Gumbel (EVI) Tipo I dan como resultados los valores mostrados en la tabla siguiente.

**Tabla I.8: Resumen de caudales máximos anuales para distintos tiempos de retornos. Estación La Angostura. RíoAtuel**

TRAños <sup>9</sup>	Fx <sup>10</sup>	P(x)	Caudal m <sup>3</sup> /s)
200	0,995	0,005	204,3
100	0,990	0,010	186,8
50	0,980	0,020	169,3
25	0,960	0,040	151,6
10	0,900	0,100	127,8
5	0,800	0,200	108,9
2	0,500	0,500	80,5

## 2.1.5- Evaluación de las Pérdidas del Recurso Superficial en la Zona de La Junta

El cálculo de las pérdidas de infiltración en la zona de La Junta se calculan utilizando los registros de caudales de las estaciones Puente Sosneado, Cañada Ancha, Loma Negra y La Angostura para la serie 1981 – 2015.

Con tal motivo se ha caracterizado cada una de las estaciones mencionadas con las siguientes abreviaciones: Puente Sosneado en el ríoAtuel (PS), Cañada Ancha en el río Salado (CA), Loma Negra en el ríoAtuel (LN) y La Angostura en el ríoAtuel (LA)

La abreviación del nombre de cada estación corresponde a los caudales medios mensuales de cada una de ellas. El balance de los recursos de la zona se resolvió siguiendo la siguiente ecuación, donde  $P$  representa las pérdidas totales por infiltración en la zona de La Junta, más la evapotranspiración entre La Junta y la sección de aforo La Angostura,

$$P = PS + CA - LA$$

<sup>9</sup>TR: Tiempo de Retorno

<sup>10</sup>Fx: Frecuencia

En la Tabla I.9 se muestran los resultados obtenidos y en la Figura I.6 se muestra la representación gráfica correspondiente.

Tabla I.9: Cálculo de pérdidas en La Junta. Serie (1981 –2015)

		Jul	Ag o	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Ma r	Abr	Ma y	Jun	Medi o
Oferta Hídrica Atuel Superior*	(m <sup>3</sup> /s)	25,8	26,3	28,8	38,2	64,9	94,6	94,6	71,1	48,7	32,4	29,2	27,0	48,5
Oferta Hídrica Loma Negra	(m <sup>3</sup> /s)	22,1	21,9	23,4	28,7	42,4	59,6	62,8	48,3	34,6	25,1	23,7	23,1	34,7
Diferencia entre Oferta Hídrica Atuel Superior* y Loma Negra	(m <sup>3</sup> /s)	-3,7	-4,4	-5,4	-9,6	-22,5	-35,0	-31,8	-22,8	-14,2	-7,3	-5,6	-3,9	-13,8
Diferencia entre Oferta Hídrica Atuel Superior* y Loma Negra	(%)	-14%	17%	19%	25%	35%	37%	34%	32%	29%	23%	19%	15%	-29%
Oferta Hídrica en La Angostura	(m <sup>3</sup> /s)	24,0	24,4	26,0	31,7	46,1	62,6	65,9	51,9	38,0	28,1	26,2	25,1	37,6
Diferencia Oferta Hídrica Atuel Superior <sup>11</sup> y La Angostura	(m <sup>3</sup> /s)	-1,7	-1,9	-2,8	-6,6	-18,9	-32,0	-28,7	-19,2	-10,7	-4,3	-3,1	-1,9	-10,9
Diferencia Oferta Hídrica Atuel Superior* y La Angostura	(%)	-7%	7%	10%	17%	29%	34%	30%	27%	22%	13%	10%	-7%	-22%
Diferencia Loma Negra- La Angostura	(m <sup>3</sup> /s)	1,9	2,5	2,6	3,0	3,7	2,9	3,1	3,6	3,5	3,0	2,5	2,0	3,0
Diferencia Loma Negra- La Angostura	(%)	9%	11%	11%	11%	9%	5%	5%	8%	10%	12%	11%	9%	9%

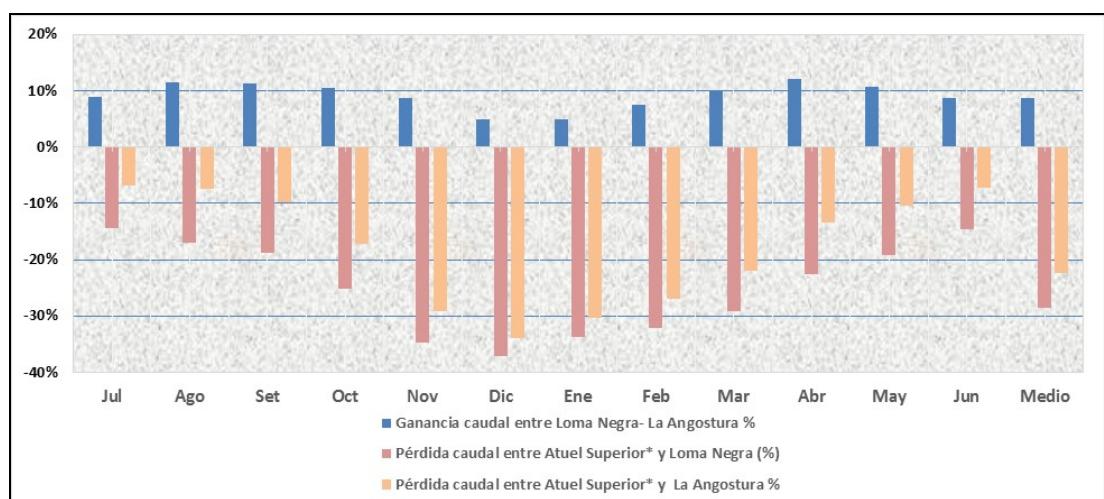


Figura I.6:Pérdida porcentual en La Junta vs aporte subsuperficial entre Loma Negra y La Angostura

En la Figura anterior se presenta la proporción de las pérdidas del río Atuel hasta Loma Negra y hasta La Angostura.

<sup>11</sup>Corresponde a la suma de los caudales medios mensuales aforados en las estaciones Cañada Ancha (río Salado) y Puente El Sosneado (río Atuel)

Los caudales medios mensuales de las estaciones La Angostura, Loma Negra y la suma de Puente Sosneado y Cañada Ancha, para el período comprendido entre 1981 y 2015 se representan en la Figura I.7.

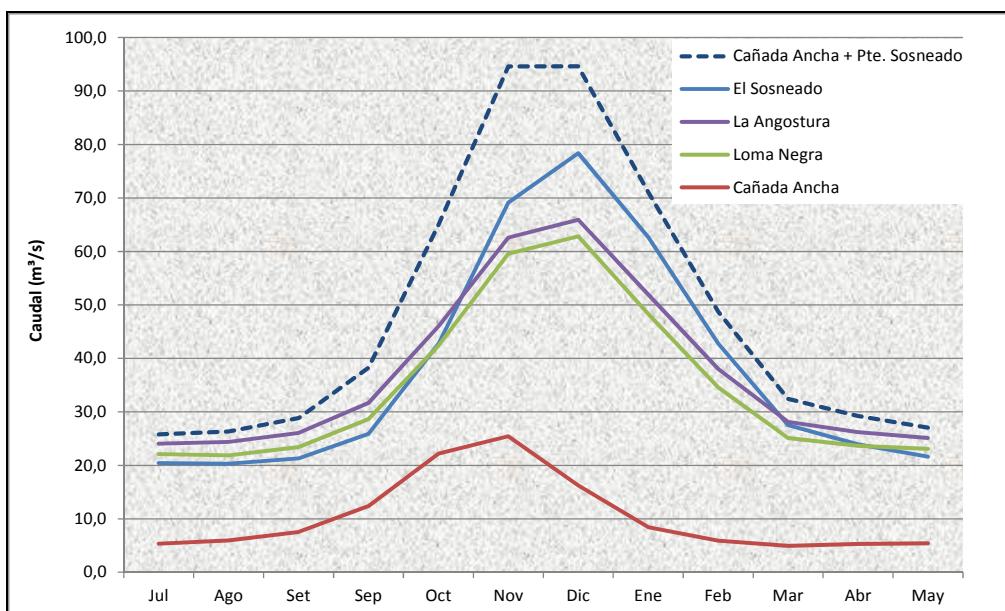


Figura I.7:Hidrogramas de los Caudales de las estaciones del río Atuel y pérdidas en La Junta

### **3- Infraestructura hidráulica disponible**

#### **3.1- Presas y Diques de Derivación**

##### **3.1.1- Presa El Nihuil**

Ubicado en las coordenadas 68°10'36" O y 35°01'21"S, en el departamento de San Rafael, distrito del El Nihuil, es la obra cabecera del Sistema de Aprovechamiento Hidroeléctrico del río Atuel. Se accede al mismo, desde la capital departamental, recorriendo 75 km por la Ruta Nacional Nº 144 y empalmando con la Ruta Provincial Nº 180, en camino totalmente asfaltado.

La presa es de hormigón, tipo gravedad, con planta curva, su longitud es de 325 m y posee una altura máxima desde la fundación de 26 m. La cota de coronamiento es de 1254 ms.n.m. Su construcción demandó 53000 m<sup>3</sup> de hormigón, y comenzó en el año 1941, concluyendo en 1947, siendo inaugurada oficialmente en el año 1948.

El dique se continúa con un vertedero lateral, sin órganos de regulación de crecidas hasta la margen derecha. Posee una longitud de 150 m y una capacidad de descarga de 600 m<sup>3</sup>/s, siendo la crecida de proyecto para el río Atuel. Los descargadores de fondo (eventual toma de riego), se encuentran ubicados a la izquierda, constituidos por cuatro conductos de 1,80 m de diámetro que atraviesan el cuerpo de la presa, en los que se han dispuesto válvulas de cierre y de regulación con dispersores. Sobre margen izquierda, se encuentra la obra de toma que conduce los caudales hacia la central hidroeléctrica Nihuil I, a 7 Km de la presa mediante un túnel excavado en roca, revestido en hormigón de 4m de diámetro, ésta es de tipo exterior, encontrándose en funcionamiento desde el año 1957.

##### **3.1.2- Presa Aisol**

Es una estructura de hormigón tipo gravedad, de planta recta, de 85 m de longitud, con vertedero incorporado a la misma y sin elementos de regulación de crecidas. Tiene una altura máxima de 40 m desde su fundación. Sus coordenadas son 68°38'20" O y 35°00'16" S; accediendo por la Ruta Provincial Nº 173, camino de tierra, que va paralelo al río Atuel y lo acompaña desde el dique El Nihuil hasta la salida del río del cañón que este forma.

Para su construcción se emplearon 30635 m<sup>3</sup> de hormigón y finalizó en el año 1968. A los efectos de derivar caudales por la obra de toma ubicada en la margen derecha, hacia la central Nihuil II, la presa posee un túnel excavado en roca, revestido en hormigón de 4,80 m de diámetro y 10 km de longitud.

##### **3.1.3- Presa Tierras Blancas**

Este cierre es de hormigón, tipo gravedad, de eje recto, con una longitud de 122 m incluido el vertedero, posee una altura máxima de 38 m desde su fundación. La cota de coronamiento es de 891ms.n.m., sus coordenadas son 68°36'34" O y 34°54'16" S.

En su cuerpo se halla alojado el descargador de fondo, con dos compuertas de sector, accionadas hidráulicamente. Su construcción finalizó en 1972 y se emplearon aproximadamente 32800 m<sup>3</sup> de hormigón. La obra de toma, es de tipo torre, de hormigón armado, ubicada sobre la margen derecha conduciendo los caudales por túnel excavado en roca, revestido en hormigón sección herradura de 4,80m de diámetro, hacia la central Nihuil III de tipo exterior.

##### **3.1.4- Presa compensadora Valle Grande**

Es un cierre de estructura aligerada, tipo Noetzli-Alcorta, de hormigón, tiene una longitud de 300 m y su cota de coronamiento es de 815,65 ms.n.m., ubicado en las coordenadas 68°29'49" O y 34°48'54" S. Posee una altura máxima de 115 m. desde su fundación. Sobre su cuerpo se desarrolla el vertedero, con perfil Creager, sin órganos de regulación y con capacidad de descarga de 600 m<sup>3</sup>/s. Para su construcción se emplearon 700000 m<sup>3</sup> de hormigón y fue inaugurada en 1964.

Posee un sistema de descarga para riego, compuesto por descargadores de fondo, tres válvulas Howell-Bunger. El gobierno de la provincia de Mendoza construyó el sistema hidroeléctrico Nihuil IV, esta innovación modificó la disposición de las válvulas. La conducción se utiliza para alimentar una turbina Kaplan de 25 MW de potencia, previendo para su generación utilizar los caudales de riego fijados por el Departamento General de Irrigación. En caso de no generar, el sistema de riego es atendido por las válvulas anteriormente citadas, ubicadas conforme al nuevo proyecto.

### **3.1.5- Dique derivador Rincón del Indio**

Está ubicado a 15 Km al norte de la ciudad de General Alvear, en el distrito de Real del Padre, departamento de San Rafael, se accede por la Ruta Nacional Nº 143, sus coordenadas son 67°47'09" O y 34°52'18" S, siendo la cota de coronamiento de pila central, 495,06 ms.n.m.

Originalmente el dique constaba de dos partes, una presa móvil y otra fija, la primera la integraban cinco compuertas, y ambas secciones poseían 61 m de longitud. Luego sobre margen izquierda del río se encuentra un vertedero de ante-toma con una longitud de 51 m. Dando paso a las aguas a la cámara desarenadora del dique de unos 2000 m<sup>2</sup> de superficie, el material decantado escapa de nuevo al río por una obra de compuertas de 3 m de ancho, en tanto que las aguas después de pasar por el vertedero de toma, entran al canal matriz Nuevo Alvear a través de tres compuertas sumergidas de 5 m de ancho cada una. Se pueden derivar al canal matriz, hasta 33 m<sup>3</sup>/s. En 1977 con perspectivas de modernizar la operación del dique se electrificó la obra para lograr el accionamiento rápido de las compuertas, sin dejar el sistema manual, también conjuntamente se tendieron líneas para dotar de alumbrado a todo los puentes de maniobras y electricidad a las viviendas de los encargados de operar el dique.

En la temporada estival de 1982- 1983, los ríos provinciales escurrieron caudales récord durante tres meses, sobrepasando la capacidad de regulación de las presas Valle Grande y Nihuil (el río Atuel condujo 230 m<sup>3</sup>/s en ese período). Esta situación le produjo al dique un exceso de carga hidrostática aguas arriba del cierre, que aceleró la velocidad de escurrimento aguas abajo produciendo una fuerte erosión regresiva, agravada por la salida rectificada del río, originando socavones de más de 2 m de profundidad con respecto a la platea. A raíz de esto, se realizó la obra de ampliación del aliviadero que consiste en una estructura de hormigón armado de 37,50 m de ancho por 25 m de ancho y de 8,65 m de alto, ubicándose en la margen derecha del dique existente, consta de tres vanos controlado por una compuerta cada uno accionadas por servomotores hidráulicos. Esta obra fue completada en 1984.

### **3.1.6- Cámara Derivadora “Ing, Luis Hugo Magri” (ex La Olla)**

Esta cámara es un cuenco único de profundidad variable con compuertas frontales de fondo que dan al descargador revestido en hormigón armado, al río.

La continuación del escurrimento de esta cámara, es para dotar el canal matriz Nuevo Alvear, y aprovechando la presa que se produce, aguas arriba del vertedero en planta en U, se deriva con módulo de máscara de nivel constante aguas arriba, que da nacimiento al IV Tramo del Canal Marginal.

En este sitio hay dos casas, una de ellas opera un sistema de guardia permanente durante los 365 días del año, concentrando el manejo de recepción de llamadas de emergencias en la red de riego. La otra casa, se encuentra funcionando la Sala de Interpretación Natural y Cultural “La Olla” dependiente del Museo de Historia Natural de San Rafael, donde se exhiben rescates arqueológicos de la zona y piezas históricas de la red de riego. Fue inaugurada en el año 2014.

### **3.2- Red primaria de distribución**

La mayoría de los canales que originan la red primaria de distribución tienen toma regulada con mecanismos de ajuste de caudales, y aunque restan algunos con tomas libres sobre el río, todos poseen mecanismos de regulación de caudales en el denominado antecanal, que opera descargando y regulando aguas abajo de la toma directa, mediante compuertas y sección de aforo calibrada.

#### **3.2.1- Canal La Junta**

La cota de la toma directa al río es 1475 m s.n.m. En el año 2014 se construyó una obra nueva que posibilita la regulación de caudales mediante compuerta de ataje y derivación al río. Este canal irriga el paraje denominado La Junta, llega a ese lugar luego de trascender 8 Km aproximadamente por una planicie llamada Pampa del Álamo, con fuerte pendiente de dirección NO-SE, la sección de este cauce no supera 0,60 m<sup>2</sup>. En la zona los cultivos perennes se concentran en algunos cuadros de alfalfa y forestales (álamo en trinchera) y sirve a cultivos anuales eventuales (papa, ajo, centeno), la principal actividad pecuaria es la cría de caprinos, vacunos y equinos. Este precario sistema se utiliza desde hace más de sesenta años.

#### **3.2.2- Canal El Sosneado**

El cauce tiene su precaria toma directa ubicada a 1651 m s.n.m. Tiene dirección S-N, prácticamente, y con fuerte pendiente, corre paralelo a las estribaciones del cerro Aguas Calientes y la Ruta Nacional Nº 40. Tiene una longitud de 7,5 km, aproximadamente, y su sección no supera 0,75 m<sup>2</sup>, construido por A.Capdeville y E.Hanly en 1910.

En cuanto a infraestructura está algo más desarrollado que el canal La Junta, aunque existe un marcado deterioro en el mismo producto del abandono y falta de inversión en la red secundaria. En 2014 se recuperó y se puso en funcionamiento la obra de regulación de caudales con descargador al río mediante compuertas y vertedero lateral.

#### **3.2.3- Canal Coihueco – Concesión Bombal**

Tiene toma directa sobre el río Atuel, concota de 1580 m s.n.m. Esta obra inaugurada en el año 2014 posee compuertas de ataje y descargador al río. El agua se entrega al único usuario en este punto, encontrándose la superficie bajo riego a 6,7 km y tiene pendiente predominante en dirección N-S, paralela a la Ruta Nacional Nº 40, siguiendo el pedemonte del cerro Coihueco. La sección no supera los 0,50 m<sup>2</sup>, e irriga el paraje denominado como Estancia Coihueco, donde se realizan cultivos anuales y explotación ganadera.

#### **3.2.4- Canal Concesión Kraft y Boers**

La toma correspondiente a la concesión Boers y Kraft está ubicada a la salida del Cañón del Atuel, a 750 m s.n.m, es de tipo libre y precaria, sobre la margen izquierda del río, sin obra de cabecera. El caudal se regula mediante un descargador con compuertas planas, embancado, debido a esto el cauce se desvíe y pasa por un descargador construido con una estacada que funciona como fusible, o sea que cuando el río crece y amenaza a desbordar el canal, este se rompe, siendo el único sistema de regulación existente. No existen obras de partición y para llegar a la primera hijuela el canal recorre 900m y tiene una longitud total de 2,5 km, este tramo posee obras de defensa aluvional en buen estado de mantenimiento.

### **3.2.5- Canal matriz Arroyo**

La toma de este canal se ubica a una cota de 677 m s.n.m. La captación es libre, y se regula mediante dos descargadores con compuertas de ataje y derivación en buen estado.

A 1.300 m de la toma se encuentra un sifón que permite el cruce del canal con un cauce aluvional llamado arroyo Totora, esta obra se encuentra en regular estado de conservación, las estructuras están colapsadas y las fisuras son importantes, se ha optado por realizar reparaciones menores y algunas defensas aluvionales, la reconstrucción de la obra está prevista.

A 1900 m se halla el primer partidor fijo automático, siendo así la mayoría de las obras de distribución restantes. El cauce no posee revestimientos de ningún tipo, las pérdidas son bajas y el estado de conservación es bueno.

### **3.2.6- Canal matriz Correas**

La obra de captación es un azud de hormigón que ocupa el ancho del lecho de río Atuel, a una cota de 663 m s.n.m, posee dos compuertas planas de ataje sobre el canal. El cauce inicia en un tramo revestido de 360 m, en dirección SE-NO. Apareada la margen izquierda del río, inmediatamente después de finalizada la impermeabilización, toma la dirección que predomina en casi todo su recorrido, de oeste a este.

En la progresiva 1800 m se encuentra el primer descargador con retorno al río que actúa como obra de regulación. En la progresiva 2300 comienza un tramo revestido de 3200 m de longitud con derivadas de módulos de máscara y vertedero lateral para regular el nivel constante para éstos.

Distribuye el riego en una amplia zona denominada La Correína y parte del paraje Calle Larga al sur del distrito de Cañada Seca. Las dos primeras entregas se realizan por módulo de máscara localizado en la progresiva 3800 m y 5500 m respectivamente. El cauce posee cinco partidores de hoja fija, con funcionamiento normal, el resto de las tomas son con compuertas planas simples, metálicas en su mayoría.

El canal se desarrolla a través de un terreno con pendiente elevada, lo cual obligó a implantar sauces para estabilizar el cauce, las pérdidas son por infiltración y en menor medida por roturas debido a lo inestable del terreno. La zona posee un único drenaje en su sector medio que descarga al río, el resto de los suelos tiene buena disposición para la eliminación de los excedentes de riego.

### **3.2.7- Canal Matriz Perrone**

El canal matriz Perrone, también denominado Malvinas, en relación al nombre de la colonia agrícola que domina con el riego, capta su dotación con toma lateral sobre la margen derecha del río, la obra consiste en un escalón en el cauce y una desviación con compuertas a la salida de una curva, con muy buen funcionamiento. El punto de captación está a cota 663 m s.n.m.

Sobre el cauce se localizan dos descargadores de regulación al río, uno a 5100 m, y otro a 5200 m. aguas abajo de la toma. En la zona inicial del canal, el cauce recibe aportes de origen aluvional (Cerro Negro) que en reiteradas ocasiones y por precipitaciones abundantes, aumenta dos a tres veces el tirante de agua (0.5 a 1.0 m), desbordándose entre el camino de servicio y el cauce de conducción.

En el año 2012 se construyó un tramo en hormigón armado tapado, de 2100 m de longitud, que evita el ingreso de aportes aluvionales. La obra incorporó un desarenador y descargador de crecidas por

vertedero de 20 m de longitud con dissipador de energía y cámara de carga como aducción al entubamiento.

Este canal presenta terrenos de fácil licuación en presencia de humedad (afloramientos basálticos superficiales con estratos de origen calcáreo), lo que provoca importantes asentamientos seguido de colapsos parciales del cauce de conducción (denominados vulgarmente como “volcanes”).

Es de destacar, el prolongado recorrido que realiza este canal hasta llegar a la zona de riego, la primera hijuela nace en la progresiva 6270 m y se trata de una cámara en hormigón armado, que vincula los tramos entubados. Dicha cámara posee un vertedero longitudinal para garantizar los niveles de agua de operación de los módulos de máscara de la derivada. La segunda toma, ubicada en la progresiva 7250 m. es de igual característica. El resto del canal deriva con compuertas planas ubicadas en el costado izquierdo del cauce.

A 250 m. aguas abajo del fin de obra del entubado, comienza un tramo revestido antiguo de 1400 m de longitud. El revestimiento de hormigón ha sido insuficiente dado a la poca estanqueidad que han proporcionado las juntas allí construidas, entonces se optó por recurrir a otro tipo de revestimiento y en agosto de 1996 se reparó este tramo con membrana de P.V.C. de alta densidad, y de esta forma rebatir las condiciones de conducción que antes imperaban. Esta obra es muy precaria y pese al mantenimiento anualmente debe cortarse el agua para realizar reparaciones por filtraciones en el terraplén.

### **3.2.8- Canal matriz Babacci**

La toma de este canal está ubicada sobre la margen izquierda del río, 33 km. aguas abajo de la presa de Valle Grande, es precaria, con cota 622 m s.n.m. El sistema de regulación principal se encuentra 3500 m aguas abajo de la toma, es un descargador de hormigón reparado en 2014. El sistema de compuerta de izaje eléctrico se divide en dos grupos, el primero consta de dos compuertas de 1.5 m. de ancho de vano que alimentan al canal, mientras el segundo tiene una compuerta y dos descargadores que regulan los excedentes al río. Esta obra se ha refuncionalizado y mantenido en el 2013, incorporándose un grupo electrógeno para la operación de compuertas.

La estructura de aforo con escala se encuentra a 4100 m. aguas abajo del descargador, con sección de aforo calibrada y telemetría MIDO.

Dentro del régimen de alimentación del canal Babacci se observa, a la altura de Salto de las Rosas, la posibilidad de incorporación de las aguas del desagüe Espínola mediante compuerta derivadora, este último colector de la zona de Cañada Seca en el sistema de riego del río Diamante.

Los principales canales secundarios nacen en partidores de hoja fija, las obras civiles se encuentran en buen estado, el mantenimiento de las compuertas metálicas correspondientes a estas obras es bueno, las derivadas en estricto orden son La Montilla, Rama Elena Colomer, Rama Norte, Rama Sur y Centro. En todas ellas, en 2014 se construyeron secciones de aforo para medición de caudales totales y se instalaron puntos de telemetría MIDO.

Existen sobre el cauce saltos que regulan la pendiente a lo largo de todo su trayecto, algunos han sido demolidos porque se sospechaba que embalsaban innecesariamente produciendo recargas en la napa freática, reviniendo terrenos aledaños.

Durante los últimos se han impermeabilizado en hormigón armado 2500 m del cauce principal en la zona de Goudge, disminuyendo sustancialmente las pérdidas por infiltración que se producían en ese tramo, como lo refleja la baja de niveles freáticos de la red de observación instalada en forma paralela al cauce. La red secundaria posee 2,2 km de revestimientos de hormigón (rama Norte, Centro y Sur).

### 3.2.9- Canal matriz Regueira

La boca-toma de este canal es directa, y posee un azud sobre el río, construido en roca, aguas arriba y abajo del umbral las márgenes están enrocadas. Se ubica a unos 37,5 km aguas abajo de la presa Valle Grande, las coordenadas de este punto son 68°15'02" O y 34°45'37" S, la cota es 600 m s.n.m.

En la progresiva 1076 m se encuentra la primera obra de regulación, se trata de un descargador al río y consiste en una obra de hormigón construida en 1992. Posee dos grupos de compuertas planas, el primer grupo lo integran dos compuertas que alimentan el canal, de 2,5 m de ancho, mientras que el segundo grupo de una compuerta solamente, evacua los excedentes, y posee 2,15 m de ancho, el estado de la misma es bueno.

Aguas abajo en la progresiva 1077 m se encuentra otro sistema de descarga de similar funcionamiento al anterior, mucho más antiguo con signos de deterioro, tanto la obra civil como el grupo de compuertas. Inmediatamente después se ubica la sección de aforo calibrada con escala y telemetría MIDO, el estado de la misma es buena. Luego el cauce se desarrolla en dirección oeste-este y al recorrer 6,3km se de los cuales hay revestidos 2470 m en hormigón simple de sección trapecial, alcanza la primer entrega, por comparto de hoja fija.

En total cuenta con cuatro partidores de ese estilo donde nacen hacia ambos lados las hijuelas derivadas. Al pie de cada partidor se encuentra un salto, que permite independizar los regímenes aguas arriba con los de aguas abajo, las obras funcionan simultáneamente y se observa una buena distribución de los caudales. El estado de las obras de partición es bueno, requieren el mantenimiento propio de una obra que posee 40 años.

El resto del cauce no tiene tramos revestidos en la red primaria, y las pérdidas de conducción que se producen son a raíz de gran longitud que poseen algunas de sus hijuelas regadoras. En 2014 y 2015 se revistieron sobre la hijuela 7 dos tramos de 600 m cada uno, con sistema de hormigón armado sección trapecial y empedrado con piedra bola, respectivamente.

En el año 2015 se construyeron sobre los cinco derivadores principales secciones de aforo totalizadora y en cada derivada, incorporando casillas limnimétricas y telemetría MIDO, totalizando catorce puntos de medición de caudales en la Inspección.

### 3.2.10- Canal concesión Las Arabias

Este es un pequeño canal ubicado a la altura de paraje denominado Puente de Hierro o Amarillo, sobre la Ruta Provincial N° 179, que conduce a Las Malvinas, sus coordenadas son 68°12'24" O y 34°45'53" S y su cota es 587 m s.n.m. Se ubica a 43 km aguas debajo de la presa Valle Grande.

La toma se ubica exactamente bajo dicho puente, 100 m aguas arriba, es de tipo libre, con un espigón construido de pies de gallo, que para alcanzar la cota de entrega, se ha construido un escalón de rocas sobre el lecho del río y un espigón de aducción, el mismo fue reparado en 1996.

### 3.2.11- Canal marginal del Atuel

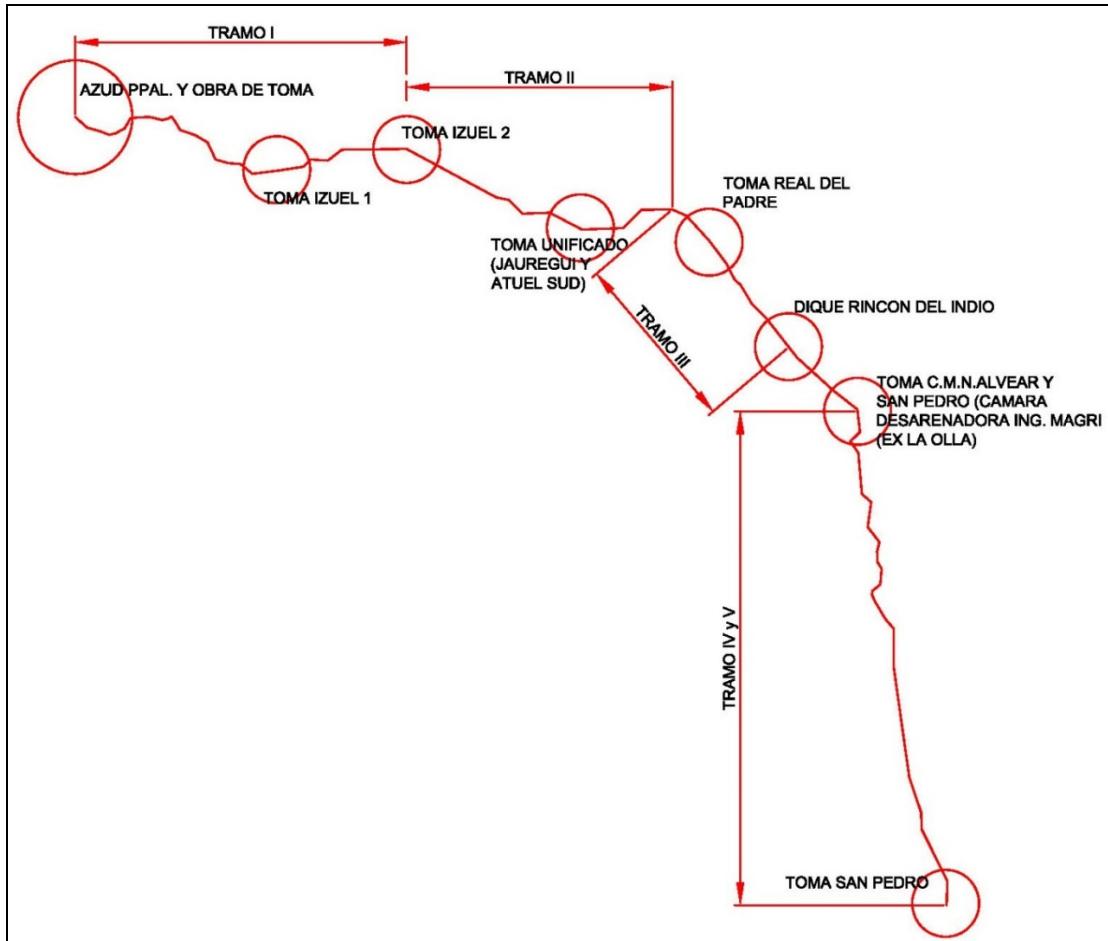
El azud derivador se diseñó en base a lo que puede laminar el aliviadero de la presa Valle Grande (710 m<sup>3</sup>/s), valor de diseño de dicho aliviadero, al cual deben sumarse a los cauces aluvionales aguas abajo de la Presa que arrojan un caudal máximo 666 m<sup>3</sup>/s, para un tiempo de retorno de 50 años.

El caudal aluvional más desfavorable de diseño para la obra, que se podría tomar será el siguiente: Q máx. diseño = 710 m<sup>3</sup>/s + 666 m<sup>3</sup>/s = 1376 m<sup>3</sup>/s. Para la evacuación de este caudal, se construyó un azud

fusible ubicado en la zona central de cauce principal del río Atuel sobre margen izquierda del dique derivador.

Respecto al diseño del azud móvil, está configurado mediante cuatro compuertas con capacidad de evacuación ante un caudal aluvional máximo de  $216 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $54 \text{ m}^3/\text{s}$  por compuerta).

La obra se divide en cuatro tramos y en la Figura I.8 se muestra el esquema general del mismo. Y en la Tabla I.10 se muestran las principales características de cada tramo



**Figura I.8. Esquema general del canal Marginal del Atuel**

**Tabla I.10: Caudales máximos por tramos del canal Marginal del Atuel**

TRAMO	Longitud	$Q_{\text{INICIAL}}$	$Q_{\text{FINAL}}$
Tramo I	17.5 km	$55,00 \text{ m}^3/\text{s}$	$48,25 \text{ m}^3/\text{s}$
Tramo II	12.4 km	$48,25 \text{ m}^3/\text{s}$	$37,10 \text{ m}^3/\text{s}$
Tramo III	10.2 km	$37,10 \text{ m}^3/\text{s}$	$29,90 \text{ m}^3/\text{s}$
Tramo IV y V	25.1 km	$7,00 \text{ m}^3/\text{s}$	$6,5 \text{ m}^3/\text{s}$

El canal marginal posee en los compartos derivadores de Izuel 1, Izuel 2, Unificado, Real del Padre, Algarrobo y San Pedro compuertas de nivel constante que regulan automáticamente un nivel de agua estable antes de dicha compuerta.

La derivación de caudales se realiza por medio de compuertas modulares situadas en la presa generada por la compuerta de nivel constante. La compuerta modular, está compuesta a su vez de varias compuertas pequeñas que se pueden abrir o cerrar voluntariamente de tal forma que la combinación en la apertura de estas permitirá el paso de un caudal múltiplo del módulo escogido. Los módulos están

diseñados para soportar una ligera variación de nivel aguas arriba (que se corresponde con el nivel regulado por la compuerta automática).

La superficie empadronada que atiende dicho canal es de 81382 ha categoría definitivo, eventuales, sobrantes, uso público y abastecimiento poblacional, los cuales

En la Tabla I.11 se discriminaporcentualmente para cada derivación las superficies empadronadas y el caudal máximo.

**Tabla I.11: Canal marginal - Capacidad máxima de derivación por comparto**

Canal	Superficie empadronada (%)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)
Izuel	9,40 %	6,58
Unificado	16,12%	11,29
Real del Padre	9,87%	6,91
Nuevo Alvear	33,43%	23,40
San Pedro	9,01%	6,50
Q erogado Valle Grande	77,83%	54,50

### 3.2.12- Canal Matriz Izuel

Con la obra del canal marginal del Atuel se construyó un segundo comparto para la entrega de agua al canal Izuel, denominado Izuel 2. La obra de toma quedó operativa pero la de conducción hasta la zona de riego no se construyó por la necesidad de impermeabilizar ambas trazas, ya que los caudales que derivarían cada una, 1,5 m<sup>3</sup>/s por Izuel 1 y 3,5 m<sup>3</sup>/s por Izuel 2, constituía un caudal muy bajo en el cauce existente del Izuel respecto de la sección actual y las pérdidas pasarían a ser muy significativas.

A una distancia de 0,7 km de la derivada del Izuel 1, se produce la primera derivación en el comparto automático de la hijuela La Julieta, dominando el riego en la zona de La Guevarina.

El canal tiene una longitud de 6 km hasta el partidor de la rama sur - norte, entre estos puntos se encuentran cinco los partidores en total en buen estado de conservación. Durante el 2015 se construyeron 5 secciones de aforo sobre el canal matriz y 6 en las derivadas existiendo un total de 11 puntos de medición con telemetría MIDO.

En 2015 se realizó una experiencia de suelo cemento con una extensión de 2000 m, ubicado al este de la calle Goyenechea, tramo seleccionado por la alta infiltración.

### 3.2.13- Canal Jáuregui

La red de canales derivados del matriz Jáuregui se modernizó con la obra, incorporando ocho compartos con módulos de máscara y compuertas de nivel constante aguas abajo, que posibilita la derivación precisa de caudales.

La Rama Soitué, principal derivada secundaria del Jáuregui, tiene 15,3 km de recorrido desde el comparto con la rama Los Claveles hasta la última derivada al sur de Soitué. Esta rama tiene la característica de regar a turno con el resto de las tomas del Jáuregui, es decir que recibe el caudal total ingresado a dicha Inspección. Las obras de partición en esta rama resultan insuficientes, existiendo solo tres partidores en su recorrido, mientras el resto son compuertas planas, en su mayoría de regular funcionamiento, hecho que requiere modernización de derivaciones y compartos que mejoren la regulación de caudales. El estado de conservación es regular, sin tramos revestidos.

### **3.2.14- Canal Atuel Sud**

A 500 m. aguas debajo de la derivada La Josefina, se encuentra el último descargador al río que funciona como vertedero, de allí el canal toma dirección norte-sur, encontrando a 50 m una sección de aforo con la casilla limnimétrica y telemetría.

A 2000 m. aguas abajo de esta obra se encuentra el segundo partidor de orificio delgado con barrera rectangular, que entrega la dotación a la hijuela N°2, inmediatamente después existe un salto que regula las pendientes y separa los regímenes aguas arriba con los de aguas abajo. Desarrollándose en la misma dirección y a 2000 m, se encuentra el partidor donde nace la rama Algarrobo que domina el riego de la zona de Jaime Prats, y finalmente el cauce llega al partidor final, ubicado a 1500 m aguas abajo del anterior, donde en la dirección norte-sur nace el canal secundario N° 1 y en la dirección noroeste-sureste continua el remanente del canal primario, que irriga la Colonia de Atuel Sud. No posee tramos revestidos. El estado de conservación de este cauce es regular, las obras civiles necesitan trabajos de mantenimiento de la misma forma que lo requieren sus compuertas.

En 2015 se experimentó sobre 2500 m de longitud con un revestimiento de suelo cemento sobre la solera del canal (1 bolsa de 50 kg de cemento por m<sup>2</sup> de suelo), en el tramo comprendido entre el último comparto del canal Jáuregui (Hij. Los Claveles) hasta la primer derivada denominada hijuela Josefina.

### **3.2.15- Canal Real del Padre**

Esta obra era controlada con siete compuertas en total: un descargador al río dotado de cuatro compuertas y tres de regulación para el canal; esta obra se halla en desuso desde la puesta en funcionamiento de la nueva toma en 2009.

La Rama 1- Bifani posee sus primeros 0,7 km sección revestida en hormigón armado en sección trapecial, al final de ésta existe una sección de aforo con telemetría MIDO.

Sobre el Matriz, que posee los primeros 2,7 km revestidos en sección trapecial de hormigón simple, contando al final de ésta con sección de aforo y telemetría MIDO. A continuación se deriva la Rama 2 y, por cauce de tierra a 1,8 km deriva la Rama 3. De allí existe un revestimiento de 2,4 km para dotar a las cabeceras de la Rama 4 y Rama 5 sobre derivadas este y sur respectivamente.

### **3.2.16- Canal Matriz Nuevo Alvear**

En agosto de 2010 fue habilitada la obra de revestimiento de 53668 m en hormigón armado que comprendía a canales primarios, secundarios y terciarios, con 25 compartos de nivel constante y compuertas modulares en las derivadas para la regulación de caudales.

Descripción de las obras de revestimiento (2010)

Canal Matriz Nuevo Alvear:

1 Tramo: 3100 m – Capacidad 23,0 m<sup>3</sup>/s. La Olla a Toma 8

2º Tramo: 4722 m. Capacidad de 12 m<sup>3</sup>/s. Toma 8 a Pozo Hondo

Rama 2: 7950 m – Caudal máximo 11 m<sup>3</sup>/s

Rama 4: 8040 m – Caudal máximo 8,3 m<sup>3</sup>/s

Rama 5: 6374 m – Caudal máximo 5,0 m<sup>3</sup>/s

Hijuela Los Claveles: 1850m - Caudal máximo 0,3 m<sup>3</sup>/s

Canal Norte: 2537 m - Caudal máximo 1,4 m<sup>3</sup>/s

Canal Christophersen: 5015m - Caudal máximo 3,5 m<sup>3</sup>/s

Canal Ole Asset: 1741 m Caudal máximo – 2,5 m<sup>3</sup>/s

Canal Bosch Unificado: 1898 m - Caudal máximo – 3,5 m<sup>3</sup>/s

Canal Bosch Sur: 7306 m Caudal máximo – 20 m<sup>3</sup>/s

Canal Bosch Norte: 3135 m Caudal máximo – 1,3 m<sup>3</sup>/s

El canal matriz Nuevo Alvear (CMNA) se origina en la Cámara Derivadora Luis Magri (ex La Olla), por medio un vertedero de planta en U. La primer derivada, hijuela Los Claveles se ubica a 60 m con toma ubicada sobre la rasante en forma de embudo hacia margen derecha, con sección de aforo y telemetría MIDO.

En progresiva 3100 m se encuentra el primer gran comparto Toma 8 donde por medio de una compuerta de nivel constante, permite las derivaciones por módulos a la Rama 3 (hijuela Los Jalones y Larraya) y la Rama 2-3 que se encuentra revestida en su totalidad (8,8 km) en hormigón armado de sección rectangular, que abastece al canal Lange y Hale Pearson de la Rama 3.

Aguas abajo, siempre por Rama 2, se encuentra la toma de Aguas y Saneamientos Mendoza (AySAM) para la potabilización del agua de la ciudad de General Alvear, y las tomas a los canales Marzolina, Centro Viejo, Centro Auxiliar y Rama Norte. Todos ellos en compartos de nivel constante por vertedero tipo pico de pato y compuertas modulares que permiten una rápida entrega de caudales. Todas las derivadas poseen sección de aforo con telemetría MIDO, salvo el canal Centro Viejo que se encuentra con proyecto terminado para la construcción de la sección de aforo.

Continuando sobre el CMNA que corre paralelo a la calle A, a 4700 m aguas abajo de la Toma 8, se encuentra el tercer partidor con compuerta de nivel constante denominado Pozo Hondo, de allí se deriva hacia el sur, la Rama 4 por medio de compuertas modulares y el pasante hacia el este, ingresa a la Rama 5.

La Rama 4, que tiene dirección noroeste-sureste, domina el riego en la zona de la localidad de Bowen y da origen a la Hijuela Zangrandi, Canal Moss - Los Angeles, Los Campamentos y Christophersen.

Aguas abajo del Pozo Hondo y siempre paralelo a la calle A, se desarrolla la Rama 5, y a 6400 m se encuentra el cuarto y último partidor de la red primaria operada por la subdelegación, dando origen a los canales Ole Aaset (derivado al sur) y Dr. Bosch (pasante al este), que sirven la zona de El Ceibo y La Escandinava, respectivamente.

### **3.2.17- Canal matriz San Pedro del Atuel**

La obra de derivación es por comparto con compuerta de nivel constante que derivan en tres secundarias a través de compuertas modulares (Hijuela Mattioli, Colonia Italiana y C1), el pasante de la compuerta de nivel constante, canal A2, posee sección de aforo con telemetría MIDO.

Sobre el comparto principal (antiguamente llamada Toma de Herrero), existe un descargador con dos compuertas de operación manual para descargar el agua a un cauce conductor hasta el río, que se le suman dos vertederos para amortiguar aumentos de caudal, desarenos y/o limpieza del cauce.

La obra de la antigua toma del canal se preservó en su mayor parte, y fue declarada como monumento histórico, ya que data los inicios de la colonia en 1920.

Sobre el canal A2, a 2600 m aguas abajo se encuentra el partidor automático denominado Toma de Grenchi, que deriva al este la Hijuela Pueblo, que sirve al norte y centro de la localidad de Carmensa. El cauce principal continúa en dirección noroeste-sureste otros 1500 m. y luego de atravesar las vías del ferrocarril, se llega al partidor automático que da origen al canal Empalme, cauce revestido en hormigón en sección trapecial en sus 6 Km iniciales llegando hasta la diagonal I. Este cauce domina el riego en la zona centro y sur de la colonia, tanto esta obra como las anteriores se encuentran en regular estado de conservación, y muestran los efectos del contenido salino de los terrenos circundantes sobre el hormigón.

En 2014 se realizó una experiencia de suelo cemento en la solera del canal A2 entre las vías del ferrocarril y la Toma García a 2700 m, obra que mejoró los caudales aguas abajo ya que el terreno sobre el que asienta el canal es una arena con alto grado de permeabilidad, produciendo una gran recarga de napas de terrenos aledaños.

El sistema de canales no tiene tanta extensión y su diseño es muy ajustado, sin embargo existe una situación de aprovechamiento incompleto que se pone de manifiesto en la carencia de trabajos de mantenimiento y conservación en algunos tramos, lo cual tiene como consecuencia obligada la reducción de la capacidad de conducción del conjunto, esto se debe a la alternancia de tierras cultivadas y no explotadas. Los compartos existentes en la red principal y secundaria, funcionan deficientemente, es común observar que casi todos se regulan con compuertas, de esta forma no se precisa la entrega de dotación que le corresponde a cada una de los cauces.

## 4-Informe calidad del agua en la Cuenca del Rio Atuel<sup>12</sup>

### 4.1- Ubicación de puntos de monitoreo

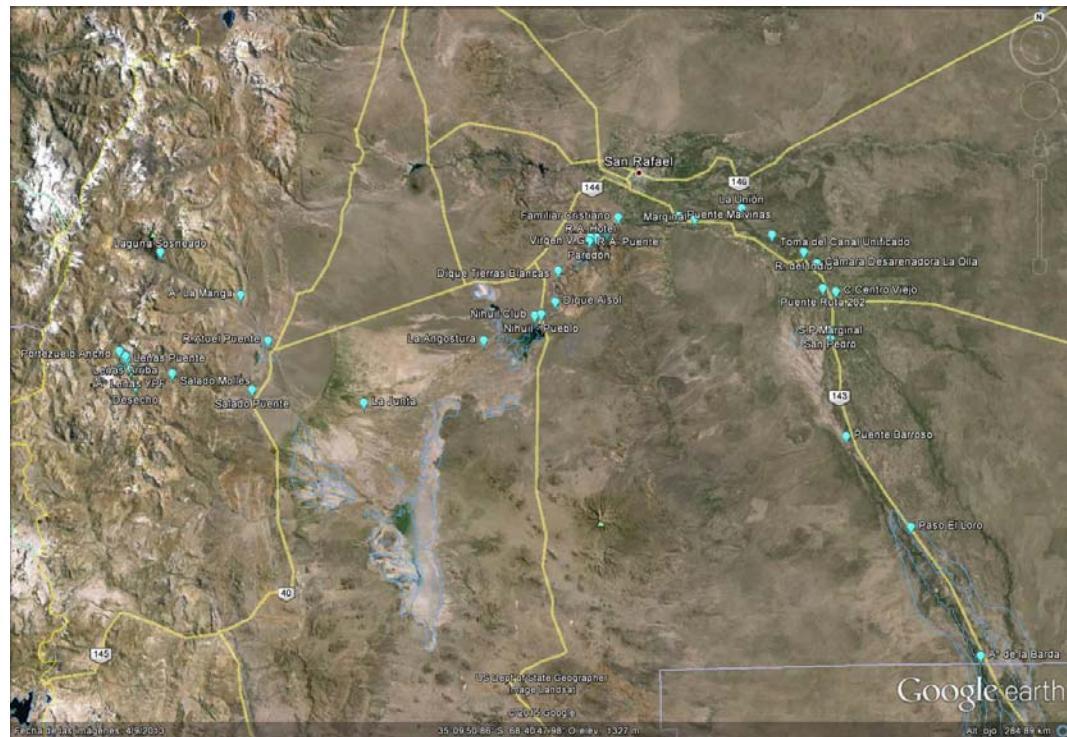


Figura I 9:Ubicación de puntos de monitoreo en la cuenca del río Atuel

<sup>12</sup> Informe elaborado por la División Policía del Agua, de la Subdelegación de Aguas del Río Atuel

#### 4.1.1- Puntos de monitoreo en la cuenca alta

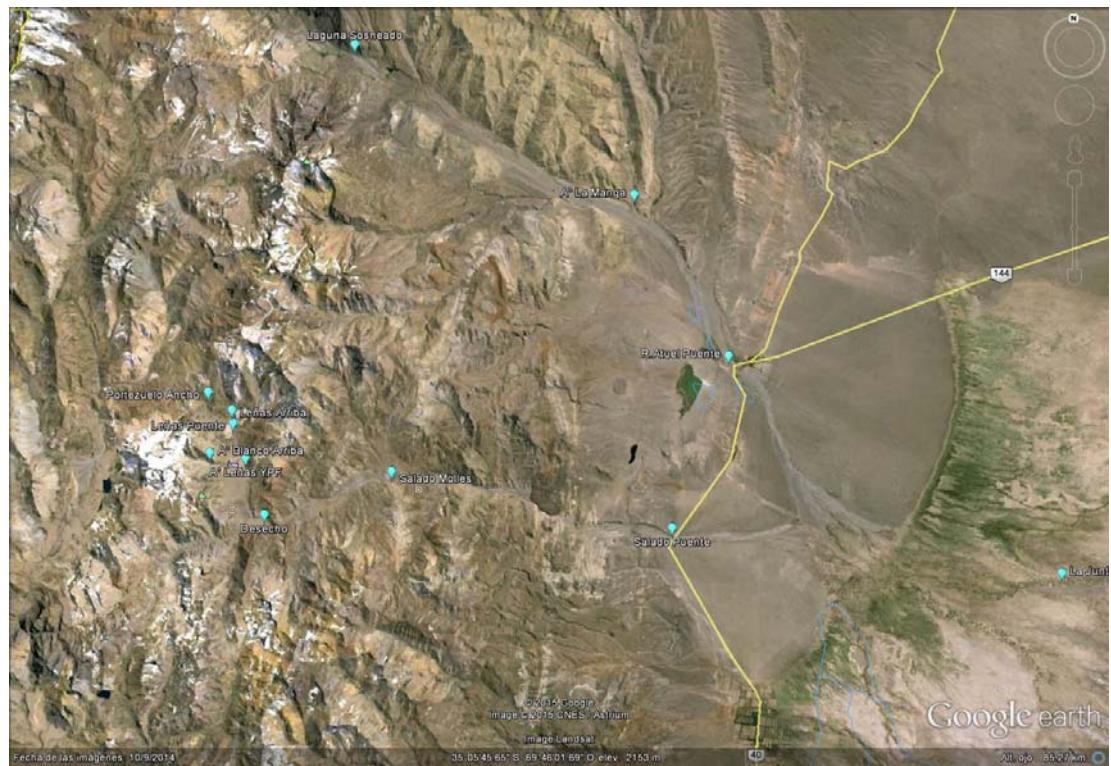
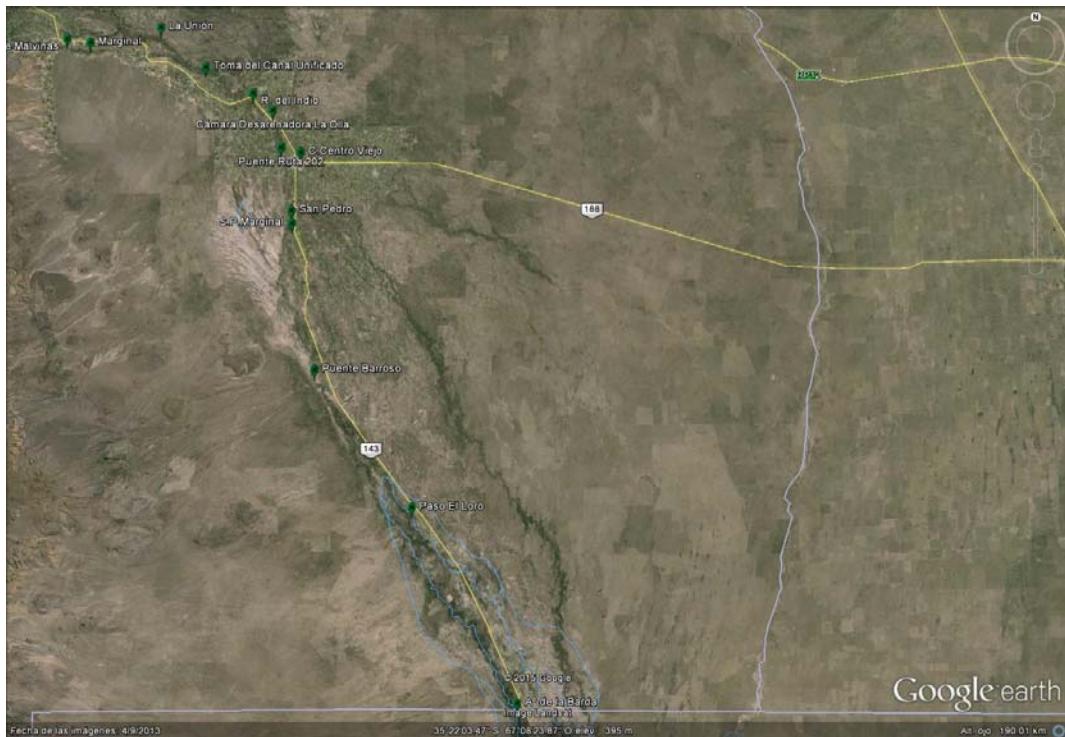
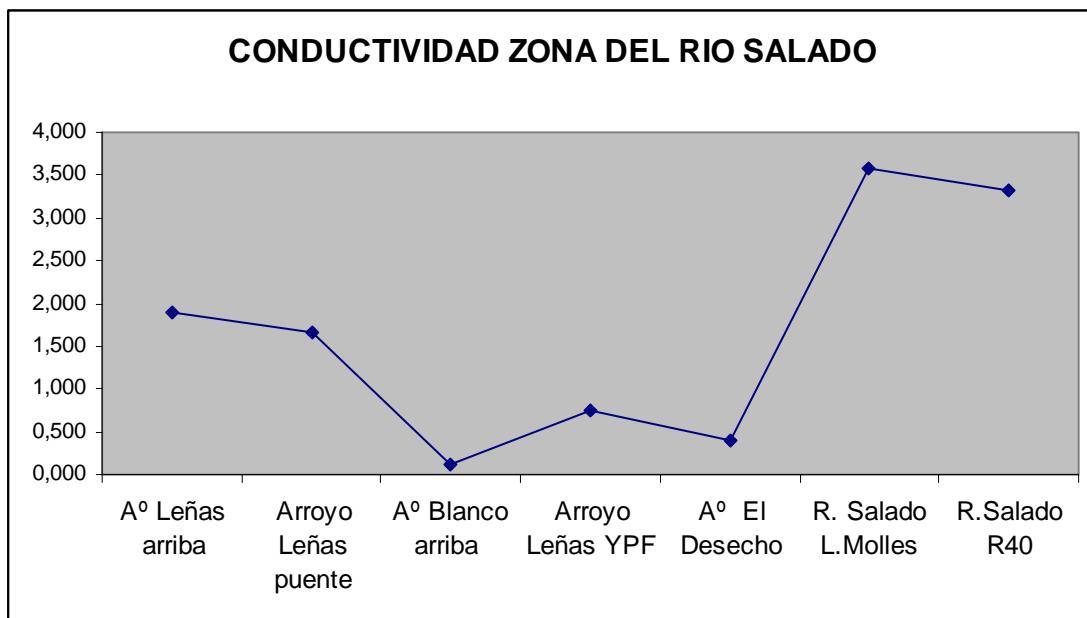


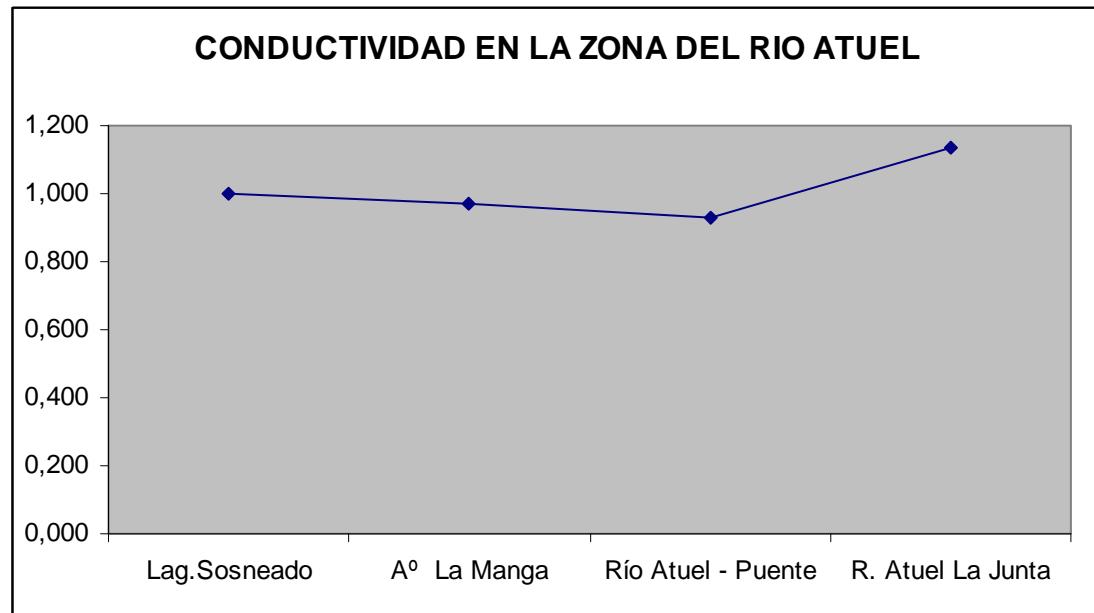
Figura I.10: Puntos monitoreo en la cuenca alta del río Atuel.

#### 4.1.2- Puntos de monitoreo en la cuenca media



**Figura I.11: Puntos monitoreo en la cuenca media del río Atuel.****4.1.3- Puntos de monitoreo cuenca baja****Figura I.12: Puntos monitoreo en la cuenca baja del río Atuel.****4.2- Conductividad (ms/cm)****Figura I.13: Conductividad eléctrica en la zona del río Salado.**

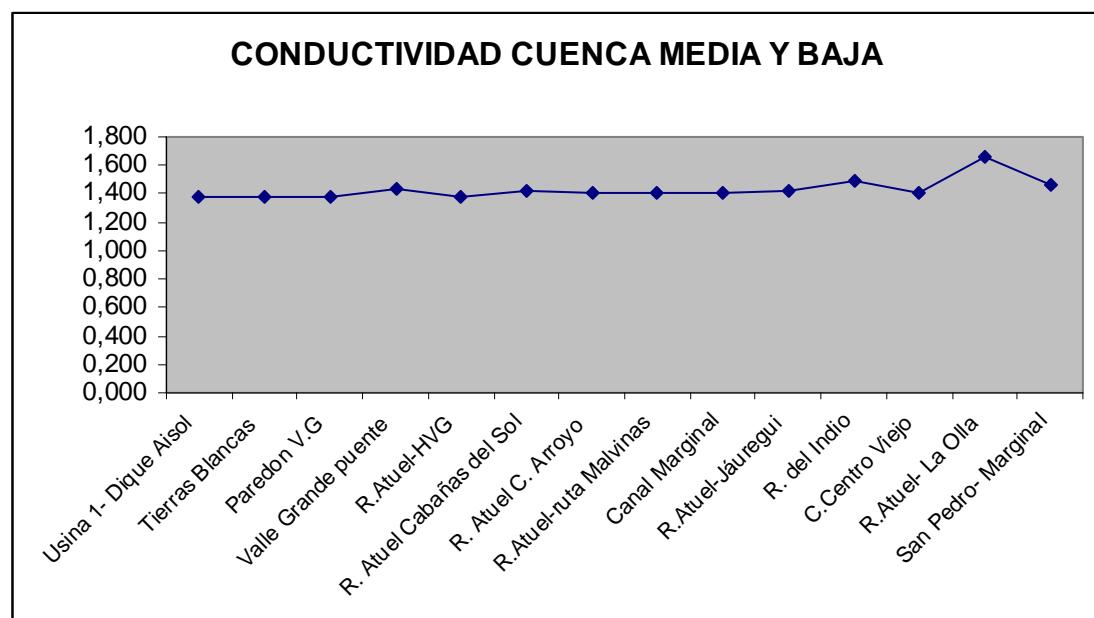
En esta zona el incremento de la conductividad se debe básicamente la influencia de arroyos circundantes en la zona y de las termas del Hotel Lahuenco y Los Molles.



**Figura I.14 Conductividad eléctrica en la zona del río Atuel.**

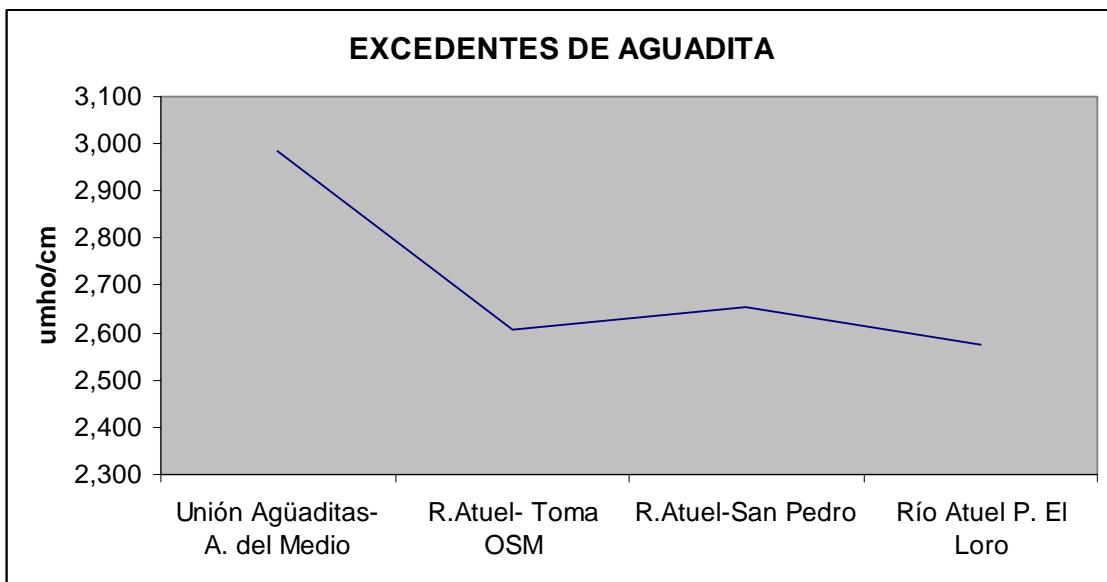
En esta zona la conductividad no sufre una variación importante, solamente lo hace en la Junta donde se produce la unión del Río Salado y El Atuel.

No existe actividad industrial en esa zona solamente de ganado Menor y el cultivo de la papa.



**Figura I.15: Conductividad eléctrica en la cuenca media y baja del río Atuel.**

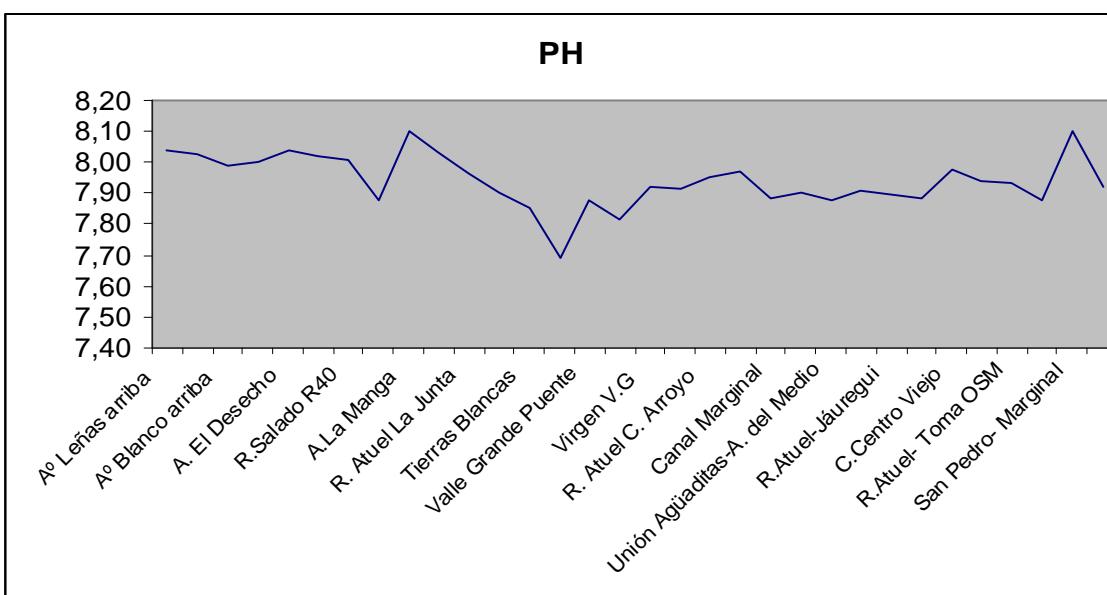
En la Figura se aprecia que no existe una variación significativa a lo largo de la cuenca media y baja.

**Figura I.16: Conductividad eléctrica en los excedentes de aguadita.**

En estafigura se aprecia la calidad de agua como excedente que fluye por el viejo cauce del Río Atuel. En la Figura I.14 se aprecia el mejoramiento de la calidad de agua debido a la obra del Marginal del Atuel.

#### 4.3-pH

Se adjunta la figura tomando en su totalidad la cuenca, ya que no existen variaciones importantes en los sectores de la misma.

**Figura I.17: pH en la cuenca del río Atuel.**

#### 4.4- Alcalinidad

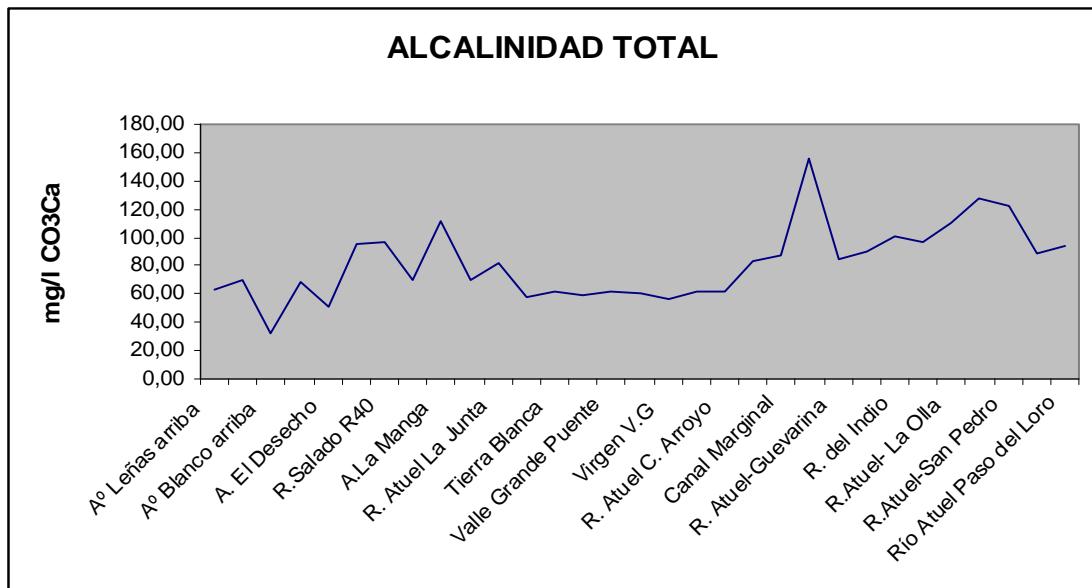


Figura I.18: Alcalinidad en la cuenca del río Atuel.

Como puede observarse en la Figura, el agua del río Atuel tiene en su mayor tramo una alcalinidad mayor que 75 que se caracteriza como agua apta para la vida acuática y además tiene capacidad para oponerse a las modificaciones de PH (comparece esta con la del pH).

#### 4.5- Dureza

Las aguas se clasifican de acuerdo a su dureza expresada en mg/l de CO<sub>3</sub>Ca, como:

Blandas. 0-100 mg/l de CO<sub>3</sub>Ca

Moderadamente duras: 101-200 mg/l de CO<sub>3</sub>Ca

Duras.: 200- 300 mg/l de CO<sub>3</sub>Ca

Muy Duras. 300 mg/l de CO<sub>3</sub>Ca

La serie estadística que se encuentra en esta Subdelegación no muestra variación con respecto al tiempo de la variación del parámetro establecido. Aguas blandas se registran solamente en el Arroyo Blanco, para después transformarse en muy duras.

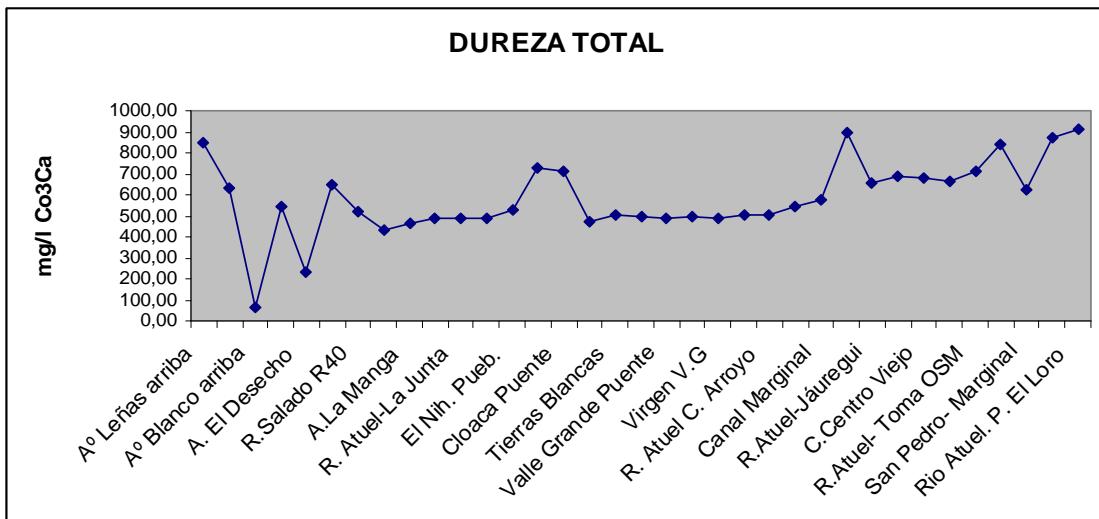


Figura I.19: Dureza total en la cuenca del río Atuel.

#### 4.6- N-Total

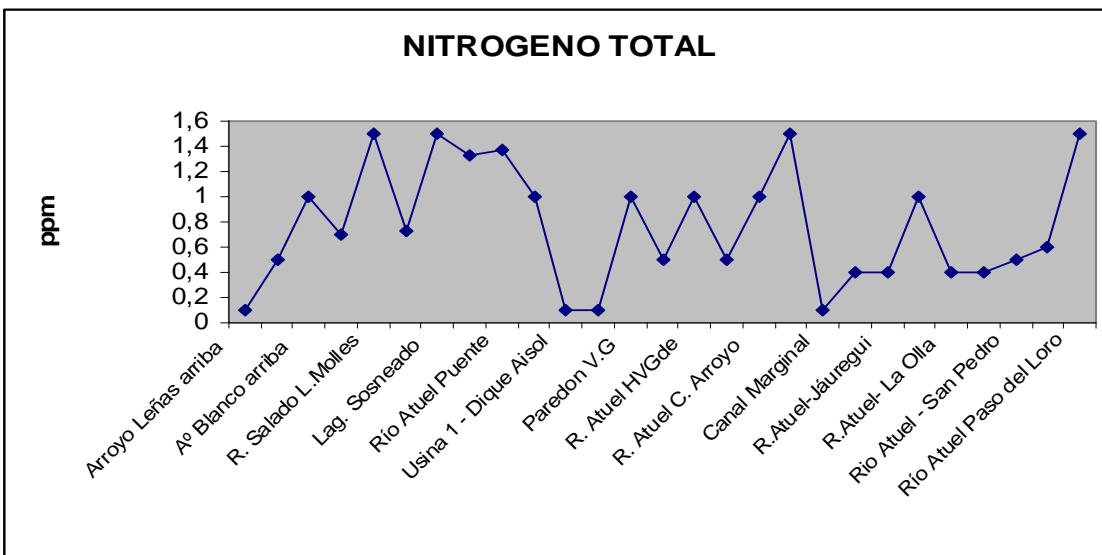


Figura I.20: Nitrógeno total en la cuenca del río Atuel.

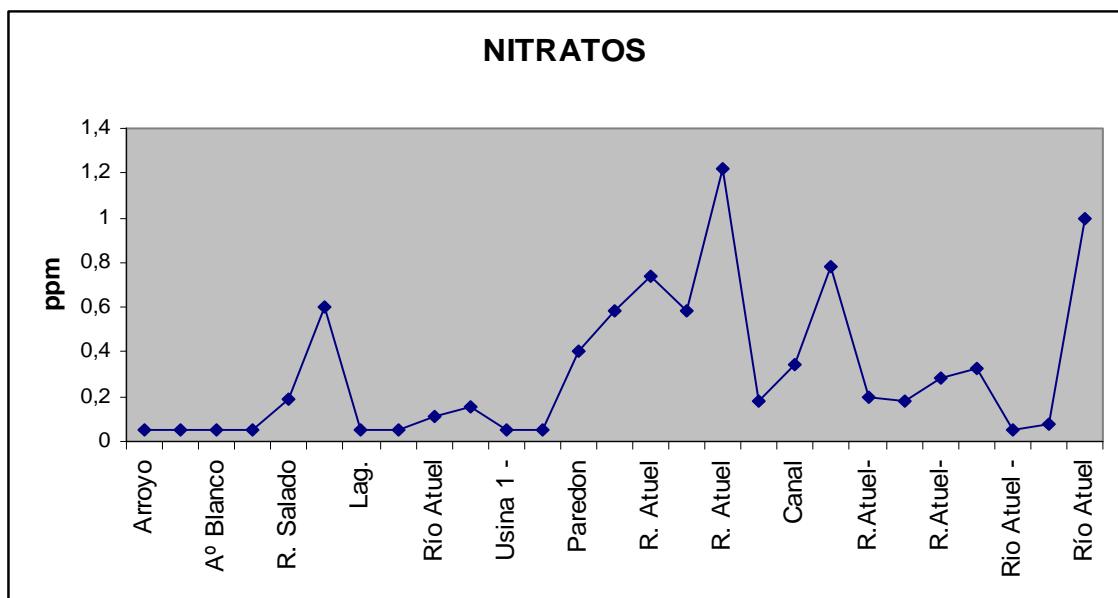


Figura I.21: Nitratos en la cuenca del río Atuel.

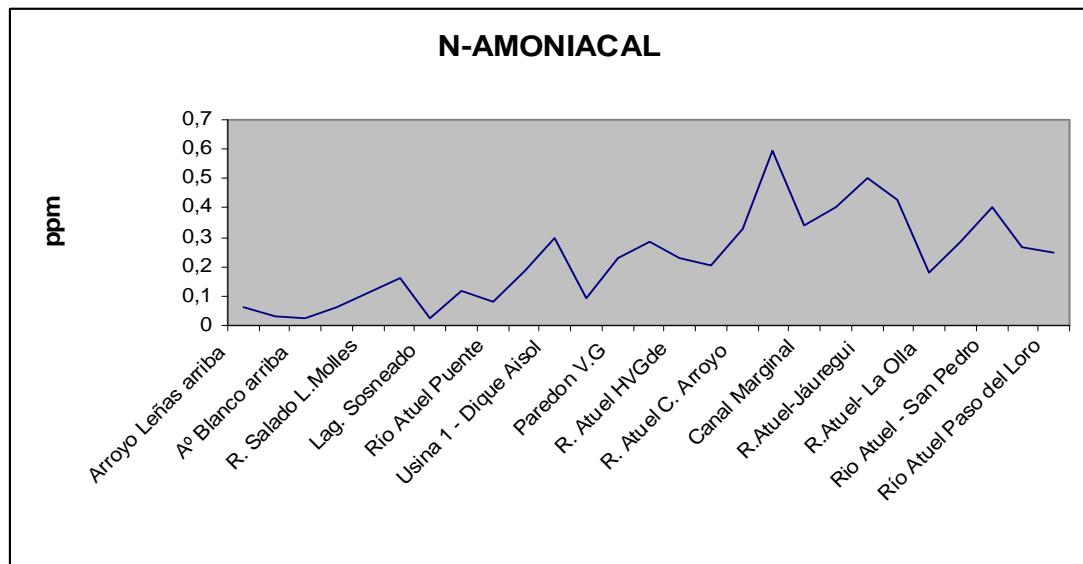
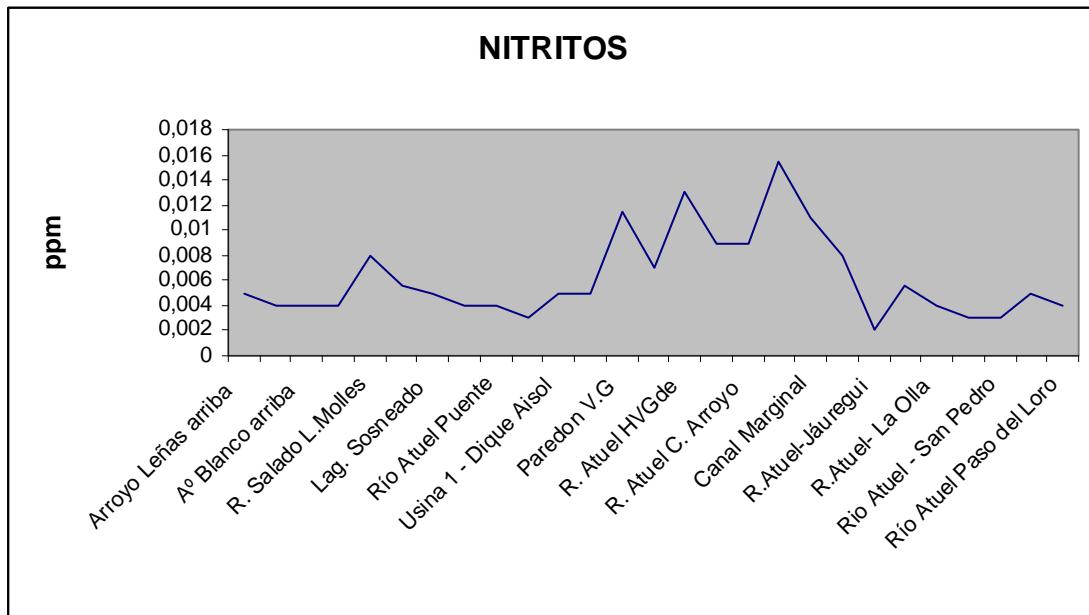


Figura I.22: Nitrógeno amoniacial en la cuenca del río Atuel.



**Figura I.23: Nitritos en la cuenca del río Atuel.**

En las Figuras puede observarse claramente la acción antrópica en la zona de Valle Grande debido a los emprendimiento turísticos, por lo tanto se continuará con los controles a fin de que todos los emprendimientos se encuentren conectados a la red cloacal y verificar que los lechos nitrificantes de la zona no sean utilizados. La misma situación puede notarse el mismo efecto en la zona de los Molles.

#### 4.7- Hidrocarburos

La zona de mayor control por parte de esta Subdelegación es en las empresas hidroeléctricas que poseen sistema de refrigeración con agua o por eventuales contingencias de las mismas y de los fosos de bombeo. También se realiza control en el Arroyo La Manga, que atraviesa zona petrolera y posteriormente vuelcan al río Atuel

En el monitoreo de Verano del 2012 se detectó presencia de hidrocarburos en HINISA 1 por lo que se realizaron inspecciones al sistema de tratamiento de aguas de refrigeración y se comparó con los monitoreos que realiza la empresa.

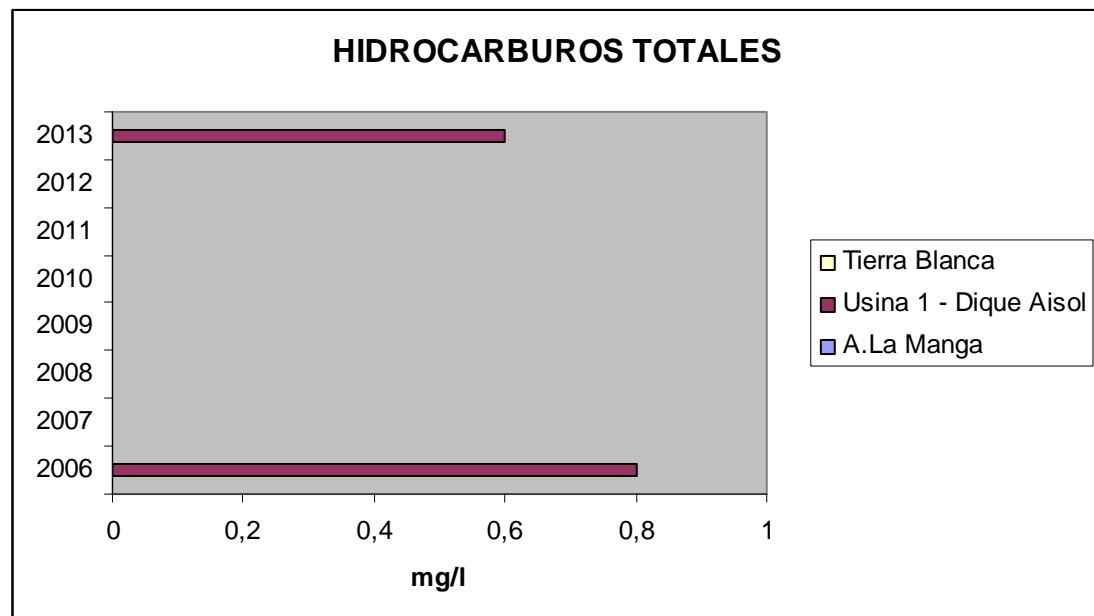


Figura I.24: Hidrocarburos totales en la cuenca del río Atuel.

#### 4.8- Cationes Sodio, Calcio y Potasio

A continuación se presenta la figura I.25 que muestra el RAS para la cuenca del río Atuel.

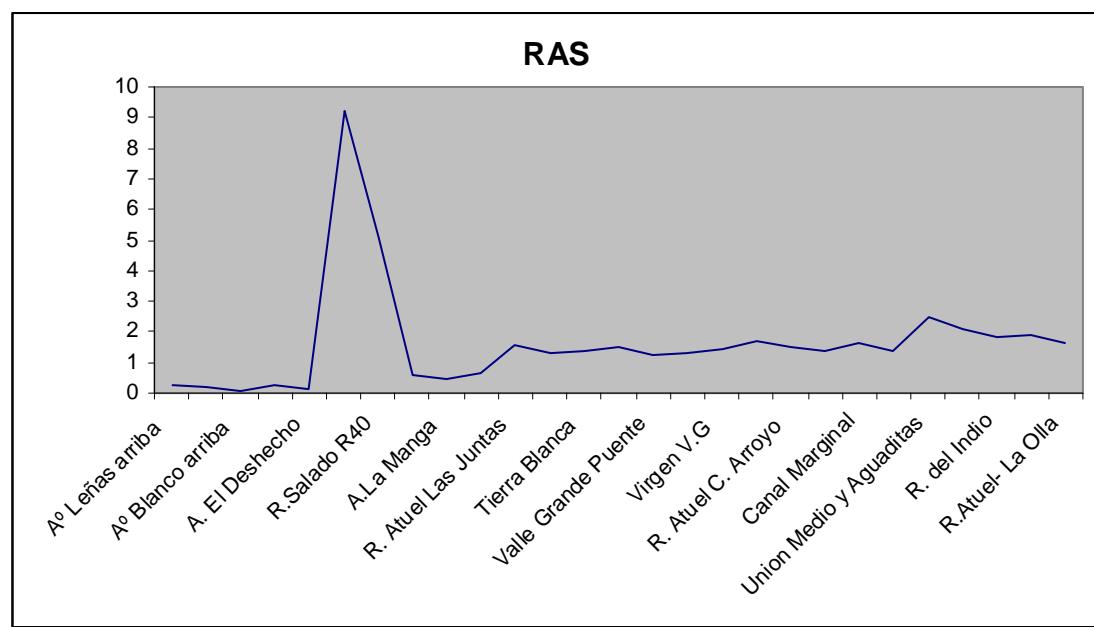


Figura I.25: RAS en la cuenca del río Atuel.

#### 4.9- Parámetros biológicos

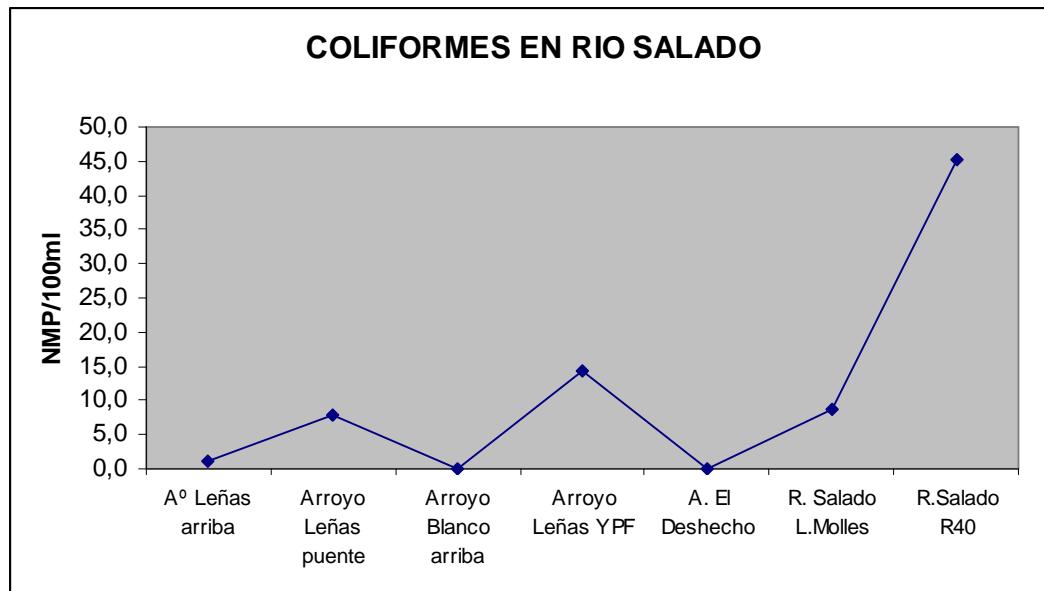


Figura I.26: Coliformes en el río Salado.

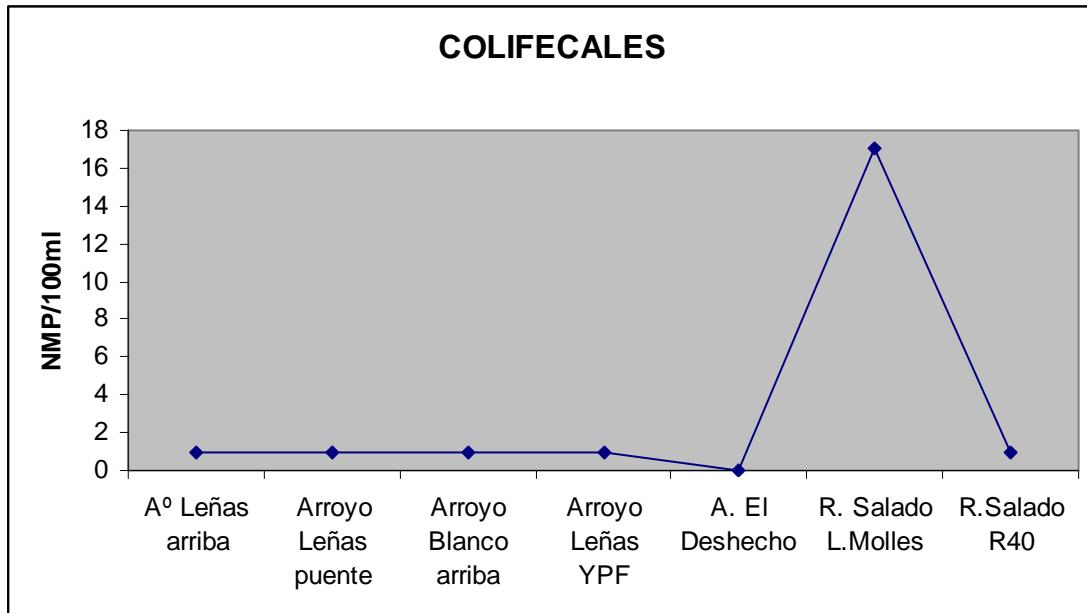


Figura I.27: Colifecales en el río Salado.

Puede apreciarse la figura I.26 la influencia de la actividad antrópica, ya que los Aº Leñas y Aº Blanco no se registra presencia de coliformes. Posteriormente se produce un incremento en Punto Arroyo Leñas YPF que es posterior a la planta de tratamiento de efluentes del complejo Las Leñas. Vale destacar que en la zona también se desarrolla ganadería menor, pero a muy baja escala.

Posteriormente se produce un notable incremento ya que se intensifica el desarrollo de la ganadería y los vuelcos de las aguas termales al Río Salado.

En cuanto a Figura I.27 se observa no ocurre lo mismo con colifecales ya que su incremento se nota en la zona de los Molles, esto se debe a dos causas fundamentales: 1)- Actividad ganadera más intensa en esa zona y 2)- Crecimiento poblacional debido a instalación de cabañas en la zona.

Vuelco de aguas termales naturales al Río Salado.

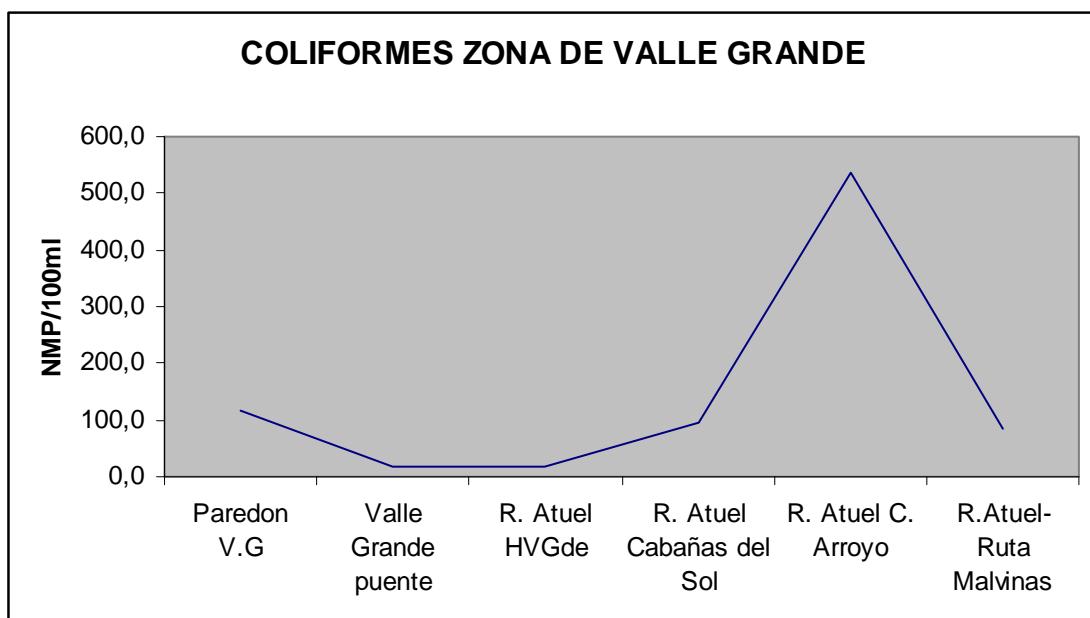


Figura I. 28: Coliformes. Zona de Valle Grande.

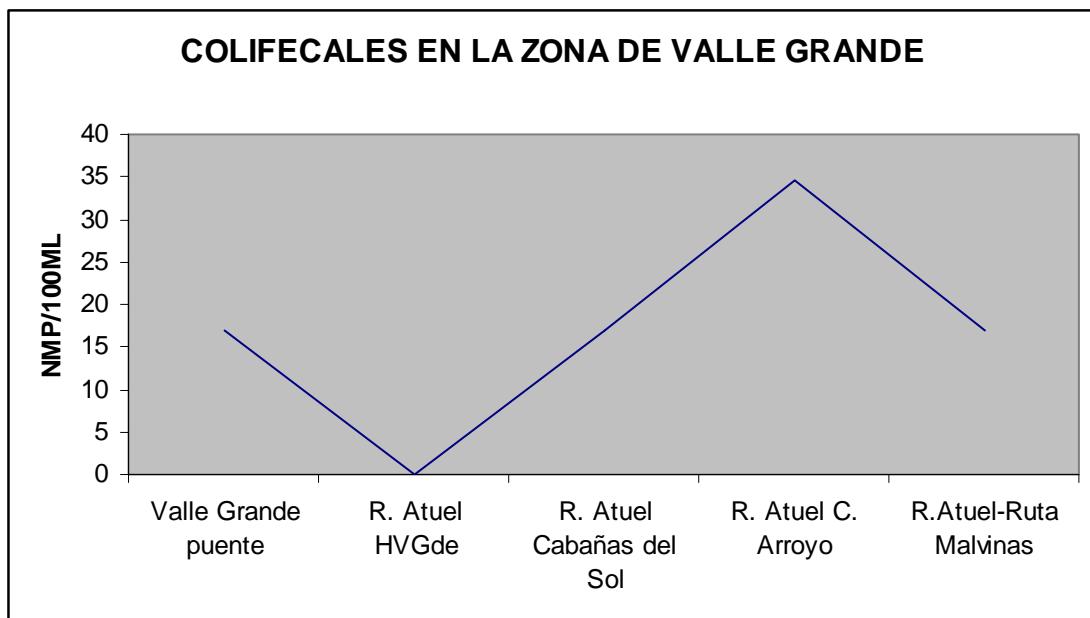
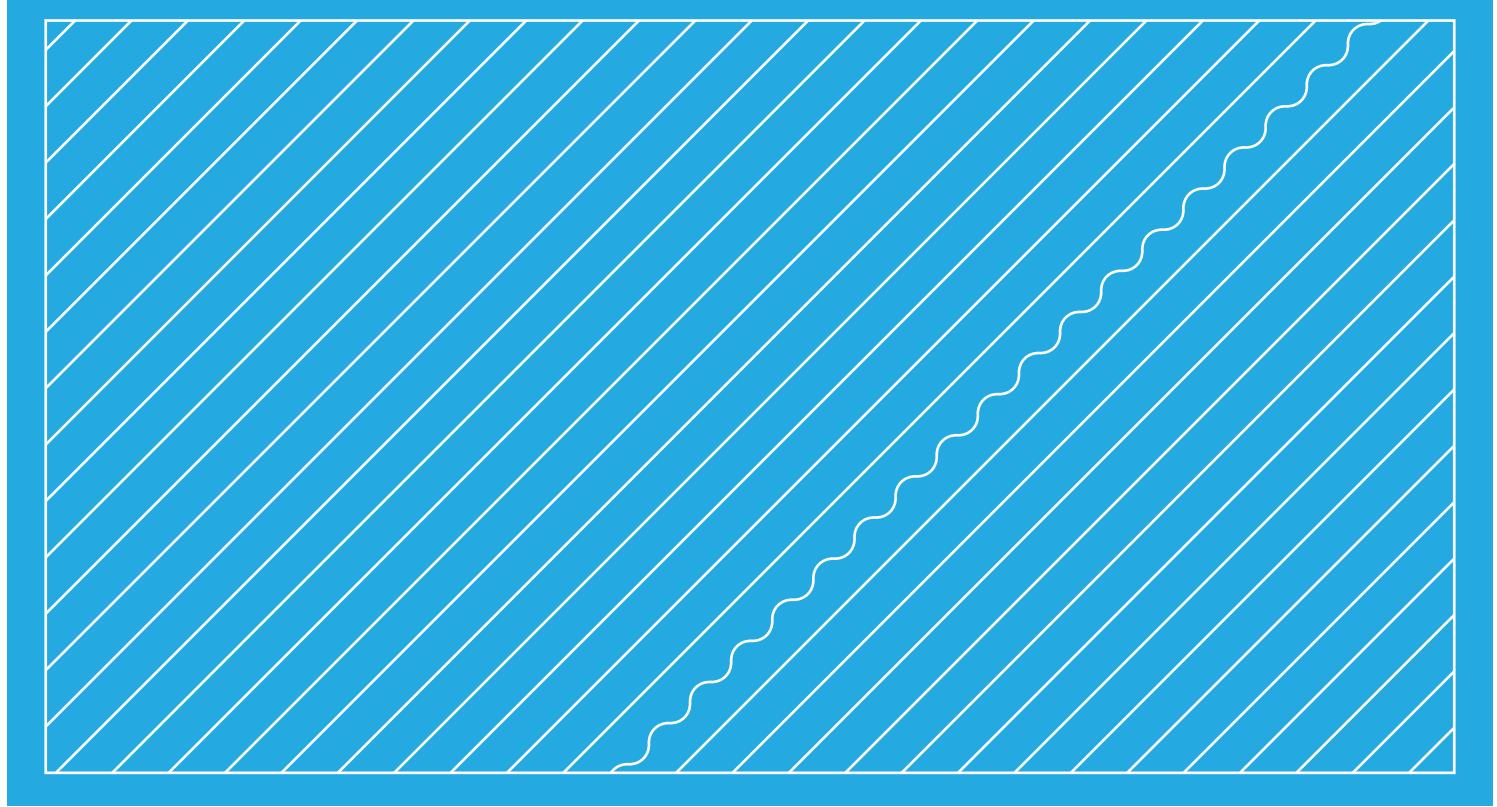


Figura I. 29: Colifecales. Zona de Valle Grande.

En Figura I. 28 puede observarse la similitud con la figura I.26, de los cual se desprende que el impacto está producido por la actividad turística de la zona.

Acciones a realizar en este sentido es lograr que todos los emprendedores se conecten a la red cloacal del Valle Grande y trabajar en los mismos para el manejo de todos los residuos que puedan llegar al recurso hídrico.



## Anexo II

# Estudio de la demanda hídrica de la cuenca del río Atuel

IRRIGACIÓN

## 1- Interpretación visual de los usos del suelo en el área irrigada de la cuenca del río Atuel<sup>12</sup>.

### 1.1-Introducción

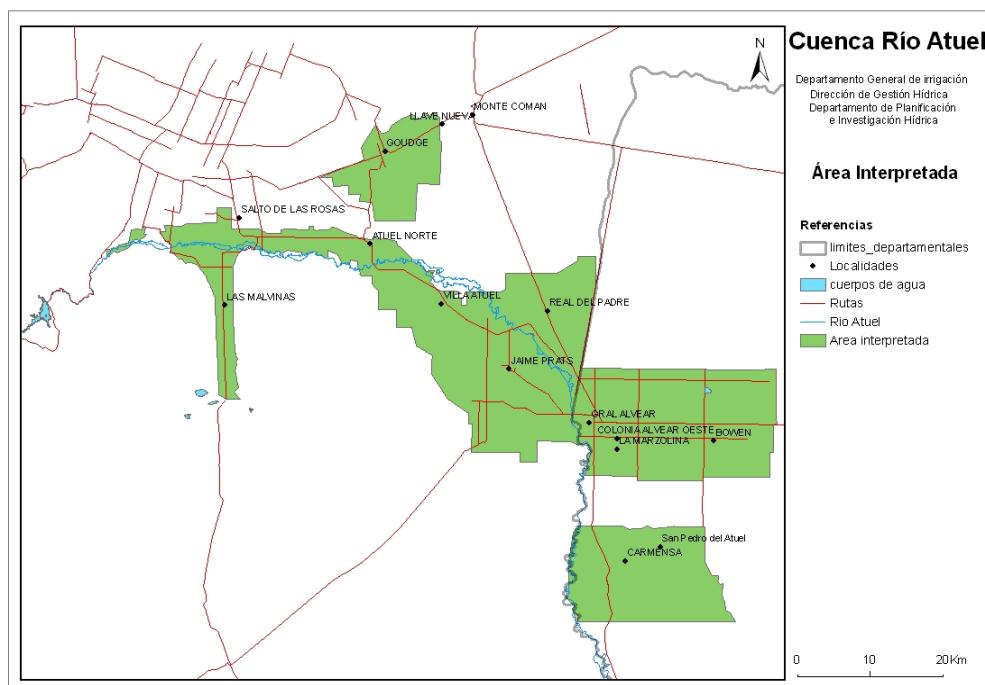
Dentro del marco de actividades para el Balance Hídrico se determinaron los usos de suelo del área irrigada de la cuenca del Río Atuel, tarea que se realizó a través de la interpretación visual de las imágenes de Google Earth (2013-2016), utilizando como herramienta informática el software ArcGis 9.3. Los mismos sirvieron como base para realizar la célula de cultivo en cada Unidad Administrativa de Manejo y con ello establecer la demanda hídrica de la cuenca, que varía según la actividad y el uso que se le da al suelo. Para realizar dicha tarea se utilizó la misma metodología empleada para determinar los usos del suelo en las subcuenca, superior e inferior, del Río Tunuyán y en la cuenca del Río Mendoza.

### 1.2-Metodología

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. Para la elaboración de la tarea, se contó con:

#### Recurso Cartográfico

Se trabajó con el mosaico parcelario catastral, proveniente de la Dirección Provincial de Catastro (DPC), como lo establece la ley Nº 8051/2009 (Ley de Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo de la Provincia

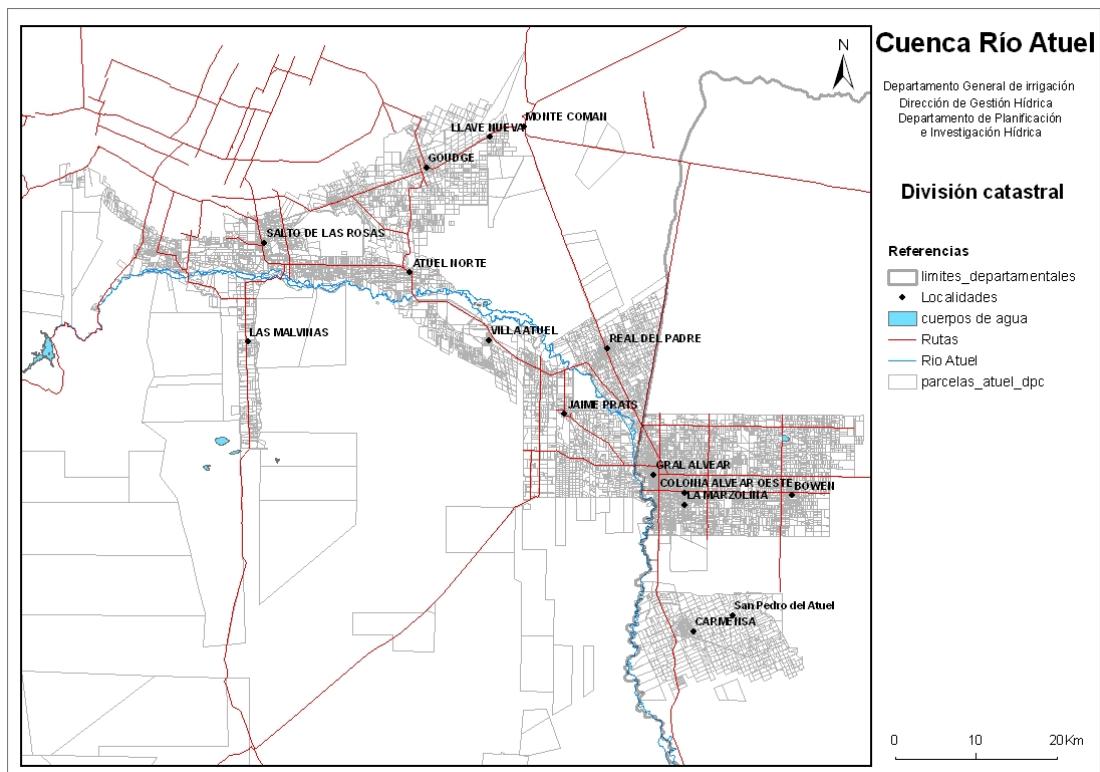


de  
Men  
doza  
) y la  
infor  
maci  
ón  
regis  
tral  
del  
DGI.  
(Fig  
ura  
II.1 y  
II.2)

Figu  
ra  
II.1:  
Base

<sup>1</sup>Simón, V; Ing. Civil Roselló, M; Ing. Agr. Ferrer, J; Alfandari, L; Martín, T y Lic. Mustoni, N

<sup>2</sup>Mustoni, N; Comes, D; Femenia, A.2010.Uso de Imágenes Satelitales para la gestión de los Recursos Hídricos. Unidad de SIG y Teledetección. Departamento General de Irrigación. Mendoza.; Mustoni, N. 2014- 2015. Interpretación visual de los usos de la tierra en la subcuenca inferior del río Tunuyán. Departamento General de Irrigación. Mendoza.



cartográfica Cuenca río Atuel.

Figura II. 2: Base cartográfica catastral

La base de datos alfanumérica de la DPC se relacionó con la base de datos registral del DGI (Tabla II.1), de donde surgió una nueva base que especifica las parcelas que cuentan con derecho de agua superficial, su categoría de derecho y el uso correspondiente.

Tabla II.1: Identificación de parcelas y características DGI

NC <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>	PP <sup>5</sup>	Cat. <sup>6</sup> derecho
1799002600550370	3010	117	Eventual
1899000600880510	3082	1615	Uso público
1799003400110460	3046	7	Definitivo
1799003600318439	3037	175	Perm. Precario
1899000300718494	3900	8	Desagüe

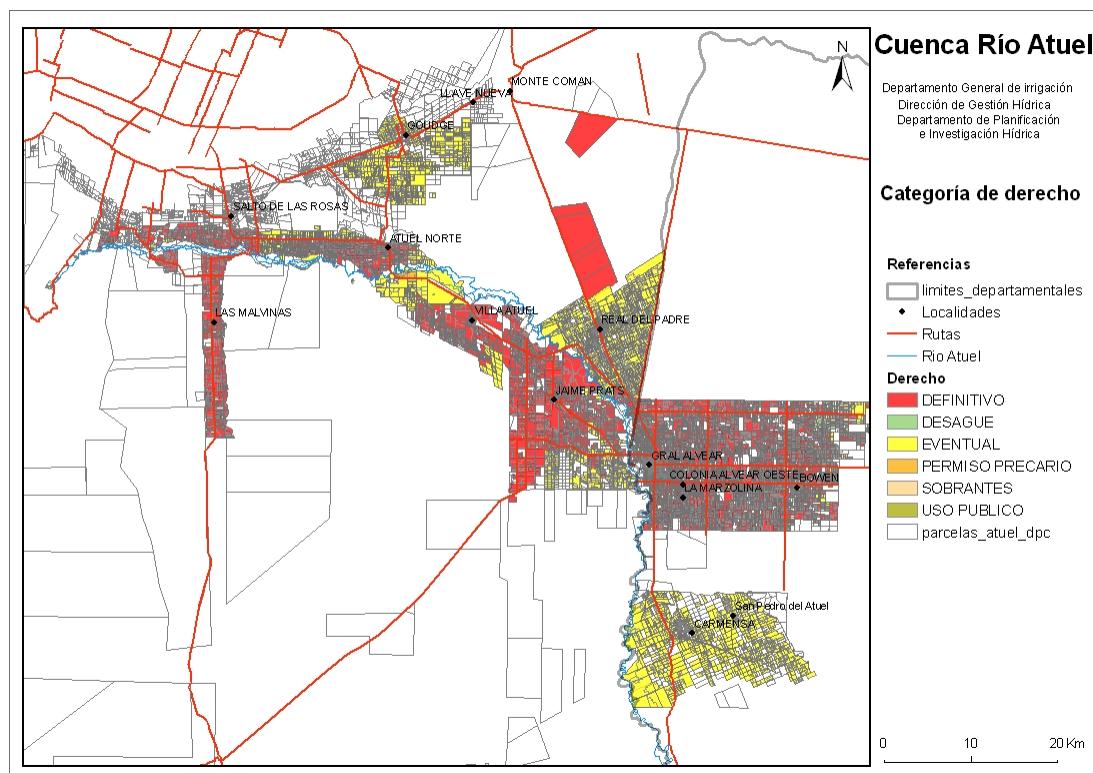
En la figura II.3 se detalla parcela por parcela la categoría de derecho de cada una de ellas.

<sup>3</sup> Nomenclatura catastral. Parcela catastral

<sup>4</sup> Código de cauce.

<sup>5</sup> Padrón parcial

<sup>6</sup> Categoría de derecho



**Figura II.3: Parcelas con derecho de riego superficial. Categorías de derecho.**

### Herramienta informática

Para el análisis y elaboración de las cartas síntesis se utilizó como soporte informático ArcGis 9.3. Este permitió de manera rápida y eficiente analizar los datos. Los resultados obtenidos se plasmaron sobre una plataforma SIG, lo que posibilitó que en etapas posteriores se empleen como información de base para el Balance Hídrico y se elaboren indicadores de utilidad para el mismo. Los datos obtenidos son en definitiva un sólido soporte para la toma de decisiones, tanto en la planificación como para la gestión.

### 1.3- Proceso

A modo de establecer una metodología de trabajo para la determinación de los usos de la tierra, se realizaron las siguientes actividades:

Se sistematizó en una única base con los datos alfanuméricos provenientes de la Base Catastral de la DPC y los datos registrales del DGI, tomando como campo relacional la Nomenclatura catastral.

Los datos que se utilizaron para establecer los diferentes usos del suelo y para calcular las células de cultivo por UAM y que permitieron estimar la demanda del recurso hídrico en ésta unidad de análisis, se obtuvieron a través 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.

Las categorías utilizadas para discriminar los usos de suelo de cada parcela fueron: sistematizado para riego, rotación, vegetación natural, antropizado, frutal, forestal, olivo, vid, hortícola, siembra y pastura.

Esta última se dividió en dos subcategorías: por un lado pastura propiamente dicha e interpretada a través de las imágenes satelitales y por el otro, vegetación espontánea bajo riego, referida a aquellas parcelas regadas para favorecer el crecimiento de vegetación espontánea de uso pastoril, que no se logra determinar a través de las imágenes satelitales y las cuales fueron identificadas únicamente al momento de validación en el campo (Tabla II.2).

Debido a la antigüedad en algunas de las imágenes satelitales de algunas zonas de la cuenca, se realizó la validación y verificación al 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.

Se generó un muestreo del total de los cultivos en rotación y sin producción para luego proceder a una validación de estos y determinar si se trataba de estos cultivos en rotación o de vegetación espontánea bajo riego.

Se generó un muestreo aleatorio de toda la cuenca, para luego realizar la matriz de confusión<sup>7</sup> y así determinar el grado de exactitud de la interpretación visual.

El proceso se inició tomando como fondo de carta el parcelario catastral y las imágenes satelitales (Figura II.5). Sobre éste se trazaron polígonos que identifican usos semejantes, respetando siempre el límite de la parcela, ya que es ésta la que tiene asociada los derechos de agua superficial y/o subterráneo. En la columna diseñada para colocar el uso identificado se ubicó el mismo y en la columna observación todo aquello que refiera a una aclaración sobre el uso y/o lo que presente duda sobre el tipo de usanza. Por ejemplo: urbano, futuro loteo, recreativo, invernadero, industria entre otros, pertenecen a la categoría de “antropizado” y la observación “en mal estado” pertenece a algún cultivo que no se encuentra en sus condiciones óptimas, ya sea porque han sufrido las consecuencias de alguna contingencia climática o por otras causas.

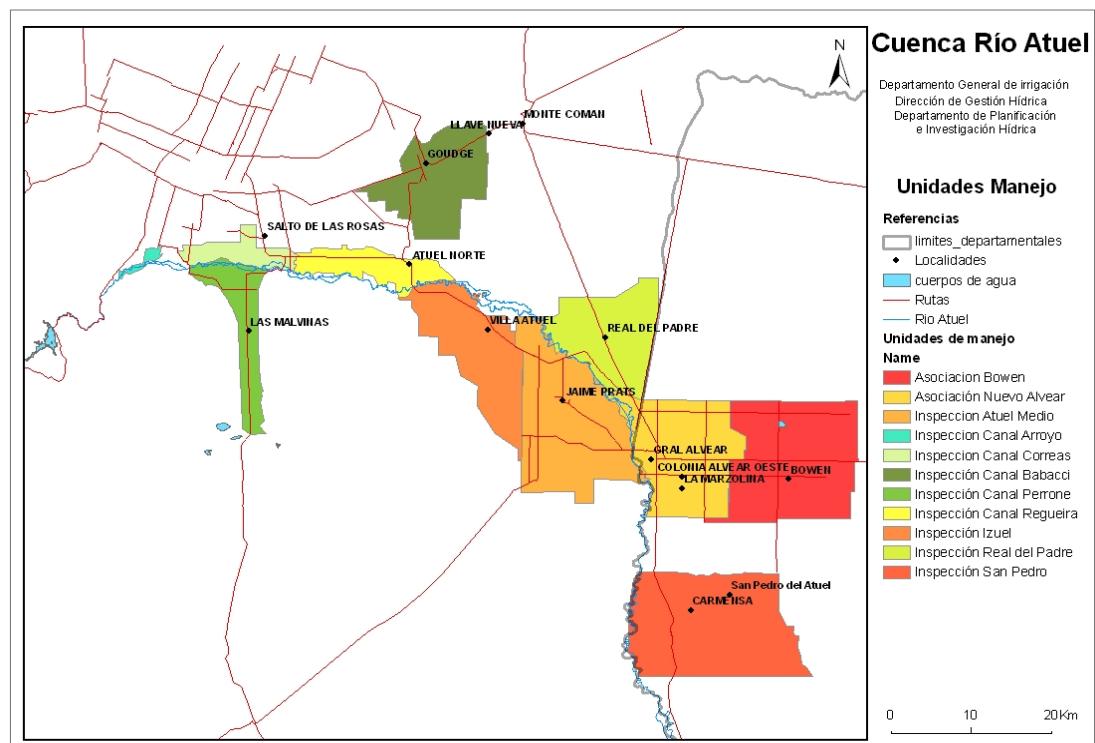


Fuente: Captura de imagen satelital con parcelario. Google Earth/2016.

**Figura II.4: Fondo de carta con base catastral.**

En La figura II.5, se representan los distintos tipos de usos de suelo en el área irrigada de la cuenca del Río Atuel. En el extremo inferior izquierdo se realiza un acercamiento a la unidad de manejo Izuel, precisamente en zonas aledañas a la localidad de Villa Atuel, en donde se distinguen los tipos de usos de suelo interpretados visualmente a través del software Google Earth

<sup>7</sup>Alfandari, L.; Simón, V.; Martín, T.; Ferrer, J; Roselló, M. Informe validación a campo: usos de suelo. Cuenca Río Atuel. Departamento General de Irrigación. Mendoza

**Figura II.5: Unidades administrativas de manejo.****Tabla II.2: Usos de la tierra referenciales según su tipo, interpretados a través de las imágenes satelitales.**

Uso	Tipo	Descripción
Agrícola	Sistematizado para riego	Fincas o cuarteles que han sido cultivados, donde se observa nivelación y sistematización para riego que al momento de la interpretación se encuentra en descanso
	Rotación	Fincas o cuarteles sistematizados para riego, pero a diferencia del anterior, han sido cultivados en los últimos cinco años
	V.E.B.R. Vegetación espontánea bajo riego:	Parcelas en donde no se observan trabajos agronómicos, pero que de todas maneras son regadas para favorecer el crecimiento de la vegetación espontánea de uso pastoril y además se observa la presencia de animales pastando o signos de ello.
	Forestal	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de especies forestales. En este caso para determinar la demanda se toma como especie de referencia al álamo
	Hortaliza	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de especies hortícolas. En este caso para determinar la demanda se toma como especie de referencia al tomate para verano y lechuga para invierno.
	Frutal	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de frutales. En este caso para determinar la demanda se toma como especie de referencia al ciruelo.
	Olivo	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de olivos. Por su diferente demanda con respecto a otros frutales y la superficie cultivada es que se lo coloca en una categoría a parte
Siembra/ Rastrojo		Para determinar la demanda dentro del balance hídrico se toma como especie de referencia al ajo
	Pastura	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han

		como especie de referencia a la alfalfa
	Vid	Son terrenos con derechos de riego y sistematizados para tal fin, en donde se han detectado cultivos de vid. No se distingue si es vid en espaldero o parral, como así también entre los diferentes fines.
No Agrícola	Antropizado	Se hace referencia a las represas, viviendas, galpones, industrias, escuelas, ejes de circulación
	Vegetación Natural	Se hace referencia a la vegetación natural de la Provincia Fitogeográfica del Monte

Tabla II.3: Ejemplo de usos de la tierra según interpretación

NC	CC	PP	Cat. Derecho	Suelo	Sup.emp	Inspección
1799002600550370	3010	117	Eventual	pastura	9	Regueira
1899000600880510	3082	1615	Uso publico	antropizado	3	Rama Centro Viejo
1799003400110460	3046	7	Definitivo	vid	14	Izuel
1799003600318439	3037	175	Perm. Precario	frutal	3	Jauregui
1899000300718494	3900	8	Desagüe	forestal	8	Subdelegación Atuel

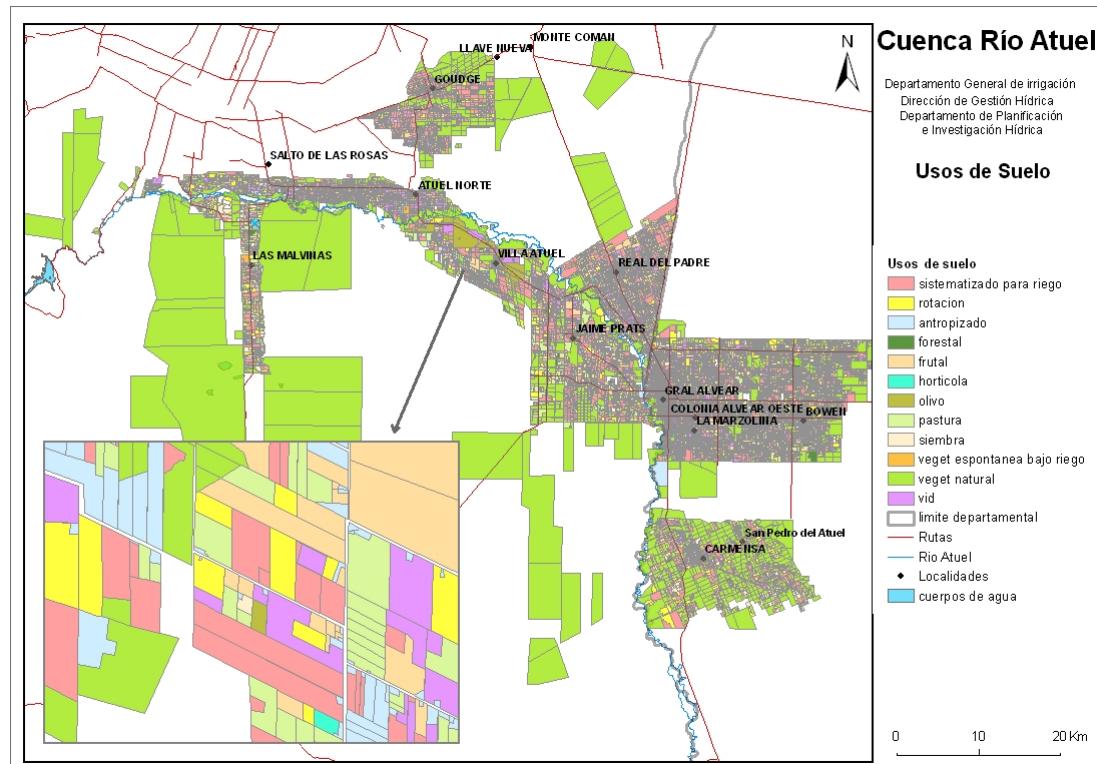


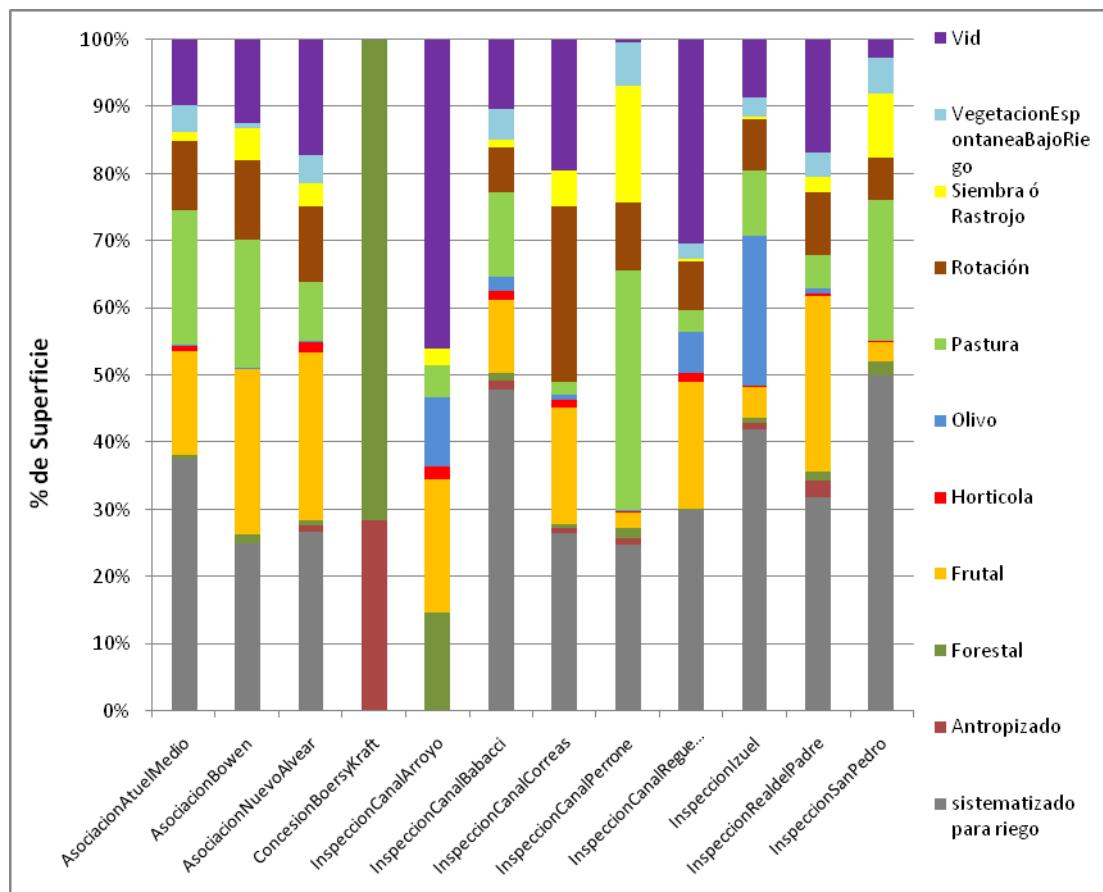
Figura II.6: Usos del suelo identificados.

**Tabla II.4: Síntesis de los usos de la tierra identificados según interpretación.**

Usos identificados por percepción remota	Parcelas c/ derecho de riego superficial		Parcelas sin derecho de riego superficial		Total	
	%	ha	%	ha		
Uso agrícola	Sin producción	Sistematizado para riego + vegetación natural	78%	35407.05	92% 16855.85	52262.90
		Rotación	22%	9945.50	8% 1489.69	11435.19
		Total sin producción	100%	45352.56	100% 18345.54	63698.09
	En producción	Forestal	2%	1281.58	9% 238.69	1520.27
		Frutal	29%	16418.39	25% 666.37	17084.76
		Hortícola	1%	678.00	1% 30.80	708.81
		Olivo	5%	2708.09	9% 248.66	2956.75
		Pastura	27%	14920.39	17% 460.00	15380.40
		Vegetación espontánea bajo riego	6%	3542.33	- - -	-
		Siembra	7%	4199.51	18% 466.59	4666.10
		Vid	22%	12335.03	20% 531.68	12866.71
		Total cultivado	100%	56083.33	100% 2642.80	58726.13
	Total uso agrícola (ha)		101435.89		20988.34	122424.22
Uso no agrícola	Antropizado	88%	713.12	3%	1050.34	1763.46876
		Uso público	12%	99.69	- -	99.69
	Superficie de UAM sin derecho		- -	97%	29584.34	29584.34
	Total uso no agrícola (ha)		813		30634.68	31447.50
Total		102248.71		51623.02	153871.72	

**Tabla II.5: Célula de cultivo por unidad administrativa de manejo. Cuenca Río Atuel**

UAM	%Sistematizado p/riego	%Rotación	%Forestal	%Frutal	%Hortícola	%Olivo	%Pastura	%Siembra	%Vid	%Vegt. Espontánea Bajo Riego	Total UAM	UsoPúblico (ha)
As.AtuelMedio	37.6	10.3	0.7	15.3	0.8	0.2	20.1	1.3	4.0	9.8	100.0	0.46
As.Bowen	25.0	11.9	1.3	24.8	0.2	0.1	19.0	4.7	0.7	12.4	100.0	18.28
As.NuevoAlvear	27.0	11.4	0.8	25.2	1.5	0.2	8.8	3.5	4.1	17.4	100.0	60.46
Ins.CanalArroyo	0.0	0.0	14.6	19.8	2.1	10.2	4.9	2.5	0.0	46.0	100.0	
Ins.CanalBabacci	48.5	6.8	1.2	11.1	1.2	2.2	12.7	1.3	4.5	10.5	100.0	2.39
Ins.CanalCorreas	26.7	26.3	0.6	17.5	1.1	0.8	2.0	5.3	0.0	19.7	100.0	
Ins.CanalPerrone	25.0	10.2	1.6	2.2	0.4	0.0	36.1	17.5	6.6	0.3	100.0	
Ins.CanalReguerira	29.9	7.3	0.3	18.8	1.4	6.0	3.2	0.3	2.4	30.3	100.0	
Ins.Izuel	42.3	7.6	0.9	4.6	0.2	22.5	9.8	0.5	2.8	8.7	100.0	
Ins.RealdelPadre	32.7	9.6	1.4	26.8	0.4	0.7	5.2	2.3	3.7	17.2	100.0	0.20
Ins.SanPedro	49.9	6.2	2.2	2.9	0.1	0.0	20.9	9.6	5.3	2.7	100.0	16
Cons.BoersyKraft	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	



**Figura II.7: Superficie ocupada por cada uso de suelo en cada Inspección de Cauce.**

Dentro del proceso para la determinación de los usos de suelo se realizaron diferentes trabajos de campo: en primer lugar se realizó la verificación de aquellas parcelas en donde se presentaron dudas al momento de interpretar las imágenes satelitales; y en segundo lugar, se realizó la validación de una muestra de parcelas elegidas al azar para conocer el grado de exactitud de la clasificación de los usos de suelo que se les daba a las parcelas a través de la interpretación visual de las imágenes satelitales, material con el que realizó al finalizar la tarea de campo, la matriz de confusión.

La matriz de confusión es una matriz cuadrada de  $n \times n$ , donde  $n$  es el número de clases, que en este caso corresponden a las categorías de uso del suelo consideradas en la interpretación visual. A través de la misma, se evalúa la exactitud de la clasificación, situando en las filas las clases o categorías de nuestro mapa y en las columnas las mismas clases para la verdad de terreno o campo.

## 1.4- Conclusión

Según la metodología utilizada en la interpretación, validación y análisis de los usos de suelo, el grado de detalle con el que se trabajó se lo consideró suficiente para el aporte de tareas del balance hídrico en la cuenca del Río Atuel.

Luego del análisis de dicha interpretación se pudieron definir los usos agrícolas y no agrícolas de la cuenca y establecer una célula de cultivo por UAM. En tanto los usos agrícolas se corresponden con un 80% de la cuenca, en donde 56083.33ha corresponden a la superficie en producción predominando el cultivo de frutales con el 29% del total de la cuenca cultivada; y las pasturas con el 27% del total cultivado. Mientras que 45352.56 ha pertenecen a un uso agrícola sin producción, donde el 78% corresponde a aquellas parcelas con sistematización para riego y vegetación natural y el 22% a aquellas cultivos que se encuentran en rotación. En cuanto a los usos no agrícolas responden a un 20% del total

de la cuenca y son aquellas parcelas en donde la categoría de uso es de uso público y por otro lado antropizado. Este último está compuesto por todas las parcelas que tienen un uso recreativo; que tienen una actividad industrial (ladrilleras, secaderos de frutas, galpones, viveros, etc.); viviendas y todo tipo de edificación. El uso público y lo antropizado con derecho de riego superficial son 813 ha.

En cuanto a las validaciones a campo, se procedió al análisis de los resultados obtenidos para una mejor comprensión de la distribución de los diferentes cultivos en la cuenca. Dicho análisis, a través de la matriz de confusión, demuestra el grado de concordancia de la clasificación que indica el índice de Kappa, el cual es bueno. Sistematizado para riego, frutal, pastura, vegetación natural y vid, son los usos que menos porcentaje de error poseen. Los usos rotación, hortícola, siembra y olivo obtuvieron porcentajes altos de error, por lo tanto bajos con respecto a la exactitud global.

## 2- Informe validación a campo. Usos de suelo. Cuenca río Atuel<sup>8</sup>

### 2.1- Introducción

Resulta de gran importancia recopilar información sobre los usos de suelo de la zona estudiada, ya que los requerimientos del recurso hídrico varían entre las diversas actividades y entre los diversos cultivos. Por este motivo se llevó a cabo una tarea de interpretación visual de usos de suelo, a partir de la visualización de imágenes satelitales de Google Earth y de la utilización, como herramienta de trabajo, del software ARCGIS. Vale destacar que se utilizó la escala de parcela con derechos de riego de la cuenca del río Mendoza.

Para complementar el trabajo de visualización de usos de suelo, se realizaron dos tipos de trabajo de campo, cada uno con su propia metodología y objetivos propios:

#### Trabajo de Verificación

Consiste en observar a campo los usos de suelo que generaron duda en la interpretación visual. Posteriormente, esta información se transfirió al equipo de trabajo correspondiente para modificar o corroborar los usos asignados según el caso. Las dudas generadas se deben a diversas razones, como por ejemplo poca disponibilidad de imágenes, imágenes desactualizadas, marcos de plantación poco frecuentes, entre otros.

#### Trabajo de Validación

Consiste en visualizar parcelas al azar, con el objetivo de conocer el grado de exactitud del método de clasificación de usos del suelo empleado y compararlo con la realidad observada a campo.

A continuación se presenta la metodología y los resultados de ambos tipos de trabajo.

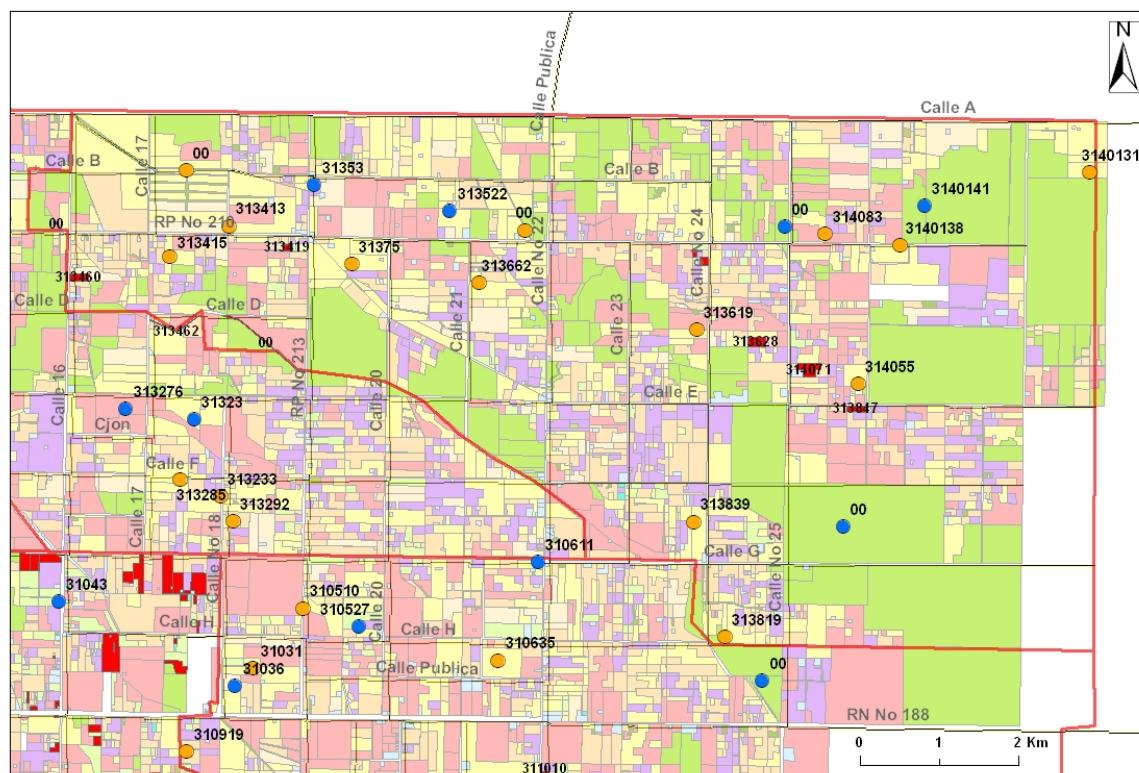
### 2.2- Verificación

#### 2.2.1- Materiales y métodos

En gabinete se elaboraron mapas (Figura II.8) mediante el software ARCGIS identificando las parcelas que generaron dudas al momento de la interpretación visual. En ellas se marcaron puntos de referencia en calles accesibles o los vértices de las mismas, además se cargaron en un GPS las coordenadas de estos puntos.

---

<sup>8</sup>Alfandari, L; Simón, V; Martín, T; Ferrer, J; Rosello, M. Departamento General de Irrigación. Mendoza 2017

**Bosch**

**Figura II.8: Ejemplo de mapa elaborado como guía para la ubicación de las parcelas a verificar.**

Además se elaboraron tablas (ejemplo en Tabla II.6) conteniendo la información visualizada mediante imágenes satelitales en cada punto georreferenciado (WP), así como también las observaciones hechas por el equipo de trabajo.

**Tabla II.6: Ejemplo de planilla elaborada a fin de completar en el campo.**

WP <sup>9</sup>	Uso_Gli <sup>10</sup>	Observación <sup>11</sup>	CC	PP	Observaciones a campo	Nº foto
1	Frutal	Mal estado	3004	241		
2	Vid	A verificar	3077	421		
3	Antropizado	Industrial	3079	123		

En el campo se verificó el uso del suelo mediante la observación directa, además de realizar un registro fotográfico de los lugares observados para mayor detalle.

## 2.2.2- Resultados

Los datos obtenidos fueron inmediatamente transferidos al equipo de interpretación visual de usos de suelo a fin de corregir o corroborar lo observado por imagen satelital.

## 2.3- Validación

### 2.3.1- Materiales y métodos

<sup>9</sup>corresponde a un número correlativo que asignamos a cada punto georreferenciado cargado en un GPS a los fines de facilitar la ubicación de las parcelas

<sup>10</sup>corresponde a la categoría observada mediante imágenes satelitales

<sup>11</sup>Se refiere a las dudas que puedan haber emergido.

El proceso de validación consiste en la tarea de comparar el valor asignado a un punto dado en el mapa y el valor observado en el mismo punto en el campo o u otra fuente considerada “verdad”.

Debido al gran tamaño de la población a estudiar (todas las parcelas con derecho de riego superficial de la cuenca del río Atuel) se realizó un muestreo aleatorio simple; la unidad de muestreo considerada fue un punto georreferenciado, en el cual se observó a campo el uso del suelo.

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó la fórmula establecida por Cochran (1977), en donde se establece que estadísticamente para los datos categóricos el número de puntos de verificación depende de tres variables:

S: constante que depende del nivel de confianza (S=1,96 para un nivel de confianza del 95%)

P: proporción de aciertos estimados ( $P=0,95^{12}$ )

Q: proporción de errores estimados ( $Q=0,05$ )

E: nivel permitido de error ( $E=0,04$ )

$$N = \frac{S^2 \times p \times q}{E^2}$$

A partir de la superficie a validar, mediante el software ARCGIS se generó una muestra de 202 (N) puntos al azar, los cuales fueron desplazados atendiendo los siguientes criterios: 1)- excluir el área urbana del muestreo y 2)- localizarlos sobre las calles o rutas más cercanas, con el objeto de hacer más accesible y facilitar el muestreo.

Los puntos a muestrear se cargaron en un GPS y se elaboraron planos para facilitar la ubicación de los mismos. Una vez en el campo, al localizar el punto de muestreo, se observó el uso del suelo, se consignó en la planilla de campo (siguiendo los mismos criterios y categorías de clasificación que en la interpretación visual de imágenes satelitales) y además se tomaron fotos y se registraron observaciones en caso de ser necesarias.

En gabinete, utilizando el software ARCGIS, se relacionó el uso del suelo observado a campo con el uso del suelo asignado para ese punto mediante la observación de las imágenes satelitales, consignándose en cada caso su coincidencia o no.

También, se validó el uso abandonado reciente para corroborar si en la realidad se determina como pastura o vegetación espontánea bajo riego. Esto es de gran importancia ya que el uso abandonado reciente es uno de los que más genera dificultad a la hora de la interpretación visual de imágenes satelitales, ya que en la mayoría de los casos no se puede determinar con exactitud.

## Análisis estadístico

El instrumento más usual para evaluar la exactitud de una clasificación es la matriz de confusión, también llamada matriz de error o de contingencia. Esta es una matriz cuadrada de  $n \times n$ , donde  $n$  corresponde al número de clases, que en este caso corresponden a las categorías de uso del suelo consideradas en la interpretación visual.

A través de la misma se evalúa la exactitud de la clasificación. Tanto las columnas como las filas de la matriz muestran las clases o categorías, siendo que las columnas presentan las categorías de uso del suelo reales verificadas a campo, mientras que las filas la interpretación de imágenes satelitales.

Las características más destacadas de esta matriz son:

Presenta una visión general de las asignaciones, tanto de las clasificaciones correctas (elementos de la diagonal) como de las migraciones o fugas (elementos fuera de la diagonal).

Recoge los denominados errores de omisión y de comisión

Errores de comisión: elementos que no perteneciendo a una clase aparecen en ella.

Errores de omisión: elementos que perteneciendo a esa clase no aparecen en ella por estar erróneamente incluidos en otra.

A partir de la matriz pueden deducirse varios índices relativos a la exactitud de la clasificación, como los son los Índices Globales de Exactitud global. Este índice se calcula como el número de unidades clasificadas correctamente sobre el número total de unidades consideradas. Se obtiene sumando los elementos de la diagonal divididos por el total de observaciones. Este índice tiende a sobreestimar la bondad de la clasificación. Sus valores se encuentran en el intervalo [0, 1], siendo la clasificación mejor cuanto más se acerque a la unidad.

$$\text{Exactitud global: } P = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ii}}{N}$$

Por su parte el Índice Kappa es una medida de la diferencia entre la exactitud lograda en la clasificación y la chance de lograr lo mismo con una clasificación correcta con un clasificador aleatorio. Se calcula como:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^m x_{ii} - \sum_{i=1}^m x_i \sum_{j=1}^m x_{ji}}{N^2 - \sum_{i=1}^m x_i \sum_{j=1}^m x_{ji}}$$

Coeficiente Kappa:

Donde  $m$  es el número total de clases,  $N$  el número total de puntos en las  $m$  clases de referencia,  $x_{ii}$  son los elementos de la diagonal principal de la matriz de confusión,  $\sum_{i=1}^m x_{ii}$  la suma de puntos de la clase  $i$  de referencia y  $\sum_{j=1}^m x_{ji}$  es la suma de los puntos clasificados como la clase  $i$ .

El coeficiente de Kappa ( $\kappa$ ) computa el acuerdo entre la imagen clasificada y la verdad de terreno, debido únicamente a la exactitud de la clasificación, suprimiendo el acuerdo que cabría esperar simplemente por azar. Monserud et al., (1992) propusieron la siguiente escala para la interpretación del valor de dicho coeficiente donde valores:

- Menores a 0,40: pobres
- Entre 0,40-0,55: suficientes
- Entre 0,55-0,70: buenos
- Entre 0,70-0,85: muy buenos
- Mayores a 0,85: excelentes

### 2.3.2- Resultados

A continuación se presenta la matriz de confusión correspondiente a la validación del método de clasificación de usos del suelo a través de la interpretación visual de imágenes satelitales y los índices de precisión calculados en base a la misma.

En las columnas de la matriz se presentan las categorías de uso del suelo reales verificadas a campo, mientras que en las filas se presentan las mismas categorías pero clasificadas según la interpretación de imágenes satelitales. La diagonal principal indica el número de parcelas que han sido correctamente clasificadas para cada categoría de uso de suelo. En cambio, los elementos ubicados fuera de la diagonal principal, indican los errores de asignación (marginales), ya sea porque perteneciendo a una misma clase han sido asignados a categorías distintas (error de omisión), o porque han sido clasificados en una categoría, cuando en realidad pertenecen a otra (error de comisión).

El número de puntos a validar, fue calculado atendiendo la población total (cantidad de parcelas con derecho de riego superficial en la cuenca del río Atuel) el cual dio un total de 202. Sin embargo, sólo se pudieron verificar 163. Por ello, las observaciones que se presentan a modo de conclusión tienen como objeto aportar información cualitativa preliminar que apoya la información obtenida mediante la interpretación visual de usos del suelo. Sólo los índices globales -exactitud global e índice de Kappa- tienen validez estadística ya que han sido calculados considerando el total de las observaciones.

Tabla II.7: Matriz de confusión

Categoría	Uso del Suelo real (verificado a campo)													Exactitud Usuario	Error Comisión	
	Abandonado antiguo	Abandonado reciente	Antropizado	Forestal	Frutal	Hortícola	Siembra	Olivos	Pasturas	Vegetación espontánea a bajo riego	Vegetación natural	Vid	TOTAL			
Uso del suelo según Imágenes Satelitales	Abandonado antiguo	20	1	0	2	1	1	0	6	2	1	0	34	0,59	0,41	
	Abandonado reciente	7	7	0	0	3	1	0	10	0	0	1	29	0,24	0,76	
	Antropizado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00	1,00	
	Forestal	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	
	Frutal	0	2	0	0	17		1	0	1	0	2	23	0,74	0,26	
	Hortícola	4	3	0	1	0	1	1	0	3	0	0	13	0,08	0,92	
	Siembra	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0	1	6	0,17	0,83
	Olivos	0	1	0	0	4	0	0	4		0	0	9	0,44	0,56	
	Pasturas	0	1	0	1	0	1	0	0	4	0	0	7	0,57	0,43	
	Vegetación espontánea a bajo riego	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	
Exactitud	Vegetación natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	1,00	0,00	
	Vid	2	5	0	0	4	1	0	0	0	0	0	23	0,66	0,34	
	TOTAL	34	20	0	4	30	7	3	4	26	2	6	27	163		
	Productor	0,59	0,35	-	0,00	0,57	0,14	0,33	1,00	0,15	0	0,83	0,85			
		0,41	0,65	-	1,00	0,43	0,86	0,67	0,00	0,85	1,00	0,17	0,15		0,50	



**Exactitud global= 0,50**

**Coeficiente de Kappa (K)= 0,42**

El índice de Kappa obtenido indica que el grado de concordancia de la clasificación es *bueno* según la escala propuesta por Monserud et al., (1992). Nótese que el valor del Coeficiente de Kappa es menor al de la Exactitud Global; esto es debido a que incorpora una corrección respecto del último: excluye la coincidencia debida únicamente al azar.

### 2.3.3- Conclusiones

Las categorías que no se analizaron corresponden a los usos antropizado, forestal y “vegetación espontánea bajo riego” ya que, observando el número total de uso de suelo real de dichas categorías, es muy bajo con respecto a las demás categorías y por esto resulta difícil llegar a un análisis considerable ya que son pocas las parcelas observadas correspondientes a estas categorías. Además, el uso “vegetación espontánea bajo riego” no se tuvo en cuenta al momento de la interpretación visual de las imágenes satelitales, incrementándose sólo en la verificación a campo.

Con respecto a las demás categorías, se analizaron a partir del porcentaje final de exactitud usuario, en relación al porcentaje de exactitud global siendo 50 %.

Entre las categorías que obtuvieron un porcentaje mayor al porcentaje de exactitud se encuentran los usos “abandonado antiguo”, “frutal”, “pastura”, “vegetación natural” y “vid”. Sin embargo, cada una presenta situaciones distintas. En el caso de los usos “abandonado antiguo”, “frutal” y “vid” se analizó

un alto número de parcelas clasificadas de cada categoría y las tres obtuvieron un alto porcentaje de exactitud de usuario en comparación con el porcentaje de errores. Esto se debe a que son usos que se observan con claridad al momento de interpretar las imágenes satelitales. En lo referente al uso “pastura” y “vegetación natural” se observa que, si bien obtuvieron un alto porcentaje de exactitud, el número total de parcelas clasificadas para cada categoría es bajo en comparación con las tres categorías mencionadas anteriormente, siendo un total de 7 parcelas específicamente para “pastura” y cinco parcelas clasificadas para “vegetación natural”. Por lo tanto el resultado reviste poca importancia por las pocas observaciones realizadas de estos usos.

Con respecto a las categorías que obtuvieron menores porcentajes de exactitud de usuario fueron las siguientes usos: abandonado reciente, hortícola, siembra y olivo, todas con situaciones diferentes entre sí.

Con respecto al uso “abandonado reciente”, se consideró una cantidad importante de parcelas clasificadas, pero el porcentaje de exactitud se situó por debajo del porcentaje de exactitud global. Esto quiere decir que de un total de 29 parcelas clasificadas, sólo 7 se clasificaron correctamente. La mayor cantidad de parcelas clasificadas con este uso se confundió en la realidad con los usos “pastura” y “abandonado antiguo”. Con respecto al uso “hortícola”, se puede observar que sólo un 8 % se clasificó correctamente. Esto quiere decir que las 13 parcelas clasificadas, con los usos que más se confundieron fueron “abandonado antiguo”, “abandonado reciente” y con “pastura”.

Con respecto a los usos “siembra” y “olivo”, se analizaron pocas observaciones. En el caso de la “siembra”, se clasificaron sólo 6 parcelas y al momento de interpretarla se la confundió con el uso “hortícola”. Para el uso “olivo” se clasificaron 9 parcelas, de las cuales casi la mitad de ellas se las confundió con frutales al momento de interpretar visualmente las imágenes satelitales. Esto quiere decir que estos usos, al momento de la interpretación visual, son difíciles de identificar.

En síntesis, se puede decir que los usos “abandonado antiguo”, “frutal”, “pastura”, “vegetación natural” y “vid” son los que tienen menos porcentaje de errores. Los usos abandonado reciente, hortícola, siembra y olivo obtuvieron porcentajes altos de error, por lo tanto bajos con respecto a la exactitud. Esto se debe a diversos motivos por los cuales no se identifican con precisión, siendo por ejemplo a que las imágenes satelitales estén desactualizadas en relación al año en el cual se esté interpretando los diversos usos; también a que el uso “abandonado reciente”, “hortícola” y “siembra” son usos dinámicos en el tiempo, que cambian a corto plazo y que se relacionan entre sí, ya que algunas hortalizas se cultivan en determinadas épocas del año, dejando posteriormente la tierra en descanso sin cultivos, para luego (en algunos casos) volver a sembrar la tierra. Por esto es necesario asistir al campo para corroborar el uso en la actualidad.

Con el análisis de la matriz de confusión y con las observaciones realizadas, se llega a la conclusión que se deben validar preferentemente los usos que generan algún tipo de dificultad a la hora de la interpretación. Con respecto a los usos “abandonado reciente”, “hortícola” y “siembra”, se debería priorizar su verificación para incrementar la certeza de las clasificaciones, ya que son las clases que más se confunden con otras a la hora de interpretar.

### 3- Metodología y resultados sobre la categoría de usos de suelo: pastura. Cuenca río Atuel<sup>13</sup>

#### 3.1- Metodología

La interpretación visual se realizó sobre 245.640 ha que responden a la superficie de los polígonos que representan las diferentes propiedades de la cuenca; de las cuales 102.149ha son las que poseen un derecho o permiso de riego según la base de datos del DGI; y sólo 88.545ha constituyen el parcelario empadronado sobre el cual se calcula la célula de cultivo, es decir, que se interpreta una muestra del 86% de dicho parcelario.

En primer lugar se realizó la interpretación visual de los usos de suelo de todo el parcelario provisto por la DPC (245.640 ha) y Luego se filtraron aquellas parcelas con derecho de riego (88.545 ha) que constituyen el conjunto de trabajo.

Luego se realizó una verificación de parcelas con dudas, cuya corrección fue incorporada a la base de datos y simultáneamente una validación que incluyó aproximadamente 150 observaciones al azar. Estos resultados permitieron confeccionar una matriz de confusión para poder analizar las confusiones más frecuentes del sistema de clasificación de usos del suelo empleado. De este análisis surgió la necesidad de revisar los abandonados recientes, ya que dicha categoría era frecuentemente confundida con las pasturas.

Para ello se validaron en campo aproximadamente 400 puntos que habían sido clasificados como “abandonado reciente” y “antiguo”, consignando su uso real y con estos datos se realizó el siguiente análisis: se contaron para cada categoría de abandono (“reciente” y “antiguo”) cuantos fueron confirmados como tal y cuantos eran en realidad pasturas. Además se introdujo una nueva categoría que surgió de la observación a campo denominada vegetación espontánea bajo riego, la cual representa a aquellas parcelas que no son cultivos de pastura propiamente dicha pero si son regadas y utilizadas para pastoreo. Se calcularon los porcentajes del total de abandonados que “pasaron” a pastura y a la nueva categoría mencionada y se trasladaron esas proporciones de cambio a cada UAM de la cuenca.

Así, se obtuvieron las superficies por usos de suelo afectadas por la corrección de la validación a campo. La debilidad de esta corrección es que los puntos validados a campo no fueron distribuidos en todas las UAM (hubo UAM donde no se realizaron observaciones).

Después se tomó una muestra aleatoria de 375 parcelas clasificadas como abandonado (reciente y antiguo) y se realizó una nueva interpretación visual de los usos ya que había disponibilidad de nuevas imágenes con las que no se contaba al momento de la primera interpretación.

La Figura II. 9 muestra un caso en la UAM Perrone; la imagen disponible al momento de realización de la interpretación de usos (marzo de 2013) fue clasificada como “abandonado” reciente, pero al observar las imágenes de 2016 (usadas en la interpretación de “abandonado”) muestra que dicha parcela está cultivada con pasturas.

---

<sup>13</sup>Ing. Agr. Ferrer, J; Simón, V e Ing. Rosello, M.Departamento General de Irrigación. Mendoza 2017



Figura II.9: Imagen satelital comparativa.

Con estos datos se realizó el mismo procedimiento de análisis del cambio de los “abandonados” a “pasturas”, pero esta vez se realizó directamente en cada unidad de manejo, por lo que dicha corrección es más adecuada que la anterior en cuanto a la discretización.

### 3.2- Resultados

Tabla II.8: Superficies estimadas por uso de suelo

UAM	Pastura	Vegetación espontánea bajo riego	Abandonado antiguo	Abandonado reciente	Vegetación natural
Canal Arroyo	14,33	0	0	0	0
Canal Correas	47,22	0	437,19	613,57	185,26
Canal Perrone	1753,25	320,51	785,95	496,04	427,67
Canal Babacci	925,51	326,38	2585,93	492,54	953,77
Canal Regueira	158,60	118,38	781,66	361,73	690,49
Inspección Izuel	713,75	200,96	1494,21	550,11	1573,92
Inspección Real del Padre	529,72	377,28	2885,70	971,02	427,58
Asoc. Atuel medio	2807,96	556,19	3444,00	1439,7	1794,35
Asoc. Nuevo Alvear	1166,36	544,25	2874,00	1506,57	692,09
Asoc. Bowen	2574,47	99,41	2598,14	1608,22	788,15
Inspección San Pedro	2124,26	541,10	2129,05	633,11	2945,48
Concesión Boers y Kraft	0	0	0	0	0
Total	12815,43	3085,04	20015,83	8672,61	10478,77

En la tabla precedente se presentan las superficies estimadas para los usos pastura, vegetación espontánea bajo riego y abandonado reciente y antiguo en cada UAM. Dichos valores fueron calculados analizando todas las fuentes de información desarrolladas en este informe.

En Arroyo, Correas, Regueira, Izuel se mantuvieron las superficies interpretadas originalmente por no haber datos que demostraran cambios.

En Perrone se modificó la superficie de pasturas debido a la corrección realizada en la nueva interpretación usando las imágenes nuevas, lo cual concuerda con la validación a campo y la información suministrada por el inspector (reportan unas 1500 ha. aproximadamente). Además se restó la superficie validada a campo correspondiente al uso VEBr.

En Babacci no se contaba con nuevas imágenes satelitales por lo que se adoptó el valor obtenido al introducir la corrección de la validación a campo. Desde la Subdelegación Aguas del río Atuel se reportaron aproximadamente 1500 ha., que no difieren tanto de las 900 calculadas.

En Real del Padre también se modificó la superficie de pasturas debido a la corrección realizada en la nueva interpretación usando las imágenes nuevas, lo cual concuerda con la validación a campo y la información suministrada por el inspector (reportan unas 500 ha. aproximadamente). Además se restó la superficie validada a campo correspondiente al uso VEBr.

En Atuel Medio y San Pedro se repitió la metodología descripta para Real del Padre y Perrone, pero hay más diferencias entre las superficies calculadas y las estimadas por los inspectores. 2807 ha calculadas, versus 1900 estimadas, en el caso de Atuel Medio; y 2124 ha calculadas y 3000 ha estimadas para el caso de San Pedro.

En Nuevo Alvear y Bowen se adoptó el valor corregido por la interpretación visual de las nuevas imágenes satelitales.

La sumatoria de la superficie cultivada con pasturas en toda la cuenca resultó ser 12815,43 hectáreas, relativas a un parcelario de 88545,80 hectáreas empadronadas; y 14920,3 hectáreas relativas al padrón completo obtenido del DGI de 102149,0135.

## Bibliografía

- Cochran, W.G. (1977). Sampling Techniques. New York: Third Edition, Wiley.  
Monserud, R. y Leemans, R. (1992) Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. EcolModel. EcologicalModelling, 62(4):275-293.  
López de UllibarriGalparsoro I, Pita Fernández, S. (1999) Medidas de concordancia: el índice de Kappa. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complexo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. A Coruña (España)



# >>> 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