

2021

Balance Hídrico

Río Tunuyán Inferior

Actual y proyecciones

ÍNDICE

1	PREFACIO	9
2	INTRODUCCIÓN	11
3	ASPECTOS METODOLÓGICOS	13
3.1	CONCEPTO DE BALANCE HÍDRICO Y DE CICLO HIDROLÓGICO	13
3.2	ESTRUCTURA DEL PROCESO DE ANÁLISIS	14
3.3	LA CUENCA DEL RÍO TUNUYÁN	14
3.3.1	ESQUEMA HIDROLÓGICO	17
3.4	UNIDADES DE MANEJO	21
3.4.1	UAM CON AGUA SUPERFICIAL Y USO CONJUNTO	21
3.4.2	UNIDADES ADMINISTRATIVAS DE AGUA SUBTERRÁNEA	22
3.5	DETERMINACIÓN DE LA OFERTA SUPERFICIAL	26
3.5.1	RÉGIMEN HIDROLÓGICO DEL RIO TUNUYÁN	27
3.5.2	AÑO MEDIO	27
3.5.3	AÑO SECO	27
3.5.4	ARROYOS NIVALES Y DE VERTIENTES	29
3.5.5	AFLUENTES AL EMBALSE EL CARRIZAL	34
3.6	DETERMINACION DE LA OFERTA SUBTERRÁNEA	38
3.6.1	ZONIFICACIÓN DE LA CUENCA	38
3.6.2	BREVE DESCRIPCIÓN HIDROGEOLÓGICA	40
3.6.3	ANÁLISIS DE LA OFERTA SUBTERRÁNEA	48
3.6.4	MODELACIÓN DE LA OFERTA SUBTERRÁNEA	49
3.6.5	RECARGA DE LOS ACUÍFEROS DEFINIDOS	49
3.7	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA	50
3.7.1	USOS DEL SUELO	51
3.7.2	DEMANDA NETA	54
3.7.3	DEMANDA BRUTA	62
3.8	ANÁLISIS DEL PADRÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	79
3.9	INDICADORES DE RESULTADO	83
3.9.1	INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA	83
3.9.2	COBERTURA DE LA DEMANDA	83
3.9.3	GARANTÍAS	84
4	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL ACTUAL	87
4.1	INTRODUCCIÓN	87

4.2	OFERTA	87
4.3	DEMANDA.....	87
4.4	RESULTADOS DE LA MODELACIÓN.....	89
	4.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA.....	90
	4.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA.....	91
	4.4.3 GARANTÍAS	91
5	ESCENARIOS PROSPECTIVOS	97
5.1	INTRODUCCION.....	97
6	ESCENARIO PROSPECTIVO - MAXIMO COMPROMISO	99
6.1	INTRODUCCIÓN.....	99
6.2	OFERTA	99
6.3	DEMANDA.....	99
	6.3.1 DEMANDA BRUTA AÑO MEDIO.....	100
	6.3.2 DEMANDA BRUTA AÑO SECO	101
6.4	RESULTADOS DE LA MODELACION.....	102
	6.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA.....	102
	6.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA.....	102
	6.4.3 GARANTÍAS	102
7	ESCENARIO PROSPECTIVO - COEF. DE ENTREGA 1.0.....	113
7.1	INTRODUCCIÓN	113
7.2	OFERTA	113
7.3	DEMANDA.....	113
	7.3.1 DEMANDA BRUTA AÑO MEDIO.....	114
	7.3.2 DEMANDA BRUTA AÑO SECO	115
7.4	RESULTADOS DE LA MODELACION.....	116
	7.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA.....	116
	7.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA.....	116
	7.4.3 GARANTÍAS	116
8	RESUMEN EJECUTIVO	129
9	BIBLIOGRAFÍA.....	133
10	SIGLAS	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación hidrográfica de las cuencas del Río Tunuyán	16
Figura 2. Río Tunuyán - Esquema Hidrológico	18
Figura 3. UAM abastecidas con agua superficial.....	22
Figura 4. UAM de agua subterránea.....	25
Figura 5. Hidrograma Año Medio - Volúmenes y caudales mensuales.....	29
Figura 6. Hidrograma Año Seco - Volúmenes y caudales mensuales.....	29
Figura 7. Esquema de Agregación Arroyo La Estacada.....	31
Figura 8. Esquema de Agregación Arroyo Claro	31
Figura 9. Esquema de Agregación Arroyo Caroca	32
Figura 10. Esquema de Agregación Arroyo Guiñazú	32
Figura 11. Esquema de Agregación Arroyo San Carlos.....	33
Figura 12. Derrame Anual de Valle de Uco vs Sistema de Arroyos - Regresión.....	34
Figura 13. Análisis de Ripl - Curva de Masas.....	35
Figura 14. Volumen acumulado diario y caudal medio diario.	36
Figura 15. Caudales Medios Mensuales - Valle de Uco y Costa Anzorena.....	36
Figura 16. Derrames Anuales en Valle de Uco vs Costa Anzorena - Regresión.....	37
Figura 17. Cantidad de pozos de agua subterránea registrados por año	39
Figura 18. Área hidrogeológica del Tunuyán Inferior	41
Figura 19. Unidades Hidrogeológicas	43
Figura 20. Isopacas - Variación del espesor de depósitos aluviales.....	45
Figura 21. Perfil geológico oeste-este; vista de sur a norte - Mendoza Norte.....	45
Figura 22. Perfil geológico oeste-este; vista de sur a norte - Mendoza Norte (Cont.)	46
Figura 23. Isopermeabilidad - Mendoza Norte	48
Figura 24. Zonas homogéneas vinculadas a las UAM.....	50
Figura 25. Usos actuales del Suelo según Google Earth Engine.....	53
Figura 26. Células de Cultivo de unidades de manejo con agua superficial.....	54
Figura 27. Polígonos de Thiessen sobre UAM	56
Figura 28. Evapotranspiración mensual Eto (mm).....	59
Figura 29. Demanda neta por Tipo de Uso.....	62
Figura 30. Red de riego de la cuenca del Tunuyán Inferior.....	69
Figura 31. Hijuelas y canales aforados por UAM	70
Figura 32. Canales e hijuelas, con y sin revestimiento, por UAM	71
Figura 33. Validación de eficiencias de conducción calculadas y medidas	72
Figura 34. Demandas Brutas por UAM - Eficiencia actual	76

Figura 35. Demandas Brutas por Tipo Uso para la Cuenca del Río Tunuyán.....	76
Figura 36. Superficie empadronada según categoría de empadronamiento	79
Figura 37. Superficie empadronada según tipo de uso.....	82
Figura 38. Superficie empadronada total por UAM (ha).....	82
Figura 39. Demanda Bruta – Situación Actual, por UAM (hm ³)	88
Figura 40. Demanda bruta por tipo de cultivo para la eficiencia actual (hm ³).....	89
Figura 41. Insatisfacción de la Demanda, por UAM (hm ³).....	90
Figura 42. Cobertura de la demanda (%) - Situación actual, por UAM (%).....	96
Figura 43. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Medio, por UAM (hm ³)	100
Figura 44. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Medio, por Tipo Uso (hm ³)	100
Figura 45. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, por UAM (hm ³).....	101
Figura 46. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, por Tipo Uso (hm ³)	101
Figura 47. Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año medio (hm ³).....	106
Figura 48. Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año seco (hm ³).....	108
Figura 49. Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Medio (hm ³).....	110
Figura 50. Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Seco (hm ³)	112
Figura 51. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Medio, por UAM (hm ³).....	114
Figura 52. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Medio, por Tipo Uso (hm ³)	114
Figura 53. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Seco, por UAM (hm ³).....	115
Figura 54. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Seco, por Tipo Uso (hm ³)	115
Figura 55. Insatisfacción de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año medio (hm ³)	122
Figura 56. Insatisfacción de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año seco (hm ³)	124
Figura 57. Cobertura de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año Medio (hm ³).....	126
Figura 58. Cobertura de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año Seco (hm ³).....	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	UAM de agua superficial – Estado de los cultivos (ha)	23
Tabla 2	UAM de agua superficial – Superficie por Categoría de Derecho (ha)	24
Tabla 3	Estado de las superficies UAM de aguas subterráneas.....	25
Tabla 4	Est. Valle de Uco – Río Tunuyán – Volúmenes mensuales y anuales (hm ³).....	28
Tabla 5	Caudales Medios Mensuales de Ríos y Arroyos – (m ³ /s)	30
Tabla 6	Serie de Datos incorporados al Modelo WEAP.....	30
Tabla 7	Afluentes a El Carrizal.....	35
Tabla 8	Afluentes a El Carrizal.....	36
Tabla 9	Cantidad de pozos por UAM de aguas subterráneas	38
Tabla 10	Superficie Empadronada por Usos.....	54
Tabla 11	Usos del suelo determinados	55
Tabla 12	Evapotranspiración de referencia (mm)	59
Tabla 13	Parámetros para el cálculo de la demanda bruta	64
Tabla 14	Coeficiente C de Moritz	68
Tabla 15	Longitudes de canales e hijuelas de las UAM (m).....	69
Tabla 16	Hijuelas y canales aforados por UAM	70
Tabla 17	Eficiencia de Conducción calculada y aforadas por UAM.....	71
Tabla 18	UAM - Eficiencia de conducción	73
Tabla 19	Eficiencias de aplicación para distintos sistemas de riego.....	74
Tabla 20	Eficiencias actuales y propuestas	77
Tabla 21	Superficies empadronadas y categorías de empadronamiento.....	80
Tabla 22	Demanda Bruta mensual, por UAM, Eficiencia Actual, año Medio (hm ³).....	93
Tabla 23	Insatisfacción de la Demanda – Situación Actual, por UAM (hm ³).....	94
Tabla 24	Cobertura de la Demanda – Situación Actual, por UAM (hm ³).....	95
Tabla 25	Superficies para Escenarios Prospectivos.....	97
Tabla 26	Demanda Bruta – Máximo Compromiso - Año Medio, para UAM (hm ³).....	103
Tabla 27	Demanda Bruta – Máximo Compromiso - Año Seco, para UAM (hm ³).....	104
Tabla 28	Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año medio (hm ³).....	105
Tabla 29	Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año seco (hm ³).....	107
Tabla 30	Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Medio (hm ³).....	109
Tabla 31	Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Seco (hm ³).....	111
Tabla 32	Demanda Bruta – Coef. De Entrega al 100%, Año Medio, para UAM (hm ³).....	119
Tabla 33	Demanda Bruta – Coef. De Entrega al 100%, Año Seco, para UAM (hm ³).....	120
Tabla 34	Insatisfacción de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año medio (hm ³)	121

Tabla 35	Insatisfacción de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año seco (hm ³)	123
Tabla 36	Cobertura de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año Medio (hm ³)	125
Tabla 37	Cobertura de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año Seco (hm ³)	127

1 PREFACIO

Un factor determinante para el desarrollo sustentable de la provincia de Mendoza, sin lugar a dudas, es la capacidad de conocimiento de sus recursos hídricos. Además, por sus características, ubicación y topografía, la provincia debe aprovecharlos estratégicamente. Para ello es necesario conocer de la manera más completa posible, la cantidad y la calidad de nuestras fuentes de aguas superficiales y subterráneas. Con este objetivo claro y concreto, el Departamento General de Irrigación llevó adelante una actualización del Balance Hídrico, utilizando una nueva metodología, de acuerdo a los avances alcanzados en esta etapa.

El presente documento con carácter de difusión, muestra la metodología empleada y los resultados de los principales parámetros. De igual manera, la particularidad de este estudio, radica en el uso de la información obtenida, lo que conlleva a una mayor precisión, sobre la disponibilidad del recurso, en cuanto a las principales redes hídricas del territorio provincial. Este avance constituye un importante paso, en el camino de la planificación y la mejora continua de la administración, más aún en una etapa de sequía como la actual.

Cabe aclarar que el contenido de este informe de Balance Hídrico, no es una herramienta para evaluar una gestión. Es la presentación de resultados medios, promedios generales, de los valores correspondientes a años similares (Años Medios o Años Secos) ocurridos en las últimas dos décadas. No obstante, la gran información generada con la modelación, permite evaluar y corregir, en otra instancia, los resultados de las medidas estructurales y no estructurales implementadas. También permite evaluar posibles escenarios prospectivos y planificar distintas acciones a llevar a cabo en el futuro.

Esta herramienta será útil para alcanzar el desarrollo económico, social y ambiental en equilibrio, en el marco de los principios de la Seguridad Hídrica, mediante la planificación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), destinada a lograr un acceso y uso más adecuado del agua, para obtener mejores avances sociales con mayor seguridad alimentaria. Asimismo, se trabaja en forma paralela el manejo integral del medio ambiente y los ecosistemas, con un enfoque de conservación y aprovechamiento racional de las cuencas, generando condiciones de equidad y transparencia. En este marco, una de las actividades fundamentales para la planificación del recurso hídrico, es justamente la actualización periódica del Balance Hidrológico, a fin de gestionar de manera sustentable los recursos hídricos.

Por tal razón, es grato poder presentar el siguiente aporte, para continuar trabajando hacia las metas establecidas y fortalecer nuestra gestión, de cara a los nuevos desafíos que plantea tanto el Cambio Climático como el Calentamiento Global.

Ing. Agrim. Sergio Marinelli
Superintendente General de Irrigación

2 INTRODUCCIÓN

1. La presente actualización del Balance Hídrico, elaborada sobre la base de estudios realizados anteriormente respecto de la situación y las necesidades de las cuencas, tiene como objetivo general contribuir al sentido estratégico de la Seguridad Hídrica de las cuencas de la provincia de Mendoza, República Argentina.
2. El valor de un balance hídrico radica en su capacidad de sintetizar y ordenar la información disponible y convertirse en herramienta fundamental para evaluar y gestionar la disponibilidad hídrica a nivel provincial por parte del Departamento General de Irrigación (DGI).
3. Los resultados del mismo permiten la planificación de una adecuada gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) que avance hacia la sustentabilidad de las cuencas y, en particular, que asegure la disponibilidad del agua acorde a los fines del desarrollo local.
4. Los trabajos realizados responden a la actualización del Balance Hídrico – Río Tunuyán Inferior, que el DGI realizó en 2015, en general; para las Unidades Administrativas de Manejo que son dotadas con escurrimientos superficiales del Río Tunuyán, desde el Dique Benegas, en particular.
5. La Ley General de Aguas, que data de 1884, establece como deberes del DGI el determinar la cantidad de agua de los ríos provinciales, a través de los “cálculos científicos necesarios”; el calcular la distribución proporcional de los caudales y, en definitiva, “la administración general de las aguas en la parte científica y de reglamentación”; agregando que, dentro de sus atribuciones, debe dictar “las medidas necesarias para el buen orden en el uso y aprovechamiento” de las aguas.
6. Si bien el DGI posee y elabora registros y estadísticas de los distintos ríos de la Provincia, modernamente se interpreta que el “aforo del río”, nombrado por el texto de la Ley de Aguas, implica la implementación de un balance hídrico, que involucra no sólo tener en cuenta la oferta hídrica y la medición de caudales, sino también la demanda existente, que incluye la cantidad de agua requerida según la calidad de las tierras y la naturaleza de los cultivos, así como el requerimiento de otros usos especiales distintos del agrícola. Esta interpretación moderna, completa el concepto del “aforo”, y está refrendada y delineada por las leyes 386, 430, 6105 y 7444.
7. Por otra parte, 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. Esto sucedió, 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 17.711.

8. En este marco, es importante recalcar que el documento describe la actualización del Balance Hídrico de las aguas superficiales; es decir, analiza las coberturas de las demandas en las concesiones superficiales. Aquellas propiedades que poseen la posibilidad de complementar su dotación con una perforación de agua subterránea, logran satisfacer los déficits del abastecimiento superficial.

9. Tanto el Balance Hídrico Actual, como las modalidades prospectivas, se obtienen considerando escenarios de contexto de oferta y demanda hídrica basadas en el empadronamiento y uso del agua superficial de las Unidades Administrativas de Manejo (UAM), mediante la aplicación de un modelo hidrológico integral calibrado, que posibilita realizar la esquematización de la cuenca, la sistematización de datos, la obtención de resultados y distintas respuestas ante determinados escenarios hídricos y de usos.

10. El modelo hidrológico integral ha sido realizado con el software WEAP (Water Evaluation and Planning) del SEI (Stockholm Environment Institute). Mediante la implementación del mismo se logró construir un modelo ajustado que se adapta a las particularidades de cuenca y a la gestión hídrica integral de la provincia de Mendoza. 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.

11. Asimismo, se ha incorporado en la confección y presentación del Balance Hídrico una descripción de la situación de disponibilidad y uso del agua subterránea, tanto en forma complementaria de las dotaciones superficiales, como en las zonas donde se utiliza exclusivamente este recurso subterráneo, ajustándose así a la actual conceptualización del "ciclo hidrológico", donde se debe concebir que el agua es una, a pesar de sus distintas fases.

12. Un factor de importancia es que la oferta media del río se modifica año a año, a medida que, con el paso del tiempo, se incorporan nuevos datos a la serie histórica de información. El efecto de escasez de la última década, ha provocado que dicha media histórica haya bajado, lo que produce cambios en la actualización del balance hídrico y en los distintos escenarios prospectivos.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1 CONCEPTO DE BALANCE HÍDRICO Y DE CICLO HIDROLÓGICO

13. El “balance hídrico” es la aplicación detallada de la ecuación de balance de masas o ecuación de continuidad que en este caso simula el ciclo hidrológico. Por su parte, el “ciclo hidrológico” es un concepto teórico que corresponde a un modelo del movimiento, distribución y circulación general del agua en la Tierra.

14. Existen distintos tipos de balances de acuerdo a su finalidad específica. En este sentido destacan los que se relacionan con el clima, con la situación de los glaciares, dentro de los sistemas limnológicos, y como en este caso, los balances hídricos (oferta y demanda).

15. Entre los componentes más relevantes que es necesario conocer, medir, procesar y analizar para el mejor conocimiento del “balance hídrico”, figuran como más importantes los siguientes:

- ✓ Precipitación (líquida y sólida).
- ✓ Pérdidas (evaporación, evapotranspiración y sublimación).
- ✓ Escorrentía (superficial, subsuperficial y subterránea).
- ✓ Almacenamiento o regulación (ríos, lagos, embalses, pantanos, campos de nieve, glaciares, napa subterránea).
- ✓ Infiltración.
- ✓ Uso del agua por el hombre.

16. El balance hídrico se utiliza con frecuencia para determinar alguna variable hidrológica, a partir del conocimiento de las restantes variables del ciclo sobre las cuales existe información confiable, de una región, una cuenca, un embalse, una zona de riego, un acuífero, etc.

17. El período para el cálculo del balance está condicionado por la superficie y topografía del terreno, los parámetros hídricos que se deciden analizar para tipificar el fenómeno, los datos realmente factibles de obtener en las redes de estaciones, la disponibilidad de información, etc.

18. Un balance hidrológico puede ser realizado para distintos períodos (horas, días, meses, estaciones del año, años). Los balances medios de agua se realizan en forma anual y en el

caso de América del Sur, donde se trata de minimizar el término de variación de almacenamiento, generalmente el balance abarca varios años.

19. Si bien los períodos medios recomendables para tipificar el fenómeno son del orden de 30 años, se considera que, de acuerdo con la situación citada, sólo es realmente factible realizar un balance para un período más corto. El grupo de trabajo de UNESCO recomienda un período de no más de 15 años.

20. Dada la importancia que tiene para la Provincia de Mendoza el balance hídrico como herramienta de planificación y operación, el DGI intenta actualizar estos balances en períodos menores, cercanos a los 5 años.

3.2 ESTRUCTURA DEL PROCESO DE ANÁLISIS

21. Como se puede apreciar, el balance en esta subcuenca hace necesario subdividir el área en estudio según la fuente de provisión de agua, para luego abarcar en conjunto los resultados, ya que hay interdependencia entre ellas:

1. Análisis y actualización de series históricas de factores climáticos e hidrológicos;
2. Revisión y actualización de los empadronamientos que derivan de aguas del río Tunuyán;
3. Revisión de los aportes de aguas de manantial: Arroyo Guiñazú, Salas, Claro y Negro;
4. Revisión de los aportes de aguas subterráneas.

22. También se destaca que en este documento se calcula la demanda en primer término para derechos definitivos y eventuales, considerando la eficiencia actual.

23. Las consideraciones que se hacen sobre las demandas, y que atienden el objetivo primario de este trabajo, hacen necesario tomar en cuenta una eficiencia razonable en el uso del agua, cuyos argumentos se detallan oportunamente.

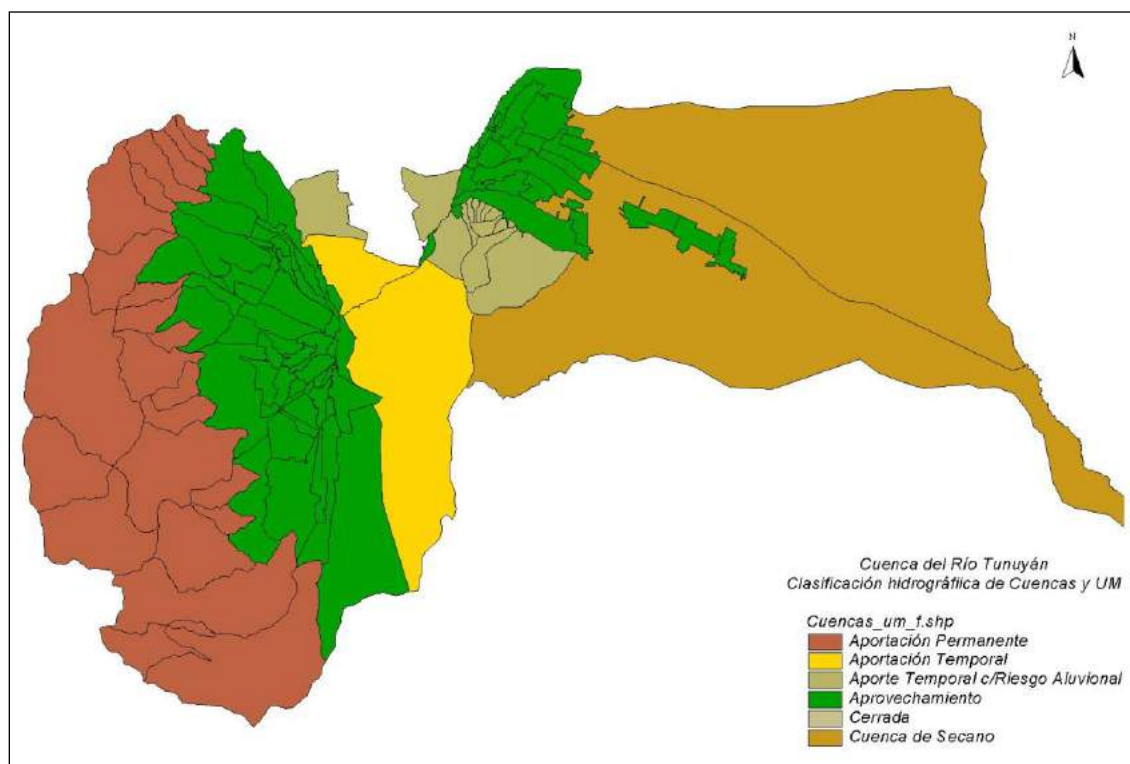
24. También se hace una exploración en escenarios prospectivos de cambios sobre la superficie cultivada considerada a futuro.

3.3 LA CUENCA DEL RÍO TUNUYÁN

25. La conformación hidrológica y de usos, de la cuenca del Río Tunuyán, es muy compleja, por lo tanto, la determinación de sus parámetros, para realizar un balance hídrico, también lo son.

26. Las nacientes del río se ubican en el sistema de glaciares entre la Cordillera Principal y la del Límite, definiendo el régimen termonival, característico de los ríos provinciales.
27. Desde este sector corre hacia el sur por un estrecho valle intermontano formado por las dos cordilleras nombradas y deja el ambiente de montaña con rumbo al Este, en la confluencia con el río Salinillas, recorre el Valle de Uco de Suroeste a Noreste, hasta el embalse El Carrizal. Desde este lago artificial toma en dirección al Este.
28. El frente cordillerano de la cuenca superior limita con Chile en una longitud de aproximadamente 90 km. El límite norte lo constituye la cuenca del río Mendoza, definida por las serranías que bajan del Cordón del Plata hacia la llanura. El límite oriental lo constituye el borde de la serrilladas pedemontana o Huayquerías. Por último, el límite Sur está dado por la divisoria de cuenca con el río Diamante.
29. Las subcuencas que componen la Cuenca del Río Tunuyán han sido clasificadas según un ordenamiento hidrográfico de la siguiente manera (Figura N° 2):
- i. Subcuencas de aportación permanente
 - ii. Subcuencas de aportación temporal
 - iii. Subcuencas de aportación temporal con riesgo aluvional
 - iv. Subcuencas de aprovechamiento
 - v. Subcuencas cerradas
 - vi. Subcuencas de secano
 - vii. Unidades Administrativas de Manejo (UAM)
30. El curso del río Tunuyán se puede dividir en tres partes perfectamente diferenciadas:
- i. Subcuenca Alta Montaña que abarca el sector montañoso más importante y se desarrolla hasta la Estación de Aforos Valle de Uco, con una superficie aproximado de 2.400 km². Los aportes de esta parte de la cuenca son prácticamente los generados por la precipitación nívea, con neta variación entre los caudales de invierno y verano.

Figura 1. Clasificación hidrográfica de las cuencas del Río Tunuyán



- ii. Subcuenca Tunuyán Superior Abarca una superficie aproximada de 6.500 km², y corresponde al oasis de riego del Valle de Uco. Esta parte de la cuenca se caracteriza por participar del aporte nival de la primera y aporte pluvial propio, así como una disminución de la diferencia entre aportes de invierno y verano.

- iii. Subcuenca Tunuyán Inferior constituida por el llano o travesía del Este, se extiende desde las Huayquerías hasta el Departamento de La Paz. Incluye el oasis de riego, aguas abajo del Embalse El Carrizal. Alimentada por las erogaciones del dique, el río como tal prácticamente ha desaparecido, quedando sólo el lecho del río, raras veces surcado por las aguas.

31. La población de la cuenca del río Tunuyán se ubica dentro de las denominadas Unidades Administrativas de Manejo (UAM), las cuales, por recibir agua para el riego, concentran un importante porcentaje de las actividades productivas de la provincia. Conforme a un patrón propio de las zonas áridas y semiáridas, estos territorios bajo riego constituyen oasis en los que se concentra el mayor porcentaje de población y actividades, contrastando con vastos espacios no irrigados.

32. Es importante distinguir los siguientes aspectos respecto del origen del recurso hídrico utilizado para cubrir las demandas en las distintas UAM:

- ✓ La Subcuenca Tunuyán Superior es alimentada por una serie de arroyos, vertientes, agua subterránea y una fracción del río Tunuyán (derivación el Dique Valle de Uco).
- ✓ La Subcuenca Tunuyán Inferior es alimentada por agua subterránea y por el río Tunuyán, recibiendo temporalmente escasos desagües provenientes de la cuenca del río Mendoza a través del arroyo Carrizal (no se considera por separado para el cálculo, debido a su pequeño aporte). A su vez, este sistema presenta el Embalse El Carrizal en cabecera, por lo tanto, la oferta hídrica para este sistema es con regulación.

3.3.1 ESQUEMA HIDROLÓGICO

33. En función de lo detallado precedentemente, se puede apreciar la complejidad de la oferta hidrológica de la cuenca, así como también los desafíos que se presentan para la gestión de los recursos hídricos. Con el objetivo de aportar a su entendimiento, se visualiza un esquema que representa el modelo conceptual del funcionamiento hidrológico del sistema (Figura 2).

34. Las nacientes del río se ubican en el sistema de glaciares entre las cordilleras Principal [**CORDILLERA PRINCIPAL**]¹ y Frontal [**CORDILLERA FRONTAL**], sobre el faldeo sur del volcán Tupungato, lo que define su régimen termonival, característico de los ríos provinciales.

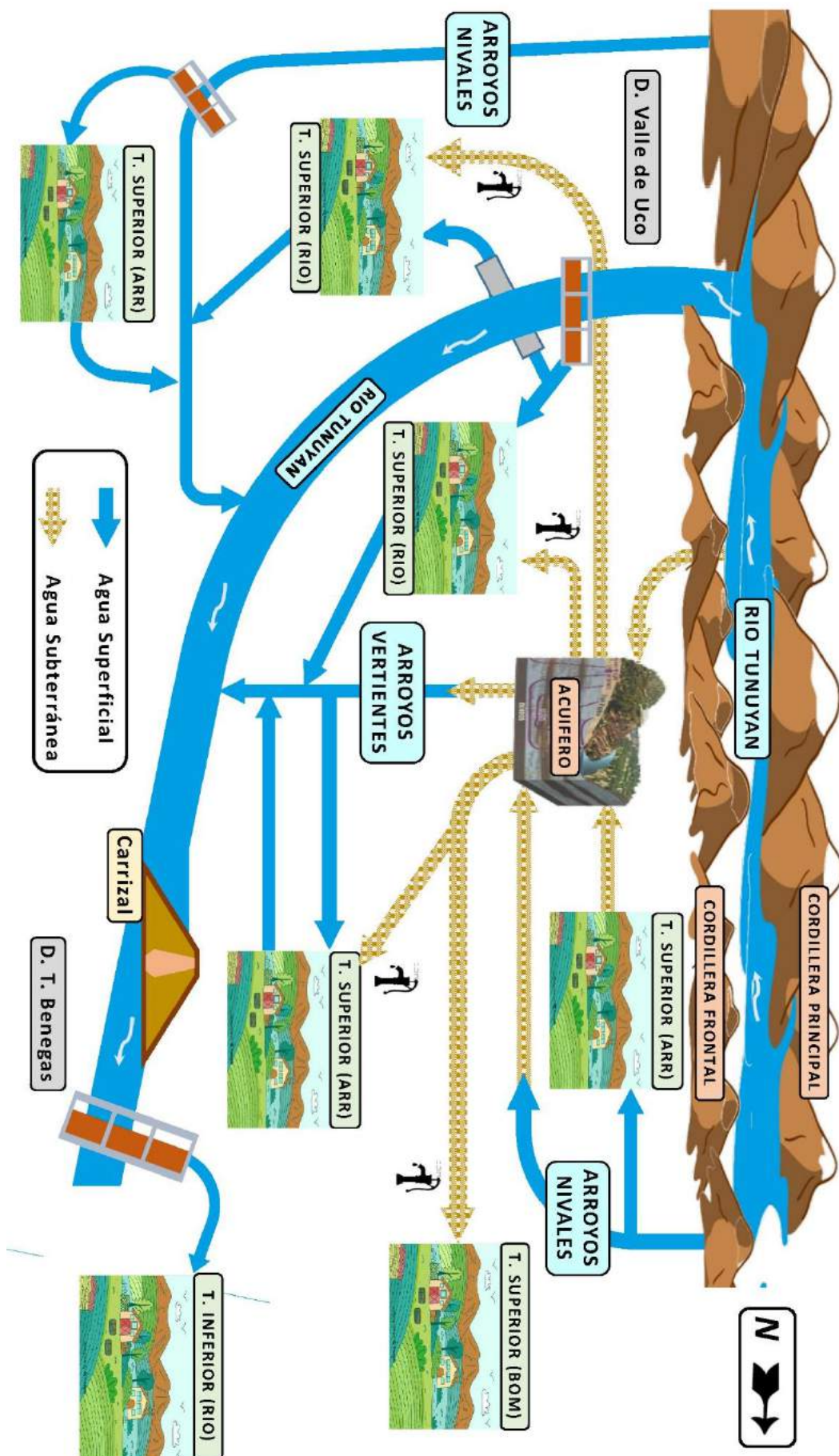
35. Desde este sector corre hacia el sur por un estrecho valle intermontano de las dos cordilleras nombradas y deja el ambiente de montaña con rumbo al este, en la confluencia con los ríos Salinillas y Colorado. Fuera de los cordones montañosos, tiene una traza con dirección noreste, hasta que llega al Embalse El Carrizal [**Carrizal**], origen del sistema de riego del Tunuyán Inferior.

36. Existen dos sistemas de riego muy importantes, que dotan sus cultivos principalmente de los escurrimientos del río Tunuyán: el sistema de riego del Tunuyán Superior [**T. SUPERIOR (RIO)**] y el del Tunuyán Inferior [**T. INFERIOR (RIO)**].

37. Este sistema de riego del Tunuyán Superior, que se abastece del río, nace en el azud derivador conocido como Dique Valle de Uco [**D. Valle de Uco**] y el del Tunuyán Inferior se inicia en el azud Dique Tiburcio Benegas [**D. T. Benegas**].

¹ Entre [corchetes] se indica el nombre utilizado en el gráfico del esquema hidrológico.

Figura 2. Río Tunuyán - Esquema Hidrológico



38. El total del agua que se distribuye en estos dos azudes derivadores, es la suma de los caudales que el río Tunuyán trae de alta montaña, más el aporte de caudales que recibe el río de varios arroyos en el tramo comprendido entre el Dique Valle de Uco y el Embalse El Carrizal. En general, estos arroyos afluentes del río, tienen su origen en vertientes y/o manantiales [**ARROYOS VERTIENTES**] y más adelante se comentará cómo se generan estos escurrimientos (párrafo 41).
39. En todo el frente cordillerano, de casi 100 km, escurren arroyos semipermanentes y permanentes, provenientes de los deshielos de la vertiente este de la Cordillera Frontal [**ARROYOS NIVALES**]. En general, son los arroyos de Tupungato (margen izquierda del río: Las Tunas, Grande, Villegas, entre otros) y los arroyos Yaucha y Aguanda (margen derecha del río).
40. Las aguas de estos arroyos de origen nival, tienen dos destinos: o son derivadas a las zonas de cultivo de la región pedemontana [**T. SUPERIOR (ARR)**], o se terminan infiltrando por completo, recargando el acuífero subterráneo.
41. Al este de dicha zona de infiltración de los arroyos, comienzan a haber numerosas vertientes, surgentes y manantiales, escurrimientos que forman nuevos arroyos [**ARROYOS VERTIENTES**], antes mencionados como los que aportan un importante volumen al río Tunuyán, aguas arriba del Embalse El Carrizal. Estos arroyos también reciben algunos pocos desagües superficiales de las zonas bajo riego y de los escurrimientos de aguas pluviales.
42. Como ejemplo de estos arroyos de vertientes se tienen: La Estacada, Guiñazú o Salas Caroca (margen izquierda del río) y el San Carlos (margen derecha).
43. Obviamente, de estos arroyos de vertientes, antes que descarguen los escurrimientos al río, se abastecen distintas zonas de riego [**T. SUPERIOR (ARR)**].
44. Lo importante sobre este punto de distribución es que, del total de los caudales derivados del río, el 82% está destinado al Tunuyán Inferior y el 18% al Superior. Con esta proporción (18/82), se pagó la obra del Dique El Carrizal por parte de los usuarios, en la década del '70 del siglo pasado. Esta proporción responde a similar proporción de superficie empadronada entre las dos zonas de riego.
45. Otra característica importante de esta cuenca, es que usuarios que están aguas arriba del embalse El Carrizal, también han pagado la obra, ya que "utilizan" el embalse y su capacidad reguladora.
46. Este particular manejo ocurre ya que, durante la primavera, los caudales del río son bajos por falta de deshielos y al Tunuyán Superior le corresponde tomar el 18% del total de aportes, lo que no es suficiente para sus cultivos. Por lo tanto, toma un porcentaje mayor del

18% del caudal del río circulante en esos meses. Esto es posible ya que, en esa época, el Tunuyán Inferior es dotado con el volumen almacenado en el embalse, el que se encuentra en sus niveles máximos.

47. Por el contrario, en épocas de verano, con altos caudales en el río, el 18% que le corresponde al Superior son superiores a sus necesidades, por lo que “devuelve” (tomando un porcentaje menor al 18%) los volúmenes utilizados de más en primavera, al Tunuyán Inferior, época en la que las reservas del embalse se encuentran en sus valores mínimos.

48. Si se considera el 100% del volumen anual que aporta el Río Tunuyán (aforado en la sección de Valle de Uco), los arroyos de vertientes aportan al sistema un volumen adicional cercano al 50%. Todo este volumen de agua es la que se utiliza para dotar a las zonas de riego que se abastecen del río (ver proporción 18/82).

49. O sea que, del total del agua repartida para riego desde el río Tunuyán, el río aporta las $\frac{2}{3}$ partes y los arroyos de vertientes el $\frac{1}{3}$ restante, aproximadamente.

50. Como complemento a los caudales dotados superficialmente en estas zonas de riego, las parcelas que poseen pozos de agua subterránea, realizan un uso conjunto de las aguas superficiales y subterráneas, satisfaciendo la demanda de sus cultivos con agua bombeada desde las napas subterráneas [**ACUIFERO**].

51. Completando es sistema hidrológico, se encuentra el acuífero subterráneo [**ACUIFERO**], de gran importancia en esta cuenca, con una fuerte interacción con el agua superficial, tanto en la recarga como en los afloramientos de agua a la superficie. En el apartado de agua subterránea se explicarán las distintas zonas en las que se subdivide este acuífero y sus distintas condiciones de uso y disponibilidad.

52. Este acuífero se recarga de las infiltraciones que se producen en: las cordilleras Principal y Frontal; los arroyos nivales; del río; y de las percolaciones profundas de los sistemas de riego y napas freáticas.

53. Como salidas de agua del acuífero se tienen: los afloramientos que forman los arroyos de vertientes; y los bombeos que realizan los usuarios para realizar un uso conjunto con el agua superficial, en todos los sistemas de riego, ya sean los dotados del río como de los arroyos, para cubrir las demandas de los cultivos.

54. Por último, existen varias zonas que utilizan exclusivamente agua subterránea para el riego, y son identificadas como [**T. SUPERIOR (BOM)**].

55. Como principal conclusión de todo este esquema hidrológico se tiene que, cualquier aumento de consumo que produzcan las zonas abastecidas por los arroyos, tanto nivales como los de vertientes, implican un menor aporte de los arroyos al río Tunuyán, lo que afecta directamente a las zonas abastecidas desde el río, ya sea del Tunuyán Inferior o del mismo Tunuyán Superior (por la proporción de 18/82 de distribución).

3.4 UNIDADES DE MANEJO

56. En el área que abarca el oasis cultivado y antropizado, se hace el análisis atendiendo a las fuentes de provisión de agua, y a los distintos usos en cada una de las zonas. Se consideró adecuado seguir la metodología adoptada y ajustada en trabajos antecedentes, también utilizada en el proyecto DGI-PNUD/FAO/ARG/00/008, definiendo unidades administrativas de manejo para el análisis, procesamiento y obtención de resultados.

57. Los factores que en primera instancia se toman para su definición son: origen del recurso hídrico utilizado, aptitud para el riego, dominio de la red de canales, infraestructura de captación y de conducción y uso del suelo.

58. Las unidades definidas surgen de analizar el sistema de distribución en la cuenca, para lo cual, y atendiendo a un concepto de gestión territorial, se consideró oportuno reagrupar las Inspecciones de Cauce existentes en Unidades Administrativas de Manejo (UAM).

59. Por último, se definieron unidades que no poseen derecho de riego o su fuente de abastecimiento es exclusivamente subterránea.

60. En resumen, puede decirse que el criterio general para la determinación de las UAM con dotación de agua superficial ha sido principalmente el de considerar al área de influencia de las Inspecciones de Cauce, pues cumplen con condiciones de homogeneidad en cuanto a la gestión administrativa y territorial del agua. En el caso de las UAM de agua subterránea, la homogeneidad se define a través de similitudes territoriales, de uso del suelo y características de aptitud para riego.

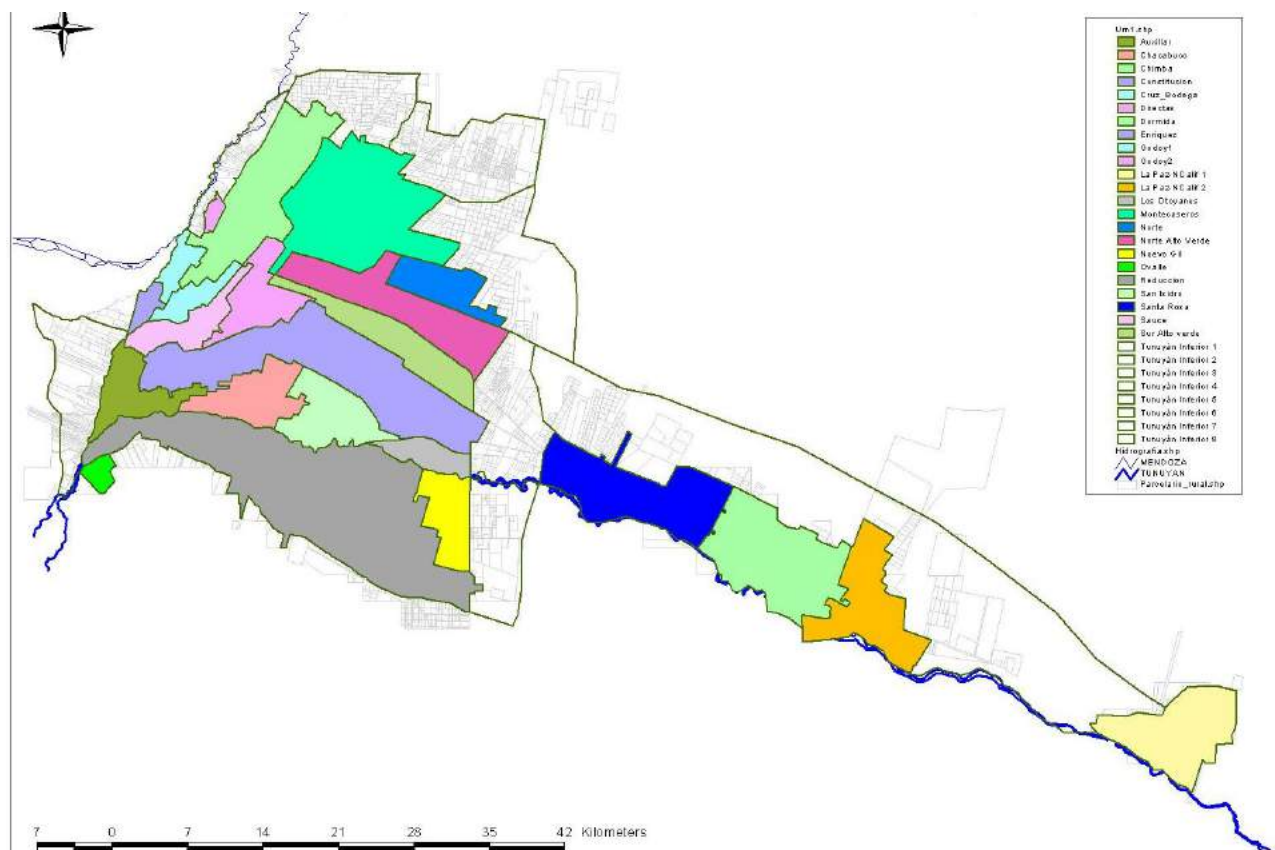
61. Por lo expuesto se define como Unidad Administrativa de Manejo (UAM) de una cuenca a un área con homogeneidad en sus características de gestión territorial y del recurso hídrico. Esta homogeneidad viene dada por características comunes en cuanto a la fuente de provisión del agua, al uso del suelo o a la Inspección de Cauce que tiene influencia sobre dicha área.

3.4.1 UAM CON AGUA SUPERFICIAL Y USO CONJUNTO

62. Las unidades abastecidas con agua superficial se han delimitado teniendo en cuenta, en principio, las áreas de influencia de las Inspecciones de Cauce. Reciben su suministro hídrico del río, el cual es conducido por la red de canales e hijuelas hacia las parcelas con derecho y/o permiso de riego.

63. En el caso de los canales derivados del río hay un único punto de entrega desde donde se ejecuta la distribución, que es el Dique Benegas. La Figura 3, ubica espacialmente estas unidades.

Figura 3. UAM abastecidas con agua superficial



64. En las UAM abastecidas con agua superficial existen propiedades que disponen o son usuarios de una perforación y pueden complementar su demanda con aguas subterráneas, haciendo un uso conjunto del recurso.

65. En la tabla de la Tabla 1, se muestra el estado de abandono/cultivo de estas UAM y en la 67 las superficies empadronadas por Categoría de Derecho.

3.4.2 UNIDADES ADMINISTRATIVAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

66. Las unidades de manejo subterráneas se han definido en base a: i) tipo de extracción, es decir, surgencia natural o extracción mecánica, ii) factores de calidad de suelo y agua, y iii) semejante grado de aprovechamiento y uso del suelo, que en definitiva determinan el grado de explotación del acuífero.

67. Es por ello que, en este documento, se ha adoptado el criterio de subdividir el área de estudio desde un punto de vista agronómico.

Tabla 1 UAM de agua superficial – Estado de los cultivos (ha)

Unidades de manejo	Suelo Descubierto	Cultivado
Canal Chacabuco Arboles	845	2155
Canales del Tramo Medio	620	3039
Canales de Medrano	309	1623
Canal La Paz	1533	882
Canal Los Otoyanes	87	710
Canal Matriz Constitución	2221	9415
Canal Matriz Reducción Los Andes	6144	8098
Canal Norte	982	1553
Canal Nuevo Gil	207	2584
Canal Ovalle	74	233
Canal Santa Rosa	1914	1681
Hijuela Gallo	142	567
Hijuelas Directas Cl. Matriz San Martin	738	1943
Rama Chimba	596	4067
Rama Cruz Bodega	220	899
Rama Dormida	2596	1847
Rama Godoy	146	1269
Rama Henríquez	70	444
Rama Montecaseros	1950	6891
Rama Norte Alto Verde	1220	4316
Rama Nueva California	1152	614
Rama Sauce	791	2940
Rama Sur Alto Verde	1104	2655
Total general	25661	60424

Tabla 2 UAM de agua superficial – Superficie por Categoría de Derecho (ha)

Superficies Empadronadas	Categorías de Derechos y Permisos						Total general	
	Unidades de Manejo	Definitivo	Desagüe	Eventual	Permiso precario	Sobrantes		Uso publico
Canal Chacabuco Arboles	2380			202	23		18	2623
Canal La Paz	1846			160	448		60	2514
Canal Los Otoyanes				513	366			879
Canal Matriz Constitución	9978			294	1203		50	11525
Canal Matriz Reducción Los Andes	12735			175	1023	204	37	14175
Canal Norte				2318	313			2631
Canal Nuevo Gil	463			1883	895		8	3249
Canal Ovalle	77					12		89
Canal Santa Rosa	2971			599	54		39	3664
Canales de Medrano	1804			30	104		22	1960
Canales del Tramo Medio	2769			62	191		264	3286
Hijuela Gallo	649	15						664
Hijuelas Directas Cl Mz S Martin	2082			337	216		94	2729
Rama Chimba	3766			395	278	19	91	4550
Rama Cruz Bodega	882			25	174		16	1096
Rama Dormida	2981			1196	499		33	4710
Rama Godoy	1189			5	26		106	1327
Rama Henríquez	410			9	93			513
Rama Montecaseros	8052			312	336	0	41	8742
Rama Norte Alto Verde	4219			261	1010		195	5684
Rama Nueva California	95			1926	207		8	2236
Rama Sauce	3103			161	182			3445
Rama Sur Alto Verde	2925			28	718	59	65	3795
Total general	65377	15		10892	8360	295	1147	86086

68. Además del conocimiento de la superficie cultivada de las UAM de aguas subterráneas, se han ubicado las parcelas con pozos y se han clasificado las perforaciones según cantidad, por departamento, ubicándolas en la cartografía.

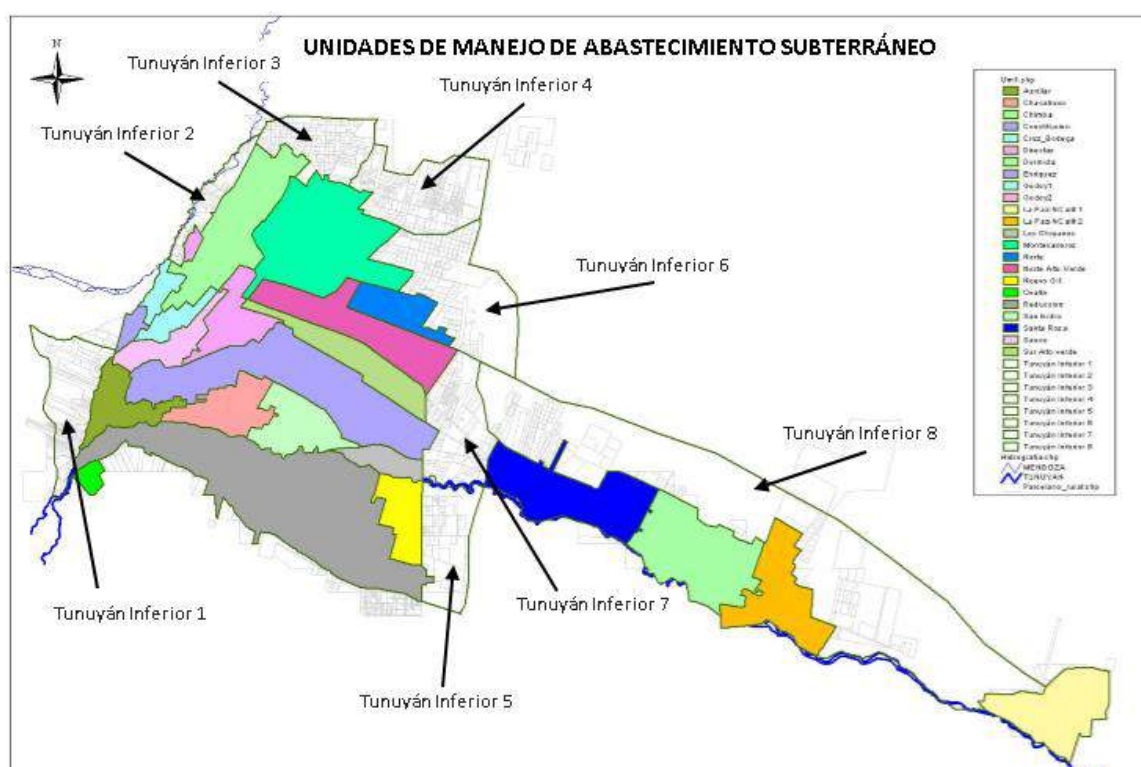
69. De todo el trabajo de clasificación quedaron definidas 23 unidades de manejo con derechos superficiales, 8 unidades de agua subterránea y 4 sitios de demanda poblacional.

70. La Figura 4, ubica espacialmente estas unidades y en la Tabla 3 se detallan las superficies abandonadas y cultivadas.

Tabla 3 Estado de las superficies UAM de aguas subterráneas

UM Subterráneas exclusivas	Suelo descubierto	forestal	frutal	hortaliza de verano	olivo	pastura	hortaliza de invierno	vid	Sub Total Cultivado
TUNUYAN INFERIOR 1	1111.2	4.9	164.9	7.4	57.7		240.3	2636.8	4223.1
TUNUYAN INFERIOR 2	286.3	123.0	32.6	1.4			9.5	490.4	943.2
TUNUYAN INFERIOR 3	980.6	4.7	317.9	11.1	138.9	17.6	216.7	2576.5	4264.0
TUNUYAN INFERIOR 4	1529.3	2.3	103.5	74.8			48.9	2806.9	4565.8
TUNUYAN INFERIOR 5	1008.6	2.8	123.9	4.2	26.7		82.8	839.9	2089.0
TUNUYAN INFERIOR 6	1448.5	45.4	336.7	15.5			40.2	2513.7	4399.9
TUNUYAN INFERIOR 7	650.9	3.8	132.1	8.4	10.4		111.2	2305.9	3222.8
TUNUYAN INFERIOR 8	1082.3	23.6	21.4		23.6		90.6	693.1	1934.6
TOTALES	8097.7	210.6	1233.1	122.7	257.2	17.6	840.1	14863.3	25642.3

Figura 4. UAM de agua subterránea



3.5 DETERMINACIÓN DE LA OFERTA SUPERFICIAL

71. Las leyes 386 y 430 mencionan, como valor de referencia, los caudales medios superficiales, por lo cual se toman como base de partida y comparación en el presente documento (Año Medio). Por otro lado, debido a que el balance hídrico es una herramienta de operación y planificación, se completa el análisis para años que se comportaron hidrológicamente pobres y secos (Año Seco).

72. La determinación de las ofertas (media y seca) se obtiene del estudio de los caudales de los años hidrológicos registrados en la Estación de Aforos Valle de Uco, de acuerdo a los datos oficiales de la Secretaría de Infraestructura y Políticas Hídricas (SlyPH) de la Nación.

73. El año hidrológico es un periodo de 12 meses a lo largo del cual se miden las variables hidrológicas (precipitaciones, caudales, nevadas, etc.) sobre una determinada cuenca. El año hidrológico no coincide necesariamente con el año natural o calendario, es decir, el período que convencionalmente transcurre entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de un mismo año.

74. El comienzo del año hidrológico puede variar entre una región y otra, incluso dentro de un mismo país, y depende del objetivo para el que se utiliza. Por ejemplo, en países del hemisferio sur, el año hidrológico para el estudio de crecidas, se inicia en los meses de estiaje o de caudales mínimos, coincidentes con la época invernal (1 de julio de un año al 30 de junio del siguiente).

75. Por el contrario, el año hidrológico agronómico, en zonas con cultivos bajo riego, suele iniciar en coincidencia con el inicio de la temporada de riego. En Mendoza se ha utilizado históricamente el período que va del 1 de agosto de un año al 31 de julio del siguiente.

76. Por último, el DGI realiza anualmente el cálculo y pronóstico de la oferta hídrica superficial que tendrán los principales ríos de la provincia. Este pronóstico sirve de base para los Planes de Erogación que realizan las Subdelegaciones en función del estado de los embalses, volúmenes esperados y demanda a satisfacer, lo que constituye la base de la planificación anual de la gestión de recurso en cada temporada.

77. Para el Pronóstico de Caudales se utiliza un año hidrológico que inicia el 1 de octubre y culmina el 30 de septiembre del año siguiente. Esto se ha adoptado así debido a que el invierno termina en el mes de septiembre (en general las nevadas se producen hasta la primera quincena de este mes y es necesario conocer la totalidad de la acumulación para poder realizar un pronóstico adecuado).

78. Por razones de simplificación, se toma como equivalente el decir “año hidrológico” y “temporada”. Por ejemplo, es lo mismo decir “año hidrológico 2018/2019” que “temporada 2018/2019”.

79. En este estudio se utilizan indistintamente los años hidrológicos de acuerdo al origen de la información estadística disponible, siendo el modelo de simulación el encargado de elegir los valores a considerar en cada caso.

3.5.1 RÉGIMEN HIDROLÓGICO DEL RIO TUNUYÁN

80. El Río Tunuyán tiene un régimen simple, con un máximo de caudales en la temporada estival debido al origen termonival de los escurrimientos.

81. Los caudales medios mensuales para la serie completa se registran en la sección de aforos de Valle de Uco (latitud: $-33^{\circ} 46' 35.50''$, longitud: $-69^{\circ} 16' 21.10''$, altitud: 1199 msnm), Código 1419 de la Red Hidrológica Nacional.

82. La serie de volúmenes históricos mensuales escurridos, y los correspondientes derrames anuales o volúmenes anuales, utilizados para la determinación de las ofertas, se muestran en la Tabla 4.

83. Para los alcances del presente estudio, y dado que el régimen de riego del Tunuyán Inferior comienza generalmente en agosto, en coincidencia con el llenado del embalse El Carrizal, se ha considerado para este balance un año hidrológico que comienza en agosto y termina en julio del año siguiente.

3.5.2 AÑO MEDIO

84. El hidrograma del Año Medio ha sido calculado como el promedio de los valores mensuales, de los años hidrológicos que tuvieron un comportamiento Medio, en caudal y volumen anual, en las dos últimas décadas.

85. En la modelación de la oferta, para un año medio se utilizaron los hidrogramas de la Figura 5, con un módulo anual medio de $26.4 \text{ m}^3/\text{s}$, un derrame anual medio de 842 hm^3 .

3.5.3 AÑO SECO

86. El hidrograma del *año seco* ha sido calculado como el promedio de los valores mensuales, de los años hidrológicos que tuvieron un comportamiento de año Seco, en caudal y volumen anual, en las dos últimas décadas.

87. En la modelación de la oferta, para un año seco se utilizaron los hidrogramas de la Figura 6, con un módulo anual medio de $15.8 \text{ m}^3/\text{s}$ y un derrame anual medio de 496 hm^3 .

Tabla 4 Est. Valle de Uco – Río Tunuyán – Volúmenes mensuales y anuales (hm³)

AÑO HIDR.	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	DERRAME
1954-55	37.7	42.5	41.4	53.7	88.1	119.5	126.7	70.6	55.3	32.8	28.1	25.9	722
1955-56	24.0	23.1	24.6	31.9	72.7	104.6	88.6	77.1	59.1	36.0	30.5	24.2	596
1956-57	23.1	23.2	26.5	41.2	65.1	76.3	86.5	71.8	61.3	38.2	26.5	28.9	569
1957-58	26.2	24.0	25.4	34.8	63.2	124.2	113.7	77.2	66.9	40.6	30.3	26.6	653
1958-59	26.5	28.1	34.0	77.6	101.5	124.9	116.6	86.4	76.8	46.1	43.8	37.1	799
1959-60	35.2	34.5	42.9	61.8	102.0	175.9	187.5	124.0	77.1	46.0	36.5	31.5	955
1960-61	31.5	31.4	34.7	62.3	109.2	167.6	114.7	91.4	75.2	44.5	37.2	33.0	833
1961-62	31.6	31.9	29.2	59.8	132.0	225.4	191.9	137.0	103.0	59.9	47.8	41.3	1 091
1962-63	39.8	39.2	38.0	49.8	93.8	120.6	110.5	87.3	67.8	46.1	38.4	31.9	763
1963-64	32.6	30.0	32.4	47.8	61.7	270.5	343.9	196.7	116.1	55.9	42.4	32.9	1 263
1964-65	30.6	29.3	33.8	39.8	51.7	61.3	90.6	80.0	77.9	44.5	32.7	31.3	604
1965-66	28.4	22.7	32.6	63.7	129.9	146.0	231.8	144.2	94.9	60.2	47.6	38.6	1 041
1966-67	36.8	35.6	38.9	56.0	107.7	122.0	157.8	134.5	72.8	50.6	38.5	30.1	881
1967-68	30.7	31.2	30.6	39.9	52.0	118.3	111.2	96.8	64.1	37.1	29.8	22.8	665
1968-69	22.7	25.7	24.6	25.5	46.9	55.3	83.8	78.3	65.5	33.7	28.8	23.3	514
1969-70	23.1	23.3	28.2	33.0	65.4	212.8	170.9	124.8	90.0	58.3	41.3	32.9	904
1970-71	30.8	26.9	30.5	39.1	62.3	90.1	79.1	76.9	63.0	38.5	31.0	25.4	594
1971-72	26.3	29.1	40.1	65.5	131.7	133.9	151.8	100.4	68.9	47.1	44.9	32.8	872
1972-73	31.5	33.0	35.7	50.2	110.9	307.3	438.4	276.0	192.1	99.7	74.1	57.4	1 706
1973-74	49.4	42.9	45.9	63.6	114.9	144.5	183.2	133.1	89.0	57.6	42.2	34.2	1 001
1974-75	37.0	41.4	40.8	69.2	106.5	126.4	222.9	135.8	98.1	57.2	43.8	34.4	1 014
1975-76	29.5	30.4	34.5	43.3	59.1	115.5	118.8	70.8	53.2	38.9	28.3	24.1	646
1976-77	23.2	23.7	24.0	25.5	50.5	57.8	83.2	60.2	60.5	31.7	26.4	21.7	488
1977-78	19.6	22.5	35.0	65.6	101.4	200.3	168.1	114.0	76.2	47.6	36.8	26.7	914
1978-79	23.5	32.5	31.5	54.7	94.9	209.0	228.0	126.2	87.4	53.2	43.5	31.5	1 016
1979-80	30.6	31.9	31.7	54.7	70.6	115.4	185.0	119.6	91.2	62.4	47.9	37.9	879
1980-81	37.2	37.4	49.6	59.1	96.9	194.6	148.9	118.4	106.0	60.4	49.0	37.7	995
1981-82	33.4	33.0	32.4	46.7	79.4	110.4	130.9	95.3	70.4	44.9	34.1	26.1	737
1982-83	32.2	34.6	46.2	61.7	121.2	285.3	347.9	221.4	169.2	92.7	65.9	47.2	1 526
1983-84	43.3	40.9	40.5	63.6	106.8	203.2	196.4	129.0	83.2	47.3	35.0	29.5	1 019
1984-85	30.3	29.3	32.3	58.2	84.5	171.2	220.7	135.5	120.7	63.4	46.9	38.7	1 032
1985-86	36.8	35.5	34.8	40.7	111.9	155.0	162.4	118.4	73.9	42.4	36.3	42.1	890
1986-87	39.0	36.5	42.0	82.1	135.6	307.1	310.2	200.8	149.8	67.7	47.8	39.5	1 458
1987-88	37.9	38.6	40.9	69.4	182.1	276.1	274.1	191.5	117.7	72.9	54.2	42.1	1 398
1988-89	38.4	35.5	37.2	53.0	85.7	108.1	127.7	119.3	72.0	42.3	32.4	28.1	780
1989-90	26.6	25.4	30.4	53.1	117.5	140.5	142.5	94.7	64.1	40.7	33.6	29.1	798
1990-91	27.6	27.7	27.4	40.5	70.7	92.8	114.2	85.9	72.6	41.1	33.5	32.5	666
1991-92	30.8	30.6	41.4	58.8	117.5	137.8	182.5	144.6	117.9	57.7	43.9	36.6	1 000
1992-93	32.6	34.5	38.9	63.4	118.6	151.9	191.5	135.8	98.3	58.5	52.8	42.0	1 019
1993-94	40.1	39.5	42.7	61.7	87.4	146.6	189.5	104.9	94.0	48.3	40.6	34.5	930
1994-95	31.8	33.4	40.7	57.5	119.0	210.5	171.7	105.5	79.2	53.8	48.5	41.7	993
1995-96	39.6	37.8	42.4	47.8	99.9	167.2	130.0	92.1	82.7	43.8	37.4	29.4	850
1996-97	28.2	28.7	27.2	29.0	37.2	54.2	86.1	65.8	61.8	39.2	29.5	26.1	513
1997-98	27.5	28.8	31.9	38.5	73.7	153.4	213.1	112.6	75.7	54.9	42.9	35.7	889
1998-99	33.7	31.9	29.7	36.9	55.1	98.3	99.3	91.6	64.2	37.9	28.5	23.3	630
1999-00	23.2	22.9	25.8	42.6	79.4	103.2	122.9	88.4	62.6	43.7	33.5	28.2	676
2000-01	28.8	29.7	30.7	80.4	111.4	204.3	184.6	145.3	99.1	52.3	41.4	34.2	1 042
2001-02	30.4	33.4	34.8	75.4	114.5	303.1	226.0	147.9	97.5	55.0	43.6	39.4	1 201
2002-03	36.8	37.6	38.9	65.4	134.1	228.8	256.9	167.8	126.1	75.7	51.9	44.0	1 264
2003-04	37.5	36.2	38.4	65.4	94.9	110.5	136.9	110.9	84.0	46.9	35.4	30.7	828
2004-05	29.1	26.8	29.1	35.6	40.0	81.1	126.3	94.8	66.0	36.0	30.3	28.6	624
2005-06	28.9	31.2	38.6	67.6	182.3	286.3	330.6	237.3	131.1	77.8	55.6	42.7	1 510
2006-07	42.3	39.8	43.8	76.7	140.8	216.7	254.2	121.7	94.2	56.2	41.8	34.0	1 162
2007-08	33.5	32.4	37.6	63.6	102.6	131.0	146.6	103.6	75.4	50.2	42.2	40.0	859
2008-09	34.1	31.0	37.4	70.5	198.7	233.5	168.1	106.2	92.8	61.6	43.8	35.0	1 113
2009-10	34.6	33.9	33.8	48.8	65.9	133.7	202.6	118.2	98.4	60.7	45.8	36.8	913
2010-11	35.0	33.1	31.9	39.7	43.8	68.6	79.0	65.8	54.4	34.0	26.9	23.4	536
2011-12	21.5	20.1	23.8	31.8	48.8	85.9	91.6	72.1	58.3	35.8	27.9	23.9	541
2012-13	22.6	22.1	29.2	32.6	66.7	89.0	114.0	77.8	52.6	34.7	30.0	27.6	599
2013-14	25.4	24.6	25.6	40.5	68.6	121.2	112.8	68.4	50.9	31.4	26.9	21.0	617
2014-15	22.4	23.6	20.9	37.9	49.5	67.5	89.7	65.2	53.6	33.1	26.1	21.0	511
2015-16	19.9	20.5	23.8	28.8	59.9	124.0	149.6	109.8	72.2	43.8	36.9	29.4	719
2016-17	27.5	27.4	36.1	45.7	71.8	122.8	148.1	90.0	61.9	41.7	32.3	26.3	732
2017-18	25.3	23.4	26.3	29.4	42.0	88.2	77.6	76.6	49.4	33.2	24.3	20.6	516
2018-19	20.6	19.8	20.4	22.0	37.2	65.4	93.6	74.2	51.1	34.9	25.5	21.2	486
2019-20	20.5	19.9	20.0	21.2	38.3	53.0	77.3	61.2	53.8	29.4	22.9	19.1	437

Figura 5. Hidrograma Año Medio - Volúmenes y caudales mensuales

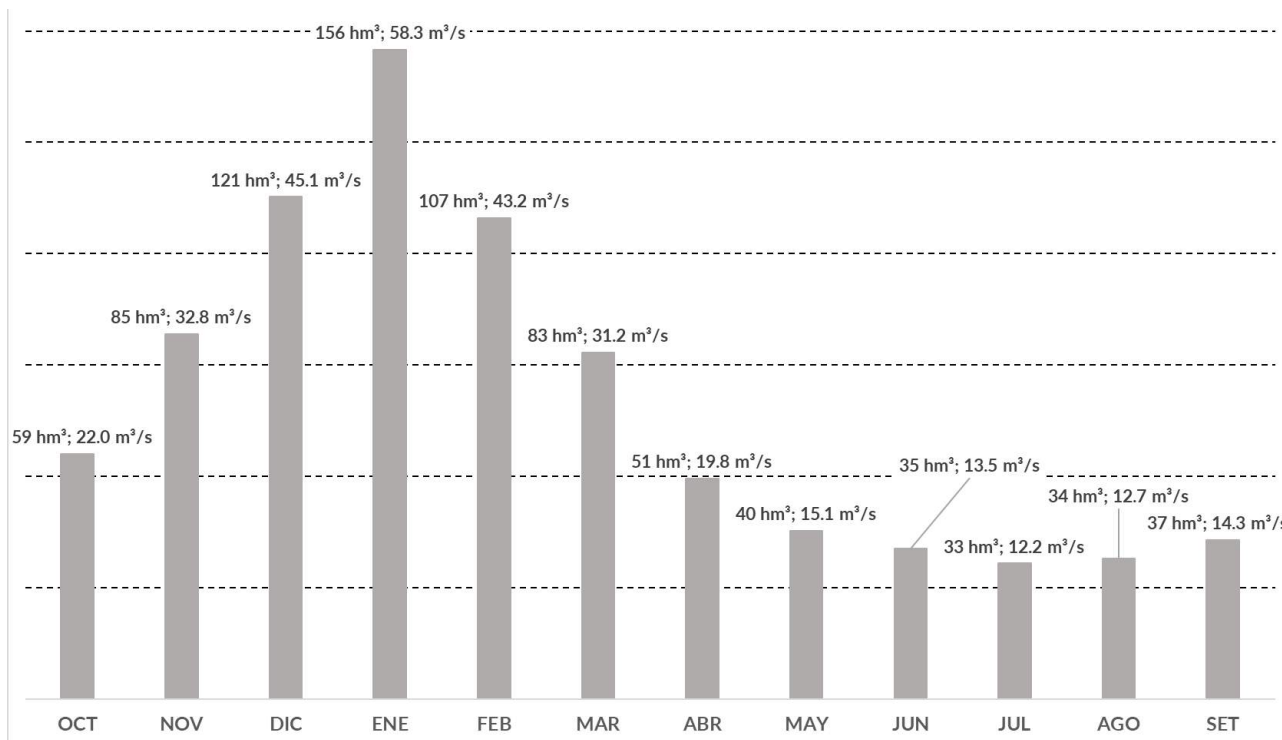
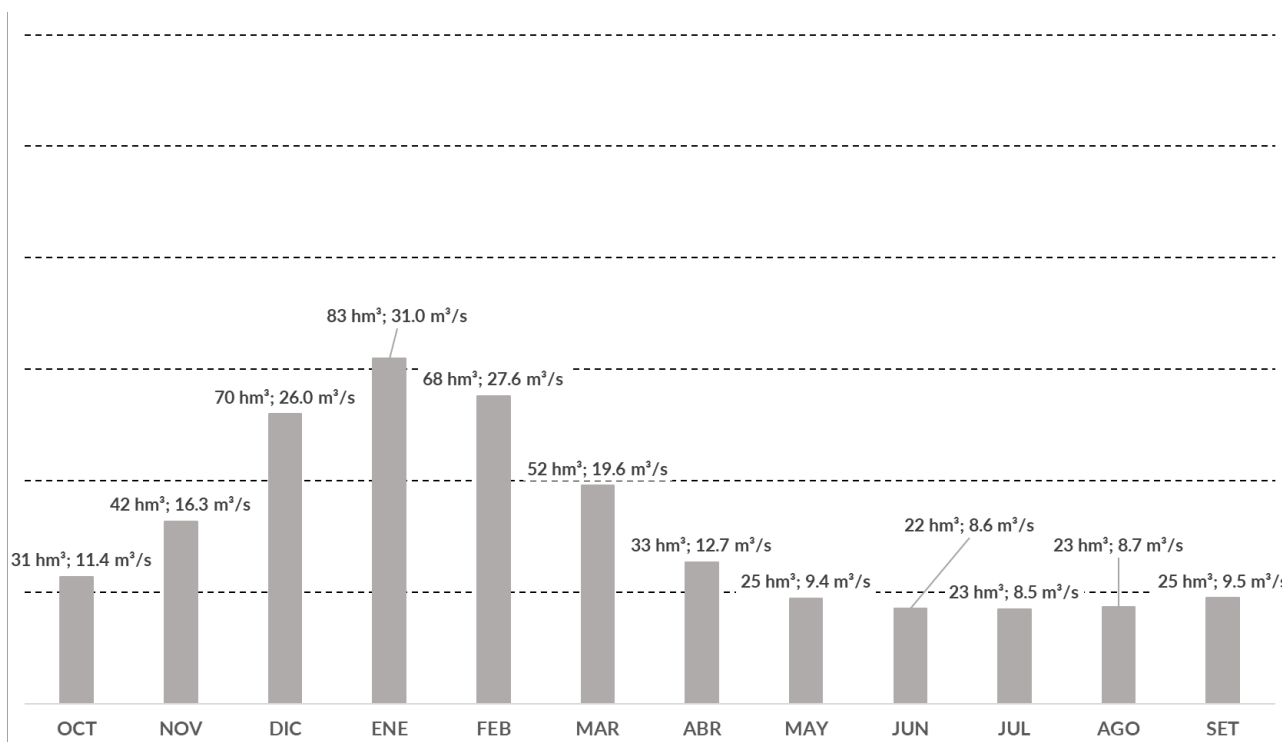


Figura 6. Hidrograma Año Seco - Volúmenes y caudales mensuales



3.5.4 ARROYOS NIVALES Y DE VERTIENTES

88. Del Sistema de Información Hidronivometeorológica (SIH) del Departamento de Hidrología del DGI, se ha obtenido gran parte de la información hidrológica de los arroyos y

canales correspondientes al área de análisis que, luego de su proceso estadístico, ha sido incorporada al modelo de simulación WEAP y del que se presenta el resumen en la Tabla 5 y en la Tabla 6 las series utilizadas.

Tabla 5 Caudales Medios Mensuales de Ríos y Arroyos - (m³/s)

Cauce	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J
Arroyo Aguanda	1.0	1.1	1.1	1.7	2.6	2.9	2.5	1.8	1.5	1.3	1.3	1.4
Arroyo Alto Verde	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Arroyo Claro	1.9	1.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.9	1.7	1.3	2.1	1.9	1.8
Arroyo El Carrizal	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6
Arroyo El Peral	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
Arroyo Estacada	1.0	1.2	1.1	1.8	2.5	2.8	2.5	1.5	1.4	1.1	0.8	0.7
Arroyo Grande	0.9	0.9	1.1	2.0	2.8	3.2	2.7	1.8	1.5	1.1	1.0	0.9
Arroyo Guiñazú	1.0	0.8	0.6	0.8	1.0	1.0	0.9	0.5	0.9	0.6	1.0	1.3
Arroyo La Carrera	0.4	0.4	0.4	0.6	1.0	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.4
Arroyo Las Pircas	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3
Arroyo Olmos	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Arroyo Salas Caroca	2.3	1.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.7	1.5	2.0	2.4
Arroyo Villegas	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	1.2	1.2	1.3	0.9	1.0	0.9	0.7
Arroyo Yaucha	1.0	1.0	1.0	1.5	2.5	3.4	3.1	2.2	1.7	1.3	1.2	1.0
Canal Ancón	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.7	0.6	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
Canal Gran Matriz Valle de Uco	4.0	4.0	6.1	12.4	12.6	10.2	6.1	4.5	4.0	4.0	0.1	0.4
Canal Matriz Tupungato	0.9	1.1	1.5	2.2	2.8	3.3	3.2	2.7	2.0	1.2	0.7	0.7
Canal Sauce	0.3	0.5	0.5	0.6	0.7	1.0	0.9	0.8	0.6	0.6	0.4	0.1
De Los Tábanos	0.3	0.4	0.6	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
Guajardino	0.9	1.0	0.7	1.2	1.7	2.1	2.0	1.5	1.2	1.1	0.8	0.7
Manzano	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3
Novillo Muerto	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
Rio San Carlos	3.4	3.3	2.7	4.0	4.9	5.6	4.8	3.3	4.0	4.4	4.4	4.6
Rio Sta. Clara Las Tunas	1.0	0.8	1.0	1.8	1.6	1.4	0.9	0.8	0.6	1.0	1.6	1.3

Tabla 6 Serie de Datos incorporados al Modelo WEAP

Estación	Telemetría
Cl. Mt. Yaucha	[2003-2018]
Cl. Mt. Aguanda	[2004-2018]
Cl. Viluco	[2003-2018]
Cl. Alto Verde	[2010-2018]
Cl. Sauce	[2010-2018]
Cl. Peral	[2011-2018]
Cl. Ancón	[2010-2018]

89. Se ha realizado un análisis estadístico simple de las series de datos, determinando de manera clásica el promedio aritmético del escurrimiento y caudales. Esta medida de tendencia central se obtuvo realizando el promedio día por día para toda la serie de años en

los que se tengan datos, es decir, el promedio de todos los 1 de enero, el promedio de todos los 2 de enero y así sucesivamente para todos los días del año con todos los años de la serie. De esta manera, se obtiene un año promedio.

90. En el esquema del sistema hidrológico presentado en la sección “Sistema hidrológico de la Cuenca”, se indican los sistemas de arroyos que ingresan aguas arriba del embalse El Carrizal, los denominados Arroyos de Vertientes. Todos estos son medidos mediante aforos directos en forma periódica.

91. Entre los puntos de confluencia de estos arroyos y el embalse, se encuentra la sección de aforos de Costa Anzorena, que es un punto de fundamental importancia, ya que mide el total de los afluentes al embalse a la vez que sirve de sección de control para la cuenca del Tunuyán Superior.

92. Los arroyos de vertientes que ingresan por margen izquierda del Río Tunuyán son: Claro, Salas Caroca, Guiñazú y La Estacada. Entre la Figura 7 y la Figura 10 se muestran sus esquemas de agregación, donde se ha marcado con líneas de punto los probables arroyos nivales que les aportan agua, en forma subsuperficial o subterránea, por el subálveo de los cauces secos.

Figura 7. Esquema de Agregación Arroyo La Estacada

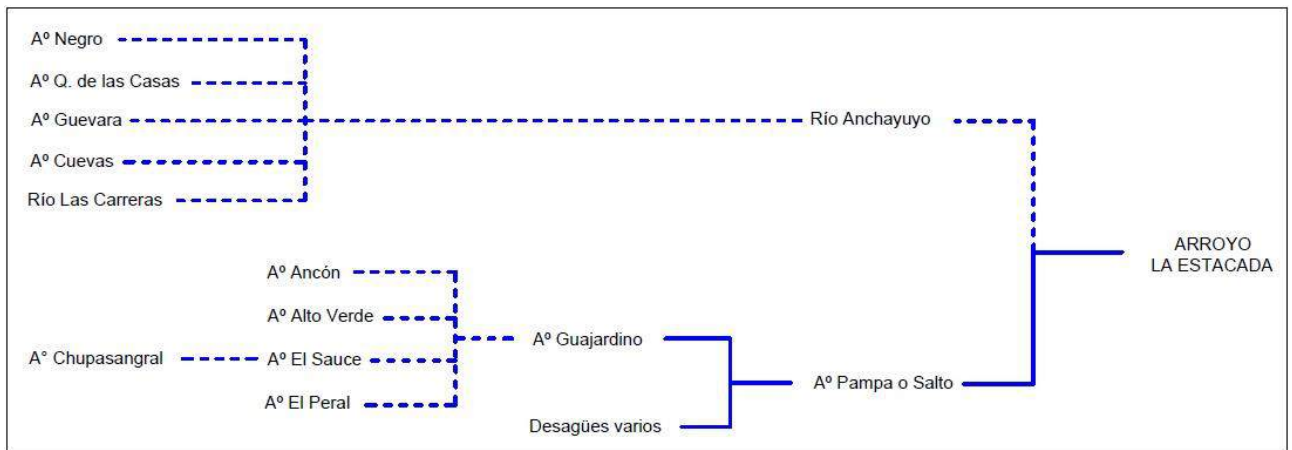


Figura 8. Esquema de Agregación Arroyo Claro

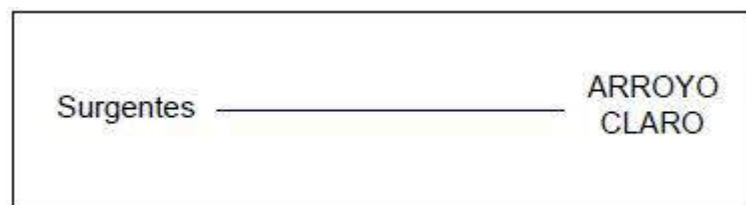


Figura 9. Esquema de Agregación Arroyo Caroca

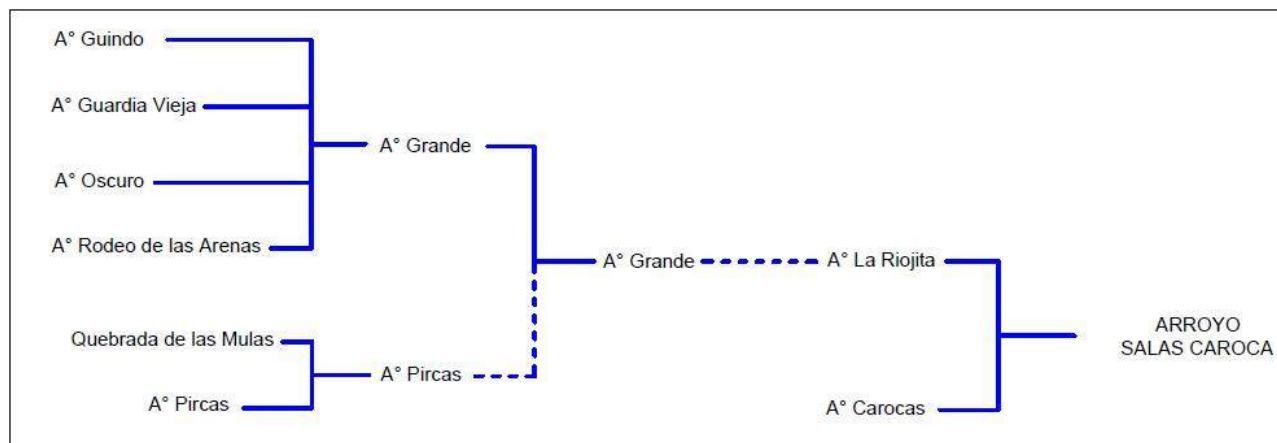
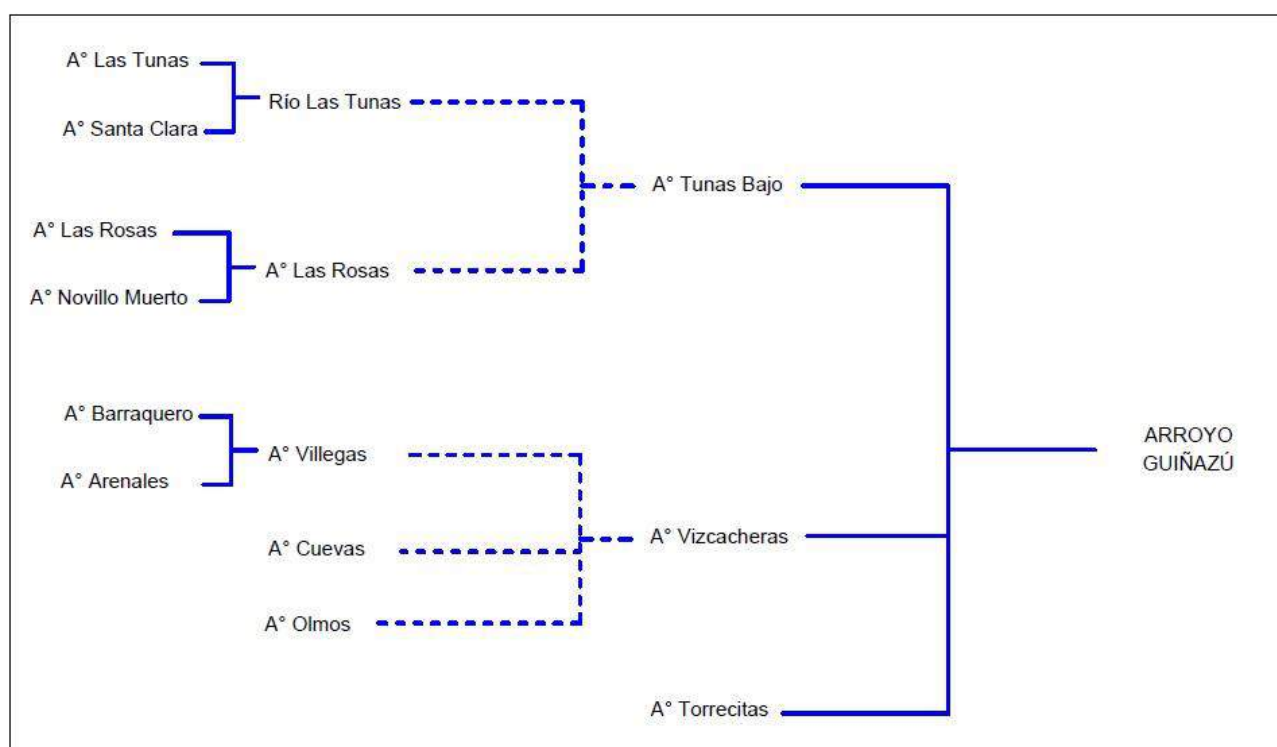


Figura 10. Esquema de Agregación Arroyo Guiñazú



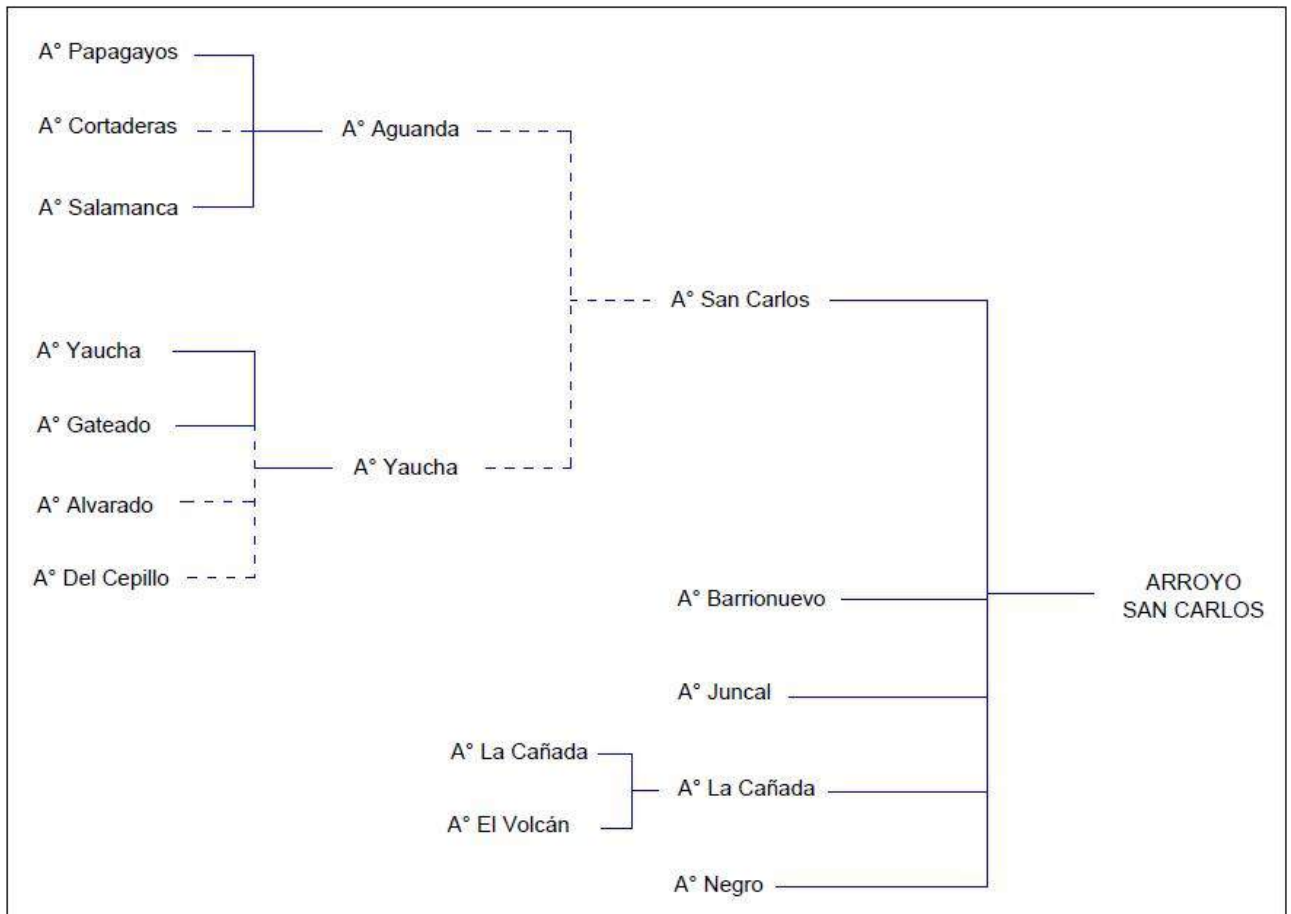
93. Por margen derecha, los caudales afluentes al río son aportados, principalmente, por el A° San Carlos (Figura 11)

94. En la modelación se ha llamado *Sistema de Arroyos* a aquellos caudales aportados al Río Tunuyán por los arroyos de vertientes, antes de su entrada al embalse El Carrizal, distintos a los aportados en la estación Valle de Uco, una vez restados los caudales derivados para riego en el azud Valle de Uco.

95. Para el estudio y evaluación de estos arroyos se han seguido los criterios utilizados históricamente en el DGI, en forma simplificada, es decir:

$$AC = RTVDU - DDVDU + SA$$

Figura 11. Esquema de Agregación Arroyo San Carlos



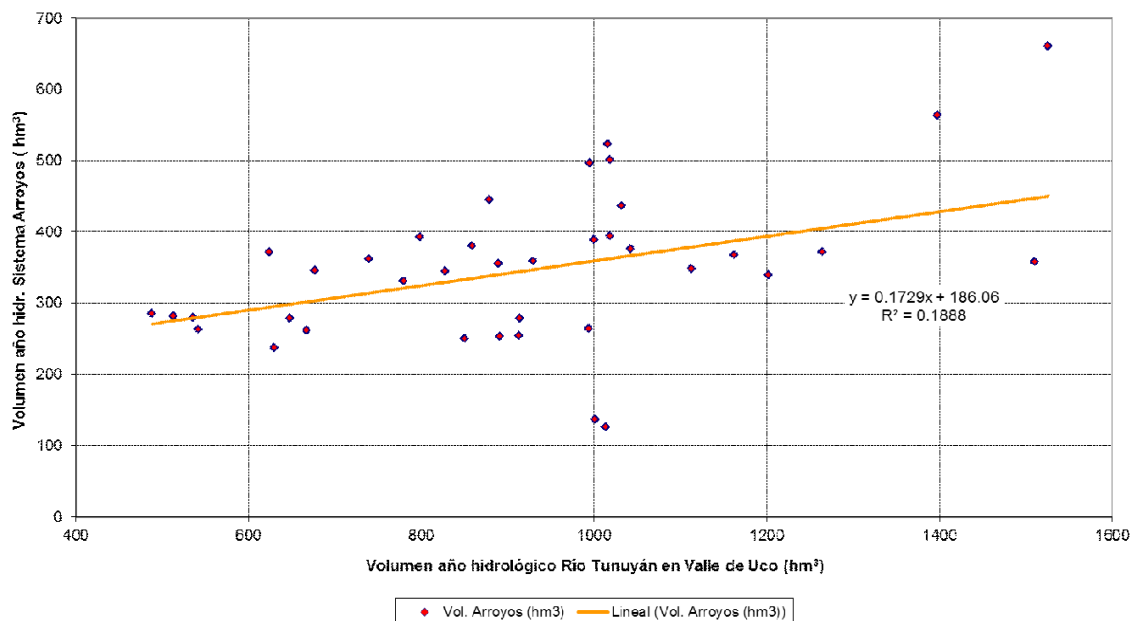
Donde:

- AC caudal afluente al embalse El Carrizal. Se afora en la sección de Costa Anzorena y se valida por diferencia de embalse en forma diaria.
- RTVDU caudal del Río Tunuyán, aforado en la sección de Valle de Uco
- DDVDU caudal derivado en el azud Dique Valle de Uco
- SA sumatoria de caudales afluentes/efluentes al Río Tunuyán, aguas abajo del Dique Valle de Uco

96. Se observa que los caudales que escurren por la sección de aforos de Valle de Uco y los que se estiman y/o miden en ambos sistemas de arroyos, no presentan una buena correlación (Figura 12).

97. Cabe aclarar que los caudales englobados como “SA - Sistema de Arroyos” incluyen caudales de diverso origen, e incluso retornos y drenajes del sistema de riego del Tunuyán Superior.

Figura 12. Derrame Anual de Valle de Uco vs Sistema de Arroyos – Regresión.



98. Esta situación se explica, fundamentalmente, por el diferente origen de los escurrimientos que presentan ambos sistemas y por la influencia del almacenamiento subsuperficial y subterráneo.

3.5.5 AFLUENTES AL EMBALSE EL CARRIZAL

99. Para el caso del Río Tunuyán, es de importancia el análisis de los caudales mensuales que se registran en Costa Anzorena y su correlación con los valores de la sección de aforos de Valle de Uco.

100. Se destaca que el Aforador Costa Anzorena es el punto de control o cierre de la subcuenca del Tunuyán Superior y está ubicado aguas arriba del embalse El Carrizal. Es el punto que integra todas las pérdidas y todos los aportes que recibe el río después de la derivación de aguas en el Dique Valle de Uco. Sólo existe un arroyo que aporta al Embalse sin ser registrado por Costa Anzorena: el Arroyo El Carrizal, el cual descarga directamente sus aguas al espejo homónimo.

101. La Tabla 7 presenta los caudales (Q) característicos y la estadística hidrológica, clásica para estos afluentes.

102. Cabe aclarar que el Q medio anual es, en ese caso, el obtenido como promedios clásicos, no el módulo.

103. En la Figura 15 se presentan los hidrogramas correspondientes a estas dos secciones de aforos del río. Es evidente que el aporte del sistema de arroyos antes mencionado no solo incrementa el derrame anual, sino que regulariza los caudales, disminuyendo la relación Q_{pico}/Q_{base} .

Tabla 7 Afluentes a El Carrizal

Q Carac	Prob. Excedencia	Q (m ³ /s)	Descripción
Q ₅	5%	80,6	
Q ₂₅	25%	40,0	
Q ₅₀	50%	27,4	
Q ₇₅	75%	20,3	
Q ₉₅	95%	12,7	
Q _{cS}	97%	10,6	Q característico Máximo: rebasado 355 días/año
Q _{cM}	3%	94,4	Q característico Sequía: rebasado 10 días/año
Q _{AB}	entre 75 % - 95 %	17,1	Q. característico aguas bajas (Q medio c/excedencias entre 75% y 95%)
Q _{AM}	entre 25 % - 75 %	28,2	Q. característico aguas medias (Q medio c/excedencias entre 25% y 75%)
Q _{AA}	entre 5 % - 25 %	54,7	Q. característico aguas altas (Q medio c/excedencias entre 5% y 25%)
Q _{max}		281,1	Q. máximo medio diario
Q _{min}		0,0	Q. mínimo medio diario
Q _{ma}		34,2	Q medio anual
s		22,9	Desviación estándar
CV		67%	Coeficiente de variación

Figura 13. Análisis de Riplot - Curva de Masas.

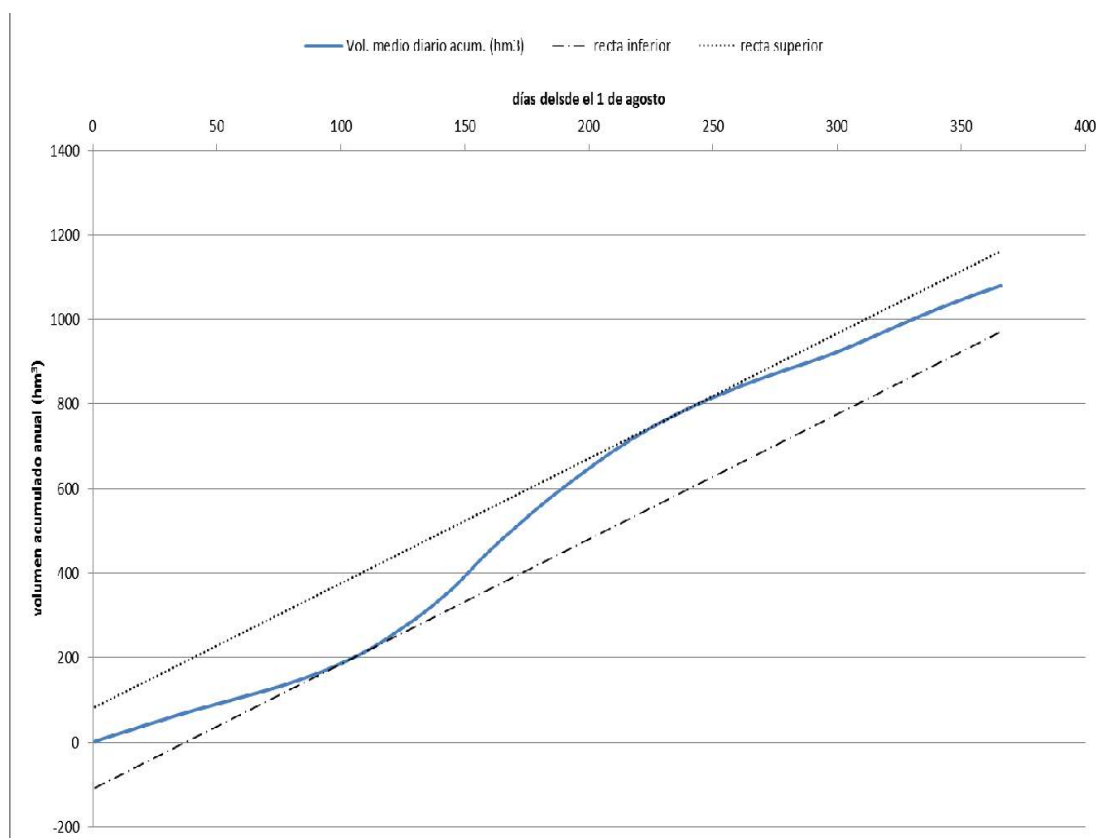


Tabla 8 Afluentes a El Carrizal

Parámetros hidrológicos	Datos
Caudal medio anual	34,20 m ³ /s
Pendiente	2,95
Volumen hidrológico de diseño de embalse para caudal constante igual a la media de los afluentes	191 hm ³
Intervalo de aguas altas	125 días

Figura 14. Volumen acumulado diario y caudal medio diario.

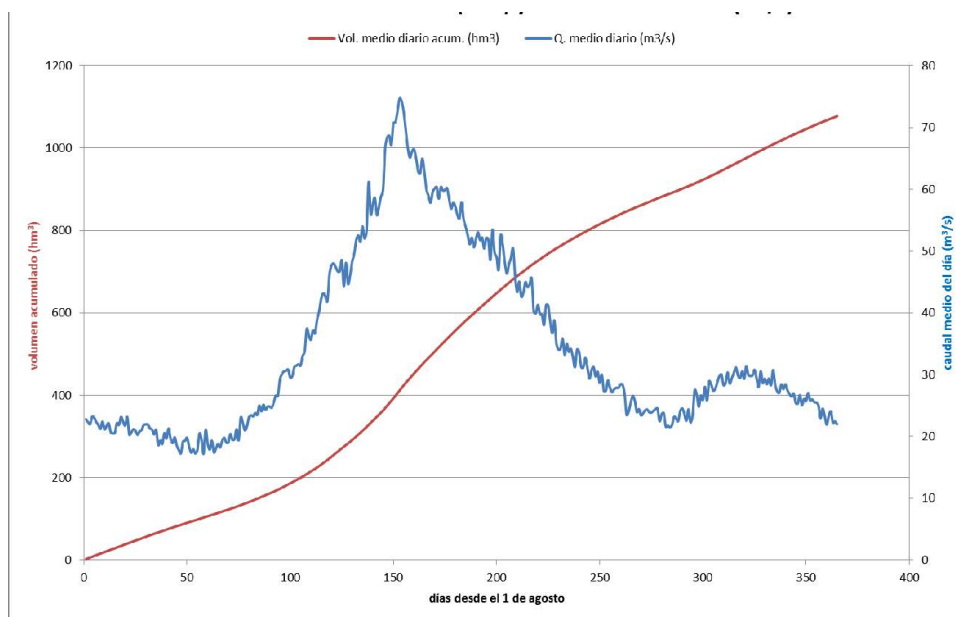
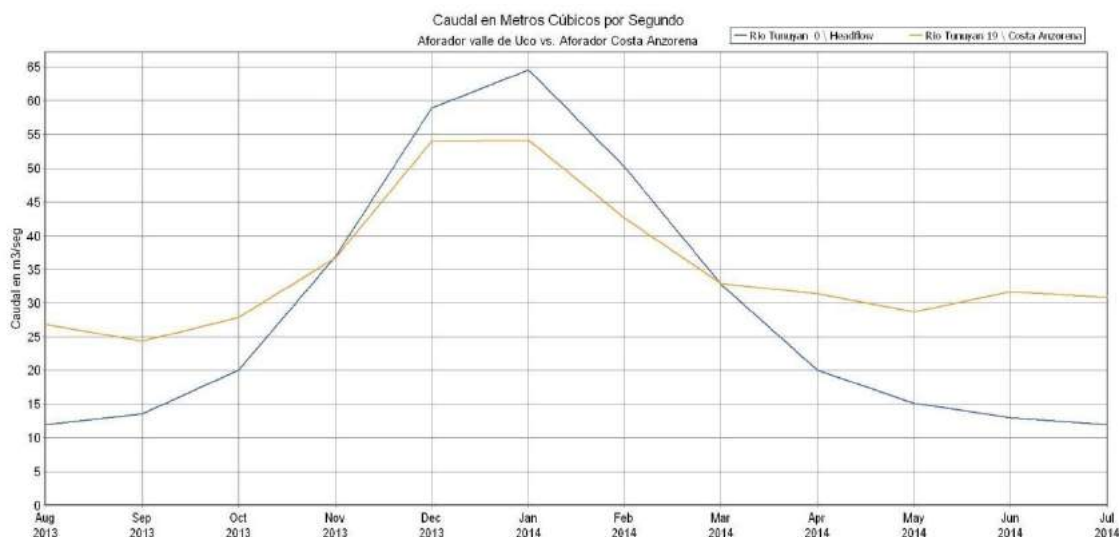


Figura 15. Caudales Medios Mensuales - Valle de Uco y Costa Anzorena.

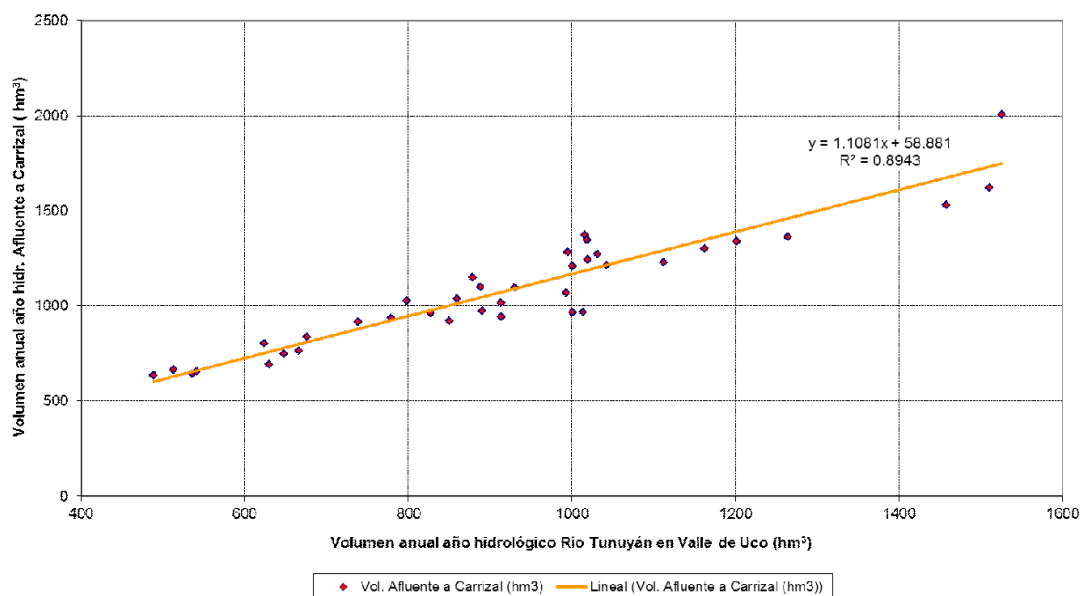


104. En la Figura 16 se aprecia la buena correlación que existe entre los caudales de las dos secciones de aforos.

105. Cabe aclarar que las cotas del embalse El Carrizal son medidas en forma continua por sensores del SIH y en forma diaria por personal de la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Mendoza. En función de estas mediciones, se estiman los volúmenes embalsados. Las

erogaciones de la presa son controladas por la Subdelegación de Aguas del Río Tunuyán Inferior.

Figura 16. Derrames Anuales en Valle de Uco vs Costa Anzorena – Regresión.



106. Teniendo en cuenta la variación diaria de los volúmenes y las erogaciones, se calculan los aportes diarios al embalse, los que son contrastados con las mediciones de Costa Anzorena. Históricamente se ha verificado un muy buen ajuste e igualdad entre los caudales afluentes al embalse calculados por ambos procedimientos.

107. Según cálculos realizados por el DGI, el aporte del sistema de arroyos, a lo largo del año, medido en derrame anual, representa entre un 30% a un 35 % de lo que ingresa al embalse El Carrizal por el Río Tunuyán, dependiendo la época del año.

108. Ahora bien, en ciclos caracterizados como “pobres”, el aporte de arroyos alcanza al 45% de lo aportado por el río, tal como se desprende del análisis de los ciclos 2010 a 2018, caracterizado como pobres.

109. Para todos los resultados presentados y utilizados en la modelación, se tomaron también los promedios año por año y se analizó las frecuencias para obtener el intervalo modal. Se observa que la media aritmética para todos los años cae dentro del intervalo modal, lo que da mayor validez a este parámetro. Se han tenido en cuenta los valores presentados y se han comparado con los valores calculados. No existen diferencias entre ambos resultados.

110. Se ha determinado que la moda es la medida de tendencia central que caracteriza de mejor manera el comportamiento hidrológico de los ríos y arroyos, ya que es el valor que se presenta con mayor frecuencia.

111. Por otra parte, el valor de la moda es el caudal que el productor/usuario está más acostumbrado a ver y manejar en los arroyos. También se observa en el análisis realizado para el Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos, que los años pobres son más frecuentes que los años hidrológicos ricos, presentando los años ricos un desvío en escurrimiento mucho mayor que los años pobres con respecto a la media. Es decir, son menos frecuentes, pero más alejados de la media.

112. Respecto de los arroyos que provienen de desagües, vertientes o manantiales, además de contar con los antecedentes históricos de caudales, se siguen realizando aforos directos mensuales en los afluentes al río, especialmente de los arroyos Salas-Caroca, Guiñazú, La Estacada, Claro y San Carlos, y en el río Tunuyán en cruce con Ruta 40.

3.6 DETERMINACION DE LA OFERTA SUBTERRÁNEA

3.6.1 ZONIFICACIÓN DE LA CUENCA

113. Las UAM con dotación exclusiva de agua subterránea fueron presentadas previamente, y la Tabla 9 muestra la cantidad de pozos registrados en cada una de ellas.

Tabla 9 Cantidad de pozos por UAM de aguas subterráneas

UM Subterráneas exclusivas	Sup. Total Cultivada	Cantidad de pozos
TUNUYAN INFERIOR 1	4223.1	186
TUNUYAN INFERIOR 2	943.2	70
TUNUYAN INFERIOR 3	4264.0	348
TUNUYAN INFERIOR 4	4565.8	314
TUNUYAN INFERIOR 5	2089.0	88
TUNUYAN INFERIOR 6	4399.9	233
TUNUYAN INFERIOR 7	3222.8	152
TUNUYAN INFERIOR 8	1934.6	99
TOTALES	25642.3	1490

114. Estos pozos equivalen al 22% del total de los 6681 pozos registrados en el Tunuyán Inferior.

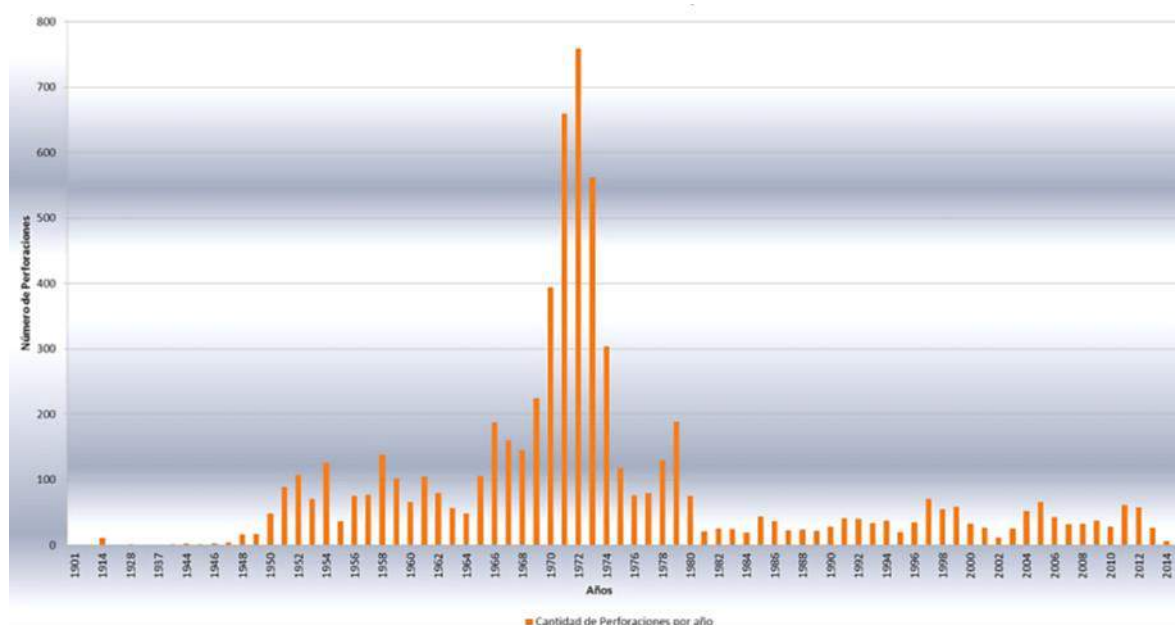
115. En las siguientes figuras se detalla la distribución de las perforaciones registradas y la distribución espacial por año, donde se puede observar cómo el incremento de las mismas, acompaña el alumbramiento de aguas subterráneas a lo largo del tiempo y como se fueron convirtiendo zonas de abastecimiento superficial exclusivo en zonas de uso conjunto. Se presume que dicha situación puede explicarse, históricamente, por la precariedad de la red hídrica y la inseguridad por la oferta estacional del río, lo que motivó la conformación de cooperativas eléctricas que fueron proveyendo de cobertura de servicio a distintas zonas,

coadyuvado por sistemas de promoción impositiva y crediticia, que posibilitaron la instalación de perforaciones en nuevas áreas de cultivo.

116. Por todo ello, se interpreta que la cantidad de perforaciones existentes encuentra mayor relación con los sistemas de promoción, que alentaron su ejecución, y no así con la insatisfacción de la demanda hídrica.

117. Vale destacar que, de acuerdo con los resúmenes de los convenios de Descentralización de Actividades de Aguas Subterráneas y otra información de la zona, más de la mitad de las perforaciones registradas están, fuera de servicio.

Figura 17. Cantidad de pozos de agua subterránea registrados por año



118. Si bien el Departamento General de Irrigación efectúa controles y seguimientos sobre las perforaciones, no interviene sobre la oportunidad ni conveniencia en que los particulares realizan estos aprovechamientos. Es decir, los titulares de las concesiones subterráneas deciden individualmente cuanto bombear de acuerdo a sus propias necesidades. Entre los controles de agua subterránea realizados por el DGI se mencionan campañas anuales de medición de niveles estáticos y dinámicos, monitoreo de calidad, identificación de perforaciones clandestinas, verificación de áreas de restricción por calidad e identificación de pozos a cegar. Es importante destacar que, si bien las inversiones para extracción de agua subterránea son de carácter privado, por Ley 4375 y Ley 4376 las aguas son públicas y están sometidas a la administración del Departamento General de Irrigación.

3.6.2 BREVE DESCRIPCIÓN HIDROGEOLÓGICA

119. . Sobre la base de los rasgos que hacen a la presencia, distribución y otras características del agua subterránea, es posible realizar subdivisiones en regiones con homogeneidades hidrogeológicas. Para tales regiones se proponen los nombres de provincias hidrogeológicas.

120. Dichas provincias comprenden áreas llanas, montañosas y valles intermontanos. En el territorio mendocino, la extensa llanura oriental presenta sectores con distintas características respecto al agua subterránea, si bien no pueden diferenciarse cuencas propiamente dichas, sino áreas con diferentes litologías, condiciones de recarga, mineralización del agua, entre otras.

121. El área de estudio, está enmarcada dentro la región hidrogeológica definida como "Región de los ríos Mendoza y Tunuyán". Se estima para ella una extensión de 22.800 km², en la cual se presentan dos áreas sin solución de continuidad entre sus acuíferos, denominadas zona noroccidental y zona nororiental.

122. La primera está delimitada al norte por una sección y una sucesión de lagunas que la separan del Valle del Tulum, al este por el río Mendoza, al sur por las lomadas de Lunlunta y al oeste por la Precordillera. De este modo, comprende el piedemonte cordillerano, al abanico aluvial y la llanura aluvial del río Mendoza.

123. La zona nororiental se extiende al este de la precedente, hasta el río San Juan al norte, el Tunuyán al sur y el Desaguadero al este. La región hidrogeológica continua hasta las sierras pampeanas occidentales, dentro de la provincia de San Luis que en este sector se comporta como borde de cuenca. El área nororiental ocupa total o parcialmente tierras que corresponden a los departamentos de Lavalle, San Martín, Junín, Rivadavia, Santa Rosa y La Paz (Figura 18).

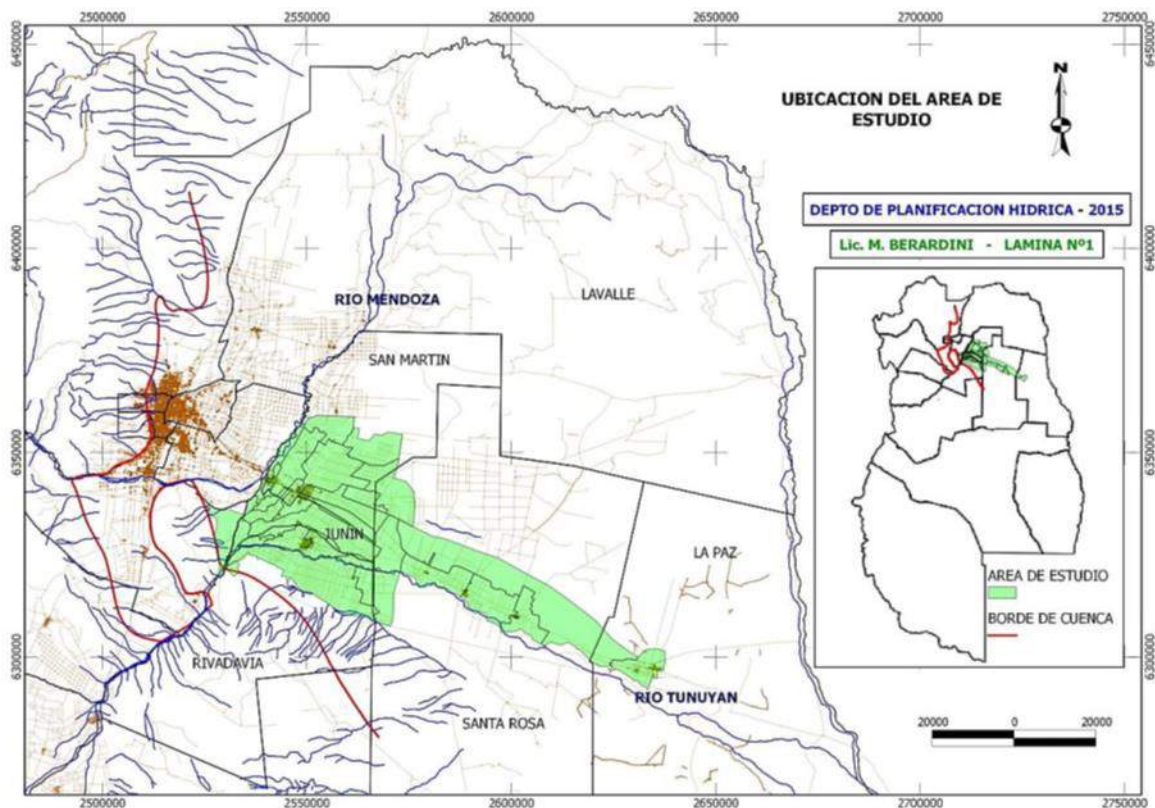
124. Hidrogeológicamente, a escala regional, el Oasis Norte presenta sus acuíferos en la cubierta sedimentaria de edad neoterciaria, cuartaria y reciente. El sustrato está formado por sedimentos impermeables del Terciario Superior sobre los que se acumulan depósitos aluviales y fluviales desde el mismo Terciario Superior hasta actuales.

125. La sedimentación cuartaria consiste en la formación de conos aluviales coalescentes en abanico en la cabecera de la cuenca del río Mendoza, adosados a un abanico aluvial menor en la cabecera del río Tunuyán, pasando en zonas distales a una llanura de inundación fluvial.

126. El cambio de gradiente topográfico, que regula la distribución y clasificación del material que ha sido depositado, da origen en la zona proximal de los conos a sedimentos de grano grueso en todo su desarrollo vertical, conformando así, acuíferos que se comportan como libres y constituye el área principal de recarga de la cuenca. La culminación de los conos coincide con un quiebre topográfico del terreno y menor gradiente, dando origen a la disminución granométrica de los sedimentos, que se produce como consecuencia del cambio

de velocidad y pérdida de capacidad de transporte fluvial. En la zona de cambio de pendiente, estos depósitos de sedimentos dan origen a la existencia de niveles impermeables y a la conformación de una extensa área de surgencia, cuyo eje mayor, de dirección noroeste sudeste, es transversal a la dirección de flujo subterráneo.

Figura 18. Área hidrogeológica del Tunuyán Inferior



127. El sector que oficia de límite entre las zonas de acuíferos libres y confinados tiene características hidrogeológicas óptimas para la extracción de agua subterránea, ya que allí se hallan las menores profundidades e inclusive tiene la particularidad de presentar surgencia natural. Además, se caracteriza por tener altos índices de productividad hídrica debido a la elevada permeabilidad de las formaciones acuíferas.

128. En la planicie disminuye la granulometría de los sedimentos, manteniéndose un predominio de arenas sobre los intervalos limo-arcillosos. Las últimas le confieren a los acuíferos características de semiconfinamiento y en algunos casos confinamientos lenticulares locales. Dentro del relleno cuaternario y reciente es imposible diferenciar unidades litoestratigráficas bien definidas, existiendo una alternancia de terrenos de diferente permeabilidad y espesor variable. Las características geológicas e hidrogeológicas hasta aquí señaladas, definen la circulación lateral y vertical del agua subterránea, como así también las áreas de recarga y descarga.

129. Desde el punto de vista fisiográfico, se reconocen dos sectores: el oriental y el occidental. El sector oriental es llano en toda su extensión y está limitado al norte por las Lagunas de Guanacache y río San Juan, al este por el río Desaguadero, al sur por el río Tunuyán y al oeste por el río Mendoza; ocupando unos 12.800 km². El sector occidental, con límite norte coincidente con el límite provincial con San Juan, el río homónimo y las lagunas del Rosario, al este por el río Mendoza, al sur por las lomadas de Lunlunta, La Ventana y Vizcacheras, el arroyo La Estacada y Huayquerías del Tunuyán, y al oeste por la Precordillera; ocupa unos 10.000 km² y presenta una variada constitución fisiográfica integrada en un 55% por cordones montañosos y lomadas, y el resto por la llanura pedemontana y valles del río Mendoza y Tunuyán Inferior. Los abanicos aluviales del río Mendoza y las llanuras de ambos sectores contienen en el subsuelo, importantes reservorios de la cuenca Norte.

130. En el sector occidental precordillerano afloran unidades estratigráficas que abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, mientras que en el resto del mismo y en todo el oriental, sólo se presentan en superficie depósitos cuaternarios del Pleistoceno hasta el Reciente.

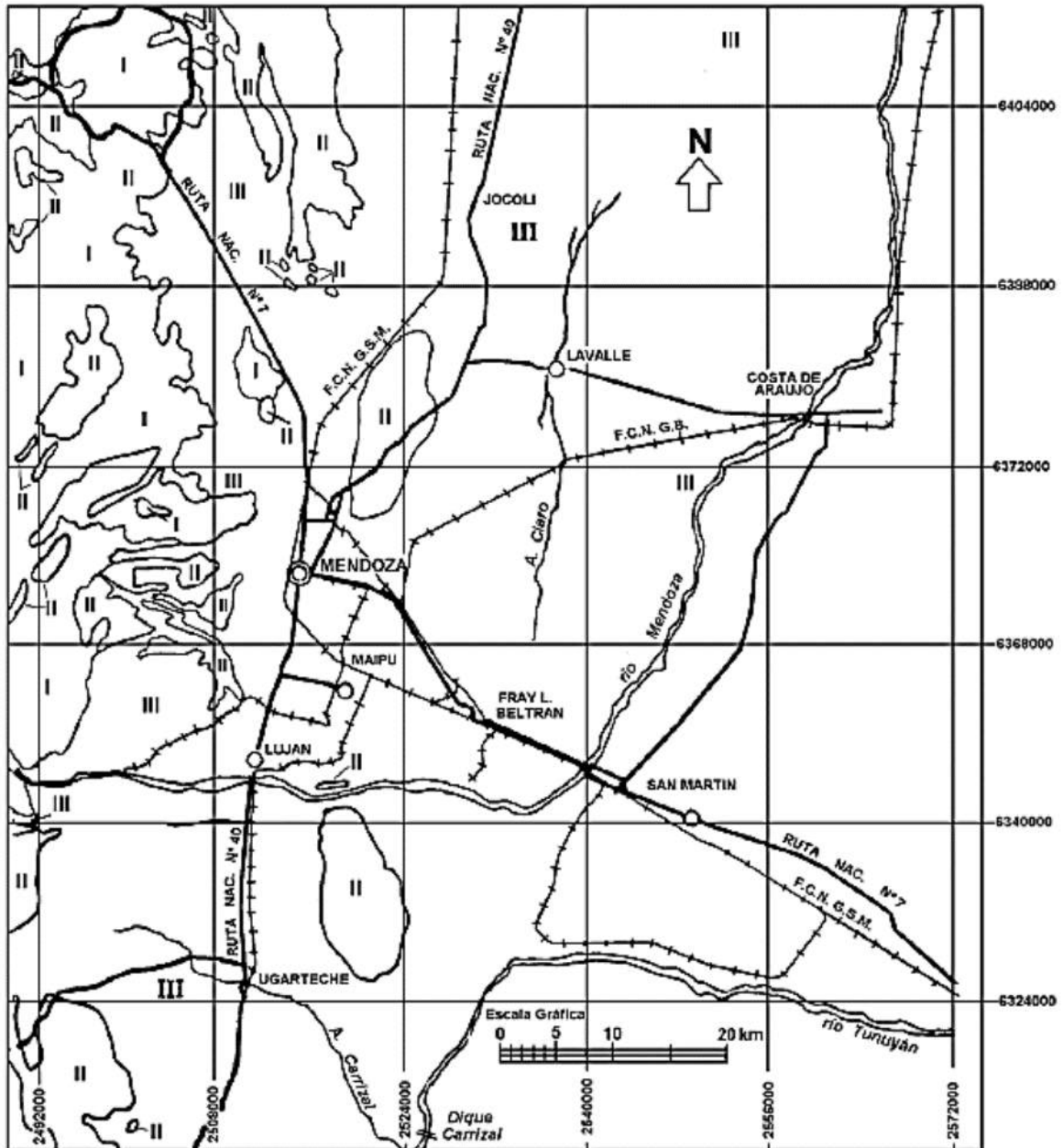
131. Desde el punto de vista Hidrogeológico se reconocen tres unidades (Figura 19): el basamento resistivo, la cubierta sedimentaria impermeable o poco permeable y los sedimentos permeables.

132. El basamento resistivo, incluye a rocas fuertemente consolidadas que por procesos litogénicos han perdido su porosidad primaria, pero localmente pueden presentar permeabilidad secundaria.

133. Se lo considera la base impermeable más profunda del sistema hidrológico subterráneo. Estas rocas afloran en los cordones montañosos precordilleranos y pueden constituir, en algunos sectores, donde contacta con aquellas rocas del cuaternario, la base o el borde impermeable de la cuenca. En el área pedemontana, el basamento resistivo se encuentra a varios miles de metros de profundidad, oculto bajo la base impermeable terciaria.

134. La cubierta sedimentaria impermeable o poco permeable, constituida por rocas de edad Triásica, posiblemente Jurásica o Cretácica y Terciaria, y que por su litología, compactación o consolidación diagenética han perdido la mayor parte de su porosidad original, es considerada como base impermeable de los acuíferos o basamento hidrogeológico. El espesor varía entre 1.000 y 3.500 m, habiéndose determinado los mayores valores en el subsuelo de la llanura pedemontana. Algunas unidades terciarias pueden almacenar y transmitir agua, conformando acuíferos de baja productividad y generalmente de alta salinidad. En afloramientos se presenta como permeable, pero hacia el Este se emplaza exclusivamente en el subsuelo y la disminución granométrica conlleva un descenso marcado en la permeabilidad y un incremento en la salinidad, que desmejoran sus condiciones como acuífero.

Figura 19. Unidades Hidrogeológicas



135. Los sedimentos permeables: constituyen la cuenca hidrogeológica explotada actualmente, se corresponden principalmente con el Cuaternario y en menor medida Terciario superior. Hacia el Este, en la llanura pedemontana, disminuye la granometría, por lo que los rodados pasan a arenas y areniscas finas.

136. Los depósitos cuaternarios y recientes, que yacen en discordancia angular sobre los terciarios y preterciarios en la Precordillera, forman dos niveles de piedemonte de características aterrazadas.

137. En el ámbito de Precordillera se reconoce el primer nivel de piedemonte, constituido por depósitos aterrazados correspondientes al Cuaternario más antiguo, emplazado a altitudes

entre 1.000 y 1.200 msnm en el valle del río Mendoza. Por su parte el segundo nivel de piedemonte está formado por depósitos en parte aterrizados, ubicados entre 800 y 1.000 m de altitud. Ambas unidades poseen elevada porosidad y permeabilidad por lo que pueden actuar como buenos acuíferos, en el caso de estar saturados, o como medios favorables para la circulación vertical (recarga). El espesor máximo de ambos niveles de piedemonte oscila en 100 m.

138. Los depósitos aluviales gruesos y medianos: los primeros están formados por rodados redondeados, provenientes de la remoción del piedemonte y constituyen abanicos y terrazas aluviales modernas. Los depósitos medianos son arenas con gravilla que rellenan los cauces actuales. Ambos depósitos presentan alta permeabilidad y porosidad efectiva, y junto con los niveles de piedemonte, conforman los acuíferos y las vías de recarga más importantes de la región.

139. Depósitos finos: están constituidos por arcillas y limos que forman los barreales y el fondo de las lagunas actuales.

140. Depósitos eólicos: forman los médanos que cubren extensas áreas al este del río Mendoza y constituyen ámbitos favorables para la infiltración.

141. Suelos salinos: formados por sedimentos finos asociados a sales solubles. Son suelos comunes en el sector oriental y en los sitios más alejados de los ámbitos montañosos.

142. Depósitos turbosos: se presentan en la vecindad de la desembocadura del Arroyo Carrizal en el río Tunuyán y están formados por sedimentos con abundante materia orgánica de origen vegetal (restos de plantas hidrófilas), que origina suelos turbosos.

143. En la Figura 20 se representa mediante isopacas, las variaciones en el espesor de los depósitos aluviales que contienen a las formaciones acuíferas a lo largo y ancho de la cuenca sedimentaria. La misma se elaboró en base a la interpretación de sondeos eléctricos verticales y presenta valores de relleno sedimentario importantes, como en el sector de ingreso del río Mendoza a la cuenca a más de 600 m, en las cercanías a más de 900 m y en el departamento de Junín (más de 700 m).

144. En la Figura 21 y la Figura 22 se presentan los perfiles longitudinales cuyos trazados en superficie se pueden visualizar en el mapa de isopacas.

Figura 20. Isopacas - Variación del espesor de depósitos aluviales

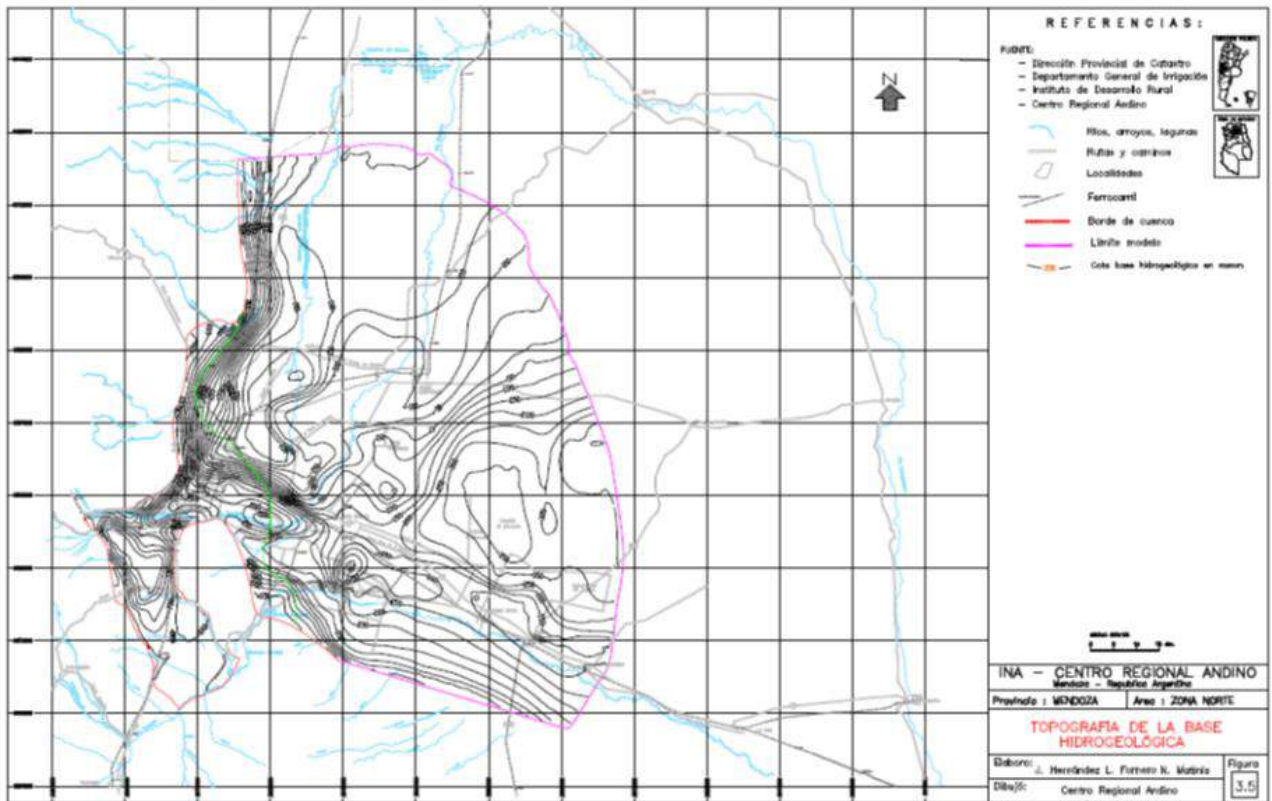


Figura 21. Perfil geológico oeste-este; vista de sur a norte - Mendoza Norte

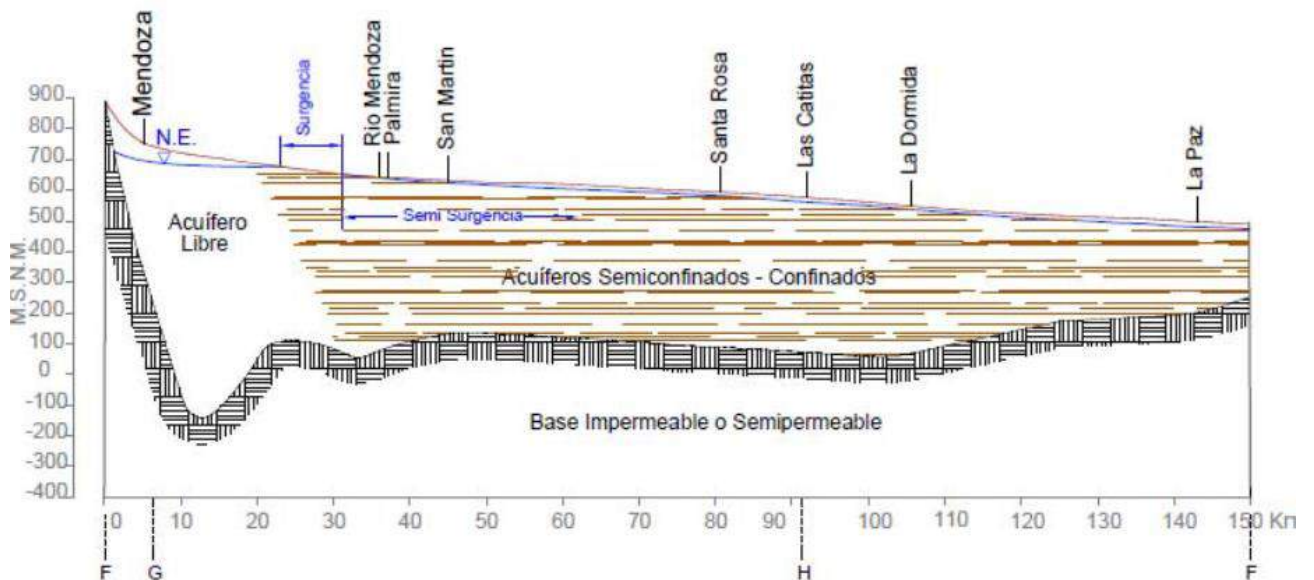
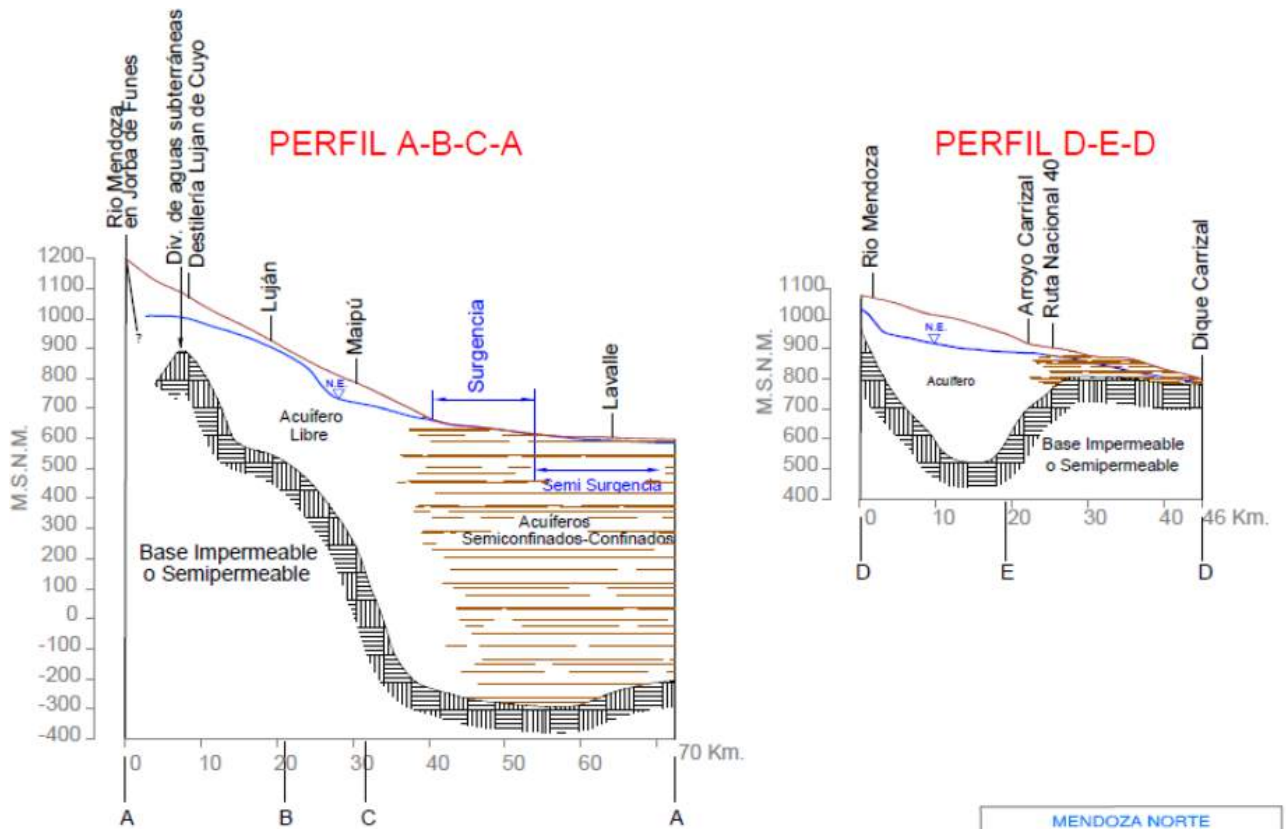


Figura 22. Perfil geológico oeste-este; vista de sur a norte – Mendoza Norte (Cont.)



145. Para definir el funcionamiento hidrogeológico del sistema acuífero, en la cuenca, se pueden distinguir tres zonas:

- ✓ La zona de recarga de acuíferos profundos, ubicada al oeste, rellena con sedimentos gruesos y con valores altos de porosidad y permeabilidad. También se la identifica como área de acuífero libre porque en el subsuelo no hay confinamiento de acuíferos. Allí recargan en la cuenca las infiltraciones que ocurren en los lechos de los ríos, canales y los retornos de riego (percolación en las áreas regadas). El agua subterránea fluye hacia el norte y este, también al sur en la subcuenca El Carrizal, en forma radial hasta alcanzar el límite entre el área de acuífero libre y la zona de acuíferos confinados.
- ✓ La zona de acuíferos confinados/semiconfinados se desarrolla a continuación de la zona libre y se extiende hasta las Lagunas de Guanacache al norte y al este hasta el río Desaguadero. El agua subterránea circula hacia ellos a través de un primer nivel acuífero (freático y libre), el más cercano a la superficie del terreno y de acuíferos semiconfinados y confinados, más profundos. Antiguamente tanto las lagunas como el río mencionados actuaban como colectores y drenes de la cuenca; hoy, salvo años con derrames excepcionales, se encuentran secos. El acuífero freático se halla salinizado y prácticamente casi sin explotación, aun así provee de agua a ganaderos de la zona a través de pozos balde. En esta zona también ocurren infiltraciones en los canales y retornos de riego, pero al mezclarse con el agua salina del primer nivel su calidad se deteriora.

- ✓ La zona de surgencia es una zona de descarga que se encuentra dispuesta hacia el Este, entre el límite de acuífero libre y confinado. El nivel freático se localiza muy cercano a la superficie del terreno y los pozos construidos hasta 80 metros de profundidad, también artesianos, erogan agua sin requerir equipos de bombeo, dado que sus niveles piezométricos o hidráulicos se encuentran por encima de la superficie del terreno. Esta zona abarca aproximadamente 250 km² cuando la recarga de los acuíferos ha sido importante y disminuye hasta 180 km² en periodos pobres.

146. Los acuíferos de la cuenca Norte constituyen una sola masa de agua en toda la extensión de la cuenca. El movimiento del agua subterránea se produce desde los puntos de ingreso del agua a la cuenca: desde Cacheuta en el río Mendoza y desde la descarga del embalse El Carrizal en el caso del río Tunuyán.

147. Los sentidos dominantes del flujo subterráneo son: hacia el Noreste, Este y Sudeste, a partir del ápice hidráulico generado por la recarga en el lecho del río Mendoza, cuando éste ingresa en la cuenca (Figura 27). Las mayores cotas piezométricas superan 910 msnm en el extremo occidental del abanico aluvial y las menores, llegan a 470 m en el borde oriental del mismo.

148. En el caso del río Tunuyán, desde el dique Carrizal el movimiento se produce hacia el Norte, Noreste y Este. El gradiente hidráulico es en sentido Este (llanura) de característica uniforme y oscila cerca del 0,17% al SO del anticlinal de Barrancas – Lulunta.

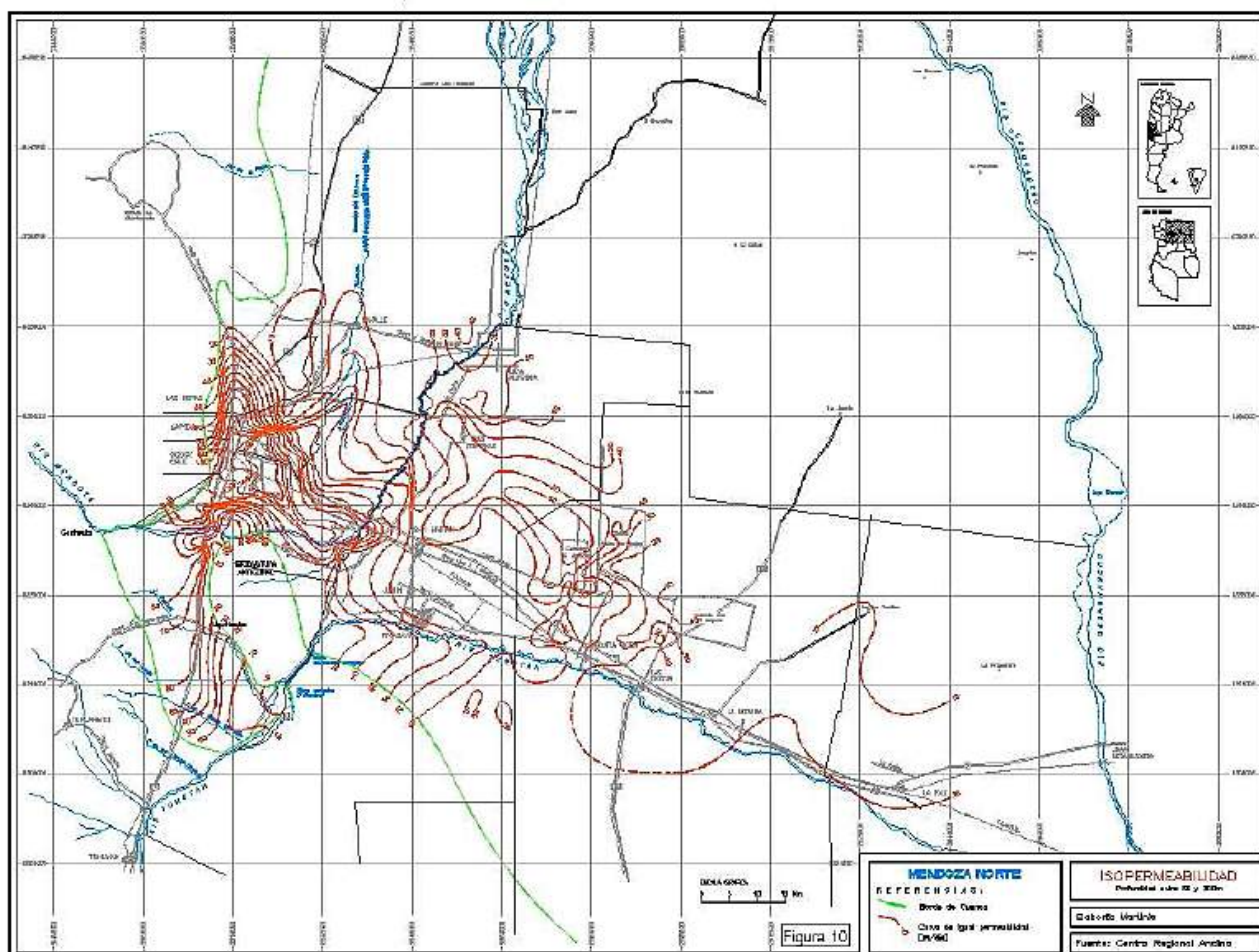
149. La profundidad del agua subterránea, varía entre más de 160 m al Oeste de Luján de Cuyo y 0 metros en la vecindad de Palmira (Figura 23). La línea de isoprofundidad de 0 metros, se prolonga hacia el NO de dicha localidad y limita un ámbito de surgencia con niveles superiores a +5 m por encima del terreno. Todo ello en la zona de transición de acuífero libre al SO y semiconfinados a confinados al NE.

150. 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 uno semiconfinado, inciden ambos procesos.

151. La permeabilidad o conductividad hidráulica, obtenida mediante ensayos de bombeo (027), varía en el sentido de flujo del agua subterránea y acorde con los procesos de sedimentación con valores máximos de 100 m/d en los alrededores de Luján de Cuyo, 150 m/d en la parte media del abanico aluvial del río Mendoza, y 60m/d al Norte de San Martín

y Santa Rosa. Los valores más bajos de 10 m/d corresponden al Sur del Valle de Carrizal, Norte del departamento Las Heras y Este del Departamento La Paz.

Figura 23. Isopermeabilidad - Mendoza Norte



152. El coeficiente de almacenamiento, obtenido mediante ensayos de bombeo en la llanura, varía desde 30×10^{-4} a 1×10^{-4} . El coeficiente de percolación, obtenido mediante ensayos de bombeo en la llanura, varía desde 1×10^{-4} a $40 \times 10^{-4} \times 1/d$.

153. Las velocidades de flujo horizontal, se estiman considerando los gradientes hidráulicos y las permeabilidades en las direcciones de flujo. Hacia la zona de Lavalle-Costa de Araujo los valores obtenidos disminuyen a valores de 0,012 m/d. Hacia el este, en la llanura, al Norte de San Martín y Santa Rosa es de 0,1 m/d. En La Dormida y La Paz disminuye a 0,02 m/d.

3.6.3 ANÁLISIS DE LA OFERTA SUBTERRÁNEA

154. El antecedente más relevante de la oferta de agua subterránea para la zona, fue calculado para toda la extensión de la cuenca norte por el INA en el modelo hidrogeológico corrido en el año 2012, el cual expresa que, el recurso renovable disponible es el volumen de agua anual promedio sobre el que debe planificarse su uso y es el que se recarga por todo concepto a la cuenca de aguas subterráneas oscilando en los 700 hm^3 año en la zona de acuífero libre.

155. Además, agrega que las reservas funcionan como un embalse natural que regulado en forma estacional e interanual. El volumen de agua total almacenada en los depósitos aluviales de ambos ríos se estima en función del producto entre la extensión (22.800 km²), el espesor saturado asumido de 150 m y el coeficiente de almacenamiento 0,08, arribando a un valor de 275.000 hm³.

156. Esta estimación incluye tanto el contenido del acuífero libre como el de los acuíferos semiconfinados y confinados en toda su extensión. Por último, bajo el área cultivada y hasta unos 150 metros de espesor saturado, el almacenamiento se calcula en unos 30.000 hm³.

3.6.4 MODELACIÓN DE LA OFERTA SUBTERRÁNEA

157. El agua subterránea se representa en el modelo WEAP por medio de zonas homogéneas que han sido definidas mediante un comportamiento similar para ciertos parámetros hidráulicos: a) isoprofundidad (curvas de igual profundidad); b) isopiezas absolutas (de igual cota de agua) y c) isosalinidad (curvas de igual conductividad eléctrica, basadas en análisis químicos).

158. Se trabaja con el postulado de que estas zonas homogéneas están vinculadas a las unidades administrativas de manejo (UAM), ya que es donde se extrae agua subterránea mediante pozos con bombeo y también es el destino de la infiltración por eficiencia de riego. En la Figura 24 se observa el fragmento del acuífero que es evaluado y que se encuentra vinculado con las UAM, el cual fue a su vez segmentado en 4 zonas homogéneas que se observan en la misma figura, indicadas como zonas 1, 2, 3 y 4.

3.6.5 RECARGA DE LOS ACUÍFEROS DEFINIDOS

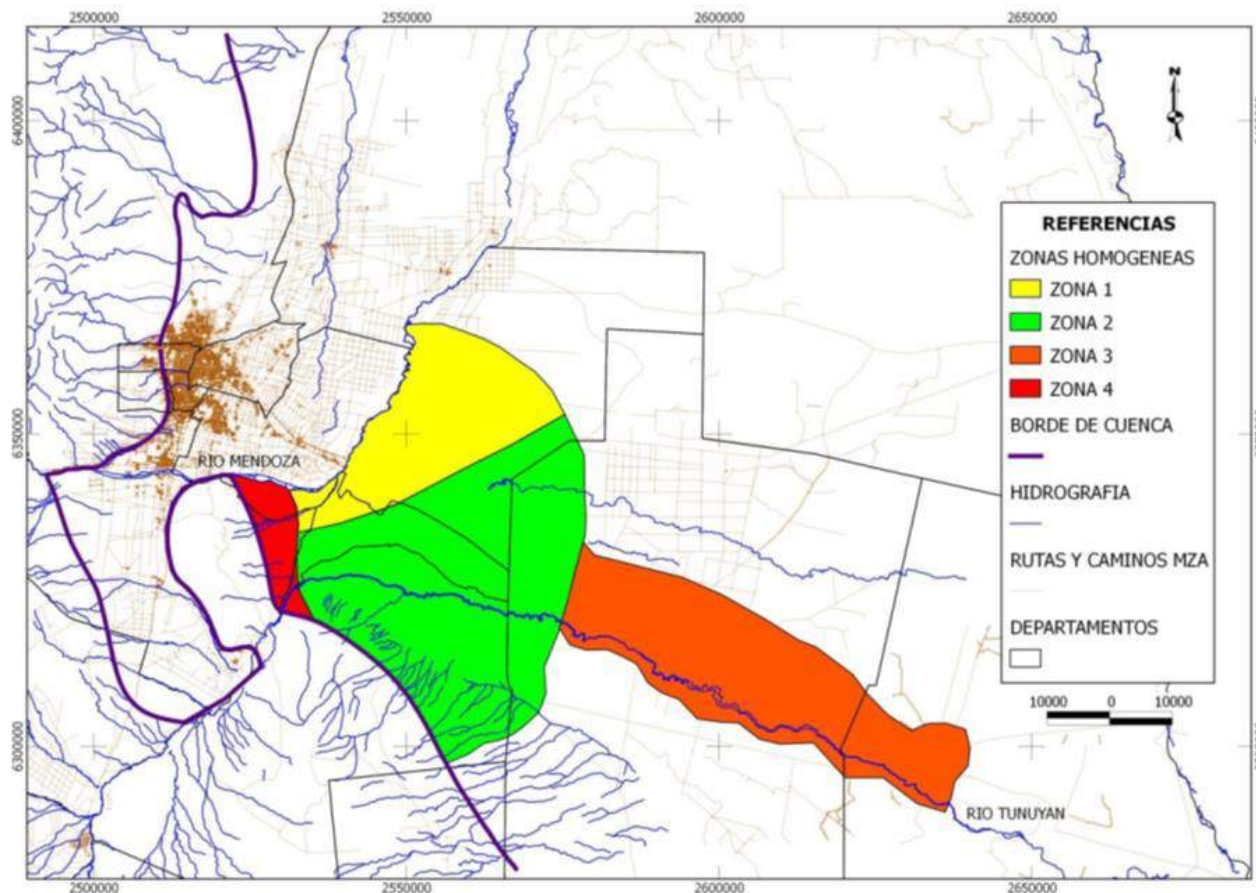
159. La alimentación de los acuíferos de la cuenca Norte se produce, fundamentalmente, por infiltraciones de agua desde la superficie del área que abarca. Las mismas son producto de acciones externas, como fenómenos naturales (lluvia) o la infiltración a través de los lechos de los ríos y de las actividades antrópicas como las ineficiencias del riego y de conducción en canales y tuberías.

160. Dentro de las acciones externas cuyas dimensiones debieron estimarse y que aplican sobre la zona de estudio (en proporción según sea el caso, en área de estudio original y actual), son la Infiltración de agua en el río Mendoza, en canales de riego, en el río Tunuyán tramo inferior, el agua por percolación en parcelas regadas y la infiltración en áreas urbanas.

161. Históricamente se ha estimado la importancia relativa de cada fuente de recarga en forma de porcentaje, la que indica que, tanto en toda la cuenca como para el área de aplicación de zonas homogéneas, la percolación producto del riego explica un 55,1 % y la

infiltración en los canales derivadores un 17,4%. Por su parte, un 6,8 % corresponde a la recarga que aporta el tramo inferior del río Tunuyán para el caso de la cuenca Norte.

Figura 24. Zonas homogéneas vinculadas a las UAM



162. Mediante la aplicación de técnicas de sistema de información geográfica (SIG) y teledetección, vinculadas a la base de datos con el registro de perforaciones declaradas que tiene el DGI, se ha determinado un valor de referencia para la estimación del caudal bombeado del acuífero. El valor obtenido es aproximadamente de 350 hm³/año, para las cuatro zonas segmentadas en la modelación WEAP, lo que resulta comparable, en proporción, al establecido por el INA de 700 hm³/año para toda la Cuenca Norte.

163. Cabe mencionar que este valor de referencia está condicionado al funcionamiento efectivo de las perforaciones de la zona, por lo cual estos valores pueden estar sobre o sub estimados, pero resultan la estimación más precisa que se ha podido lograr hasta el momento con la información disponible. Además, la utilización del agua subterránea ha variado significativamente con la ocurrencia de años húmedos, medios y secos, como los que se han presentado en la última década.

3.7 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

164. Para el cálculo de la demanda se han realizado los siguientes pasos: en primer lugar, se identifican los usos del suelo de toda la zona de estudio, luego se calcula la demanda neta

para cada tipo de cultivo de referencia, luego, se incrementa la demanda neta por los valores de eficiencia tanto de aplicación en finca (de riego) como de conducción en la red de distribución, obteniendo de esta manera la demanda bruta que deberían cubrir las dotaciones de riego.

165. Bajo la consideración de que entre el agua subterránea y superficial hay interacciones que no pueden ser omitidas, en forma complementaria se han calculado las demandas en todas las unidades de manejo (de uso subterráneo y de uso conjunto), como así también la oferta subterránea.

166. Es de destacar que para el caso de las UAM de uso conjunto se consideró que el bombeo de aguas subterránea sólo se realiza en aquellas parcelas que poseen perforación y que el agua extraída se utiliza para satisfacer los déficits que se pudieran producir por escasa oferta de agua superficial en esas parcelas.

167. Para las UAM que se abastecen exclusivamente de agua subterránea, se consideró que la extracción es la necesaria para cubrir la demanda bruta de los cultivos.

3.7.1 USOS DEL SUELO

168. Para la definición de los usos del suelo en la primera edición del Balance Hídrico del Tunuyán Inferior (2015), se realizó una comparación entre la interpretación visual de imágenes Quick Bird e imágenes satelitales bajo la plataforma Google Earth.

169. Para el presente análisis de actualización del balance hídrico se utilizó y desarrollo una nueva metodología. Ampliamente utilizada, Google Earth Engine (GEE), se presenta como una herramienta versátil y ágil para la definición de los usos del suelo, permitiendo acortar los tiempos de determinación, lo que implica la posibilidad de actualizar los balances hídricos con mayor frecuencia que la actual.

170. Bajo el marco un convenio firmado con el INTA, se realizó una capacitación y un desarrollo de la herramienta a nivel local. En este desarrollo participaron diferentes Instituciones que aportaron con trabajo en el desarrollo y fueron claves para poder llegar a obtener una herramienta útil y aplicable. Las instituciones participantes fueron INTA, IDR, DCC, CONICET, FCA y DGI.

171. Cada una de ellas aportó con su expertise y trabajo, logrando que esta herramienta sea aplicable a los fines de cada una de estas organizaciones.

172. Esta metodología se basa en el análisis radiométrico de imágenes satelitales Landsat o Sentinel. GEE permite el desarrollo local de algoritmos y *firmas espectrales* que describen a

las coberturas de suelo por zonas. Cada una de estas zonas posee su firma espectral para cada tipo de uso. Esto se debe a que cada zona presenta características diferentes, principalmente en el desarrollo vegetativo, lo que hace que un uso del suelo se exprese espectralmente diferente en cada una. Esto permite una adecuación más ajustada de la metodología para identificar los usos.

173. Como resultado, se obtiene un mapa de los diferentes usos del suelo, que, al superponerse con las parcelas y derechos, se obtienen los usos del suelo por derecho de riego.

174. El análisis de las imágenes y su procesamiento permitió obtener la célula de cultivo por unidad administrativa de manejo. Por otra parte, se ha realizado una relación de cada polígono interpretado con la parcela catastral correspondiente, lo que permite obtener, finca por finca, relaciones de uso del derecho respecto de cultivos, con distinta escala de agregación. También permitió realizar intervalos de clase para obtener el grado de utilización de derechos de riego, consiguiendo un muy buen nivel de detalle en la clasificación de usos del suelo.

175. Los resultados son fundamentales para la evaluación de usos empadronados y como contraste del grado de satisfacción de las demandas agrícolas calculadas con el Modelo WEAP.

176. Los usos agrícolas del suelo que se determinaron a través de la interpretación por GEE fueron: vid, frutales, hortícolas, forestales, pasturas y suelo descubierto.

177. Una validación a campo de los resultados obtenidos con GEE dio como conclusión una exactitud del método superior al 85 % en cada una de las zonas establecidas para la técnica de interpretación de los usos del suelo. Ver Figura 25.

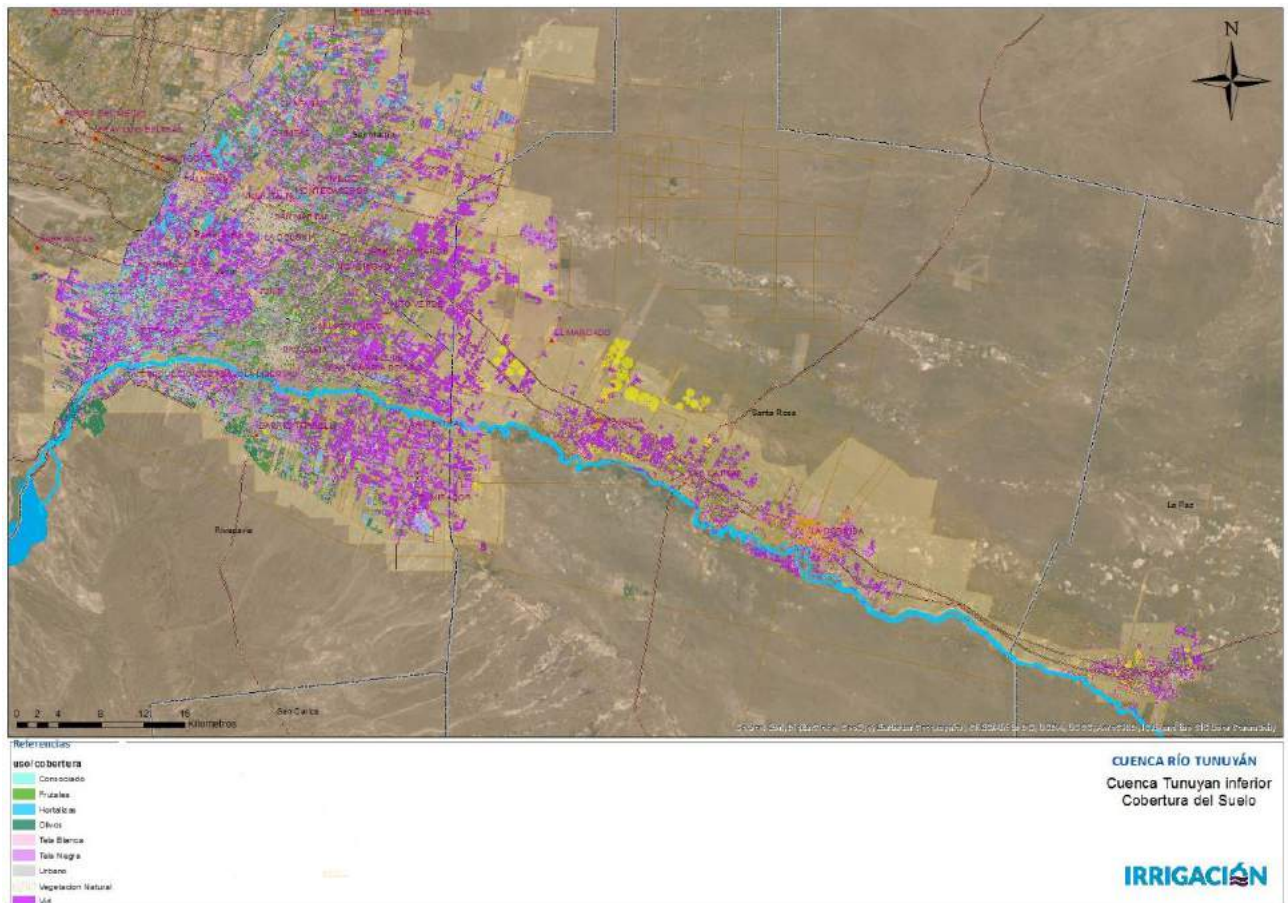
178. De la misma manera, se relacionó toda esta información obtenida con la base registral de las perforaciones de agua subterránea, teniendo la posibilidad de relacionar los usos del suelo con las perforaciones existentes; como así también con los derechos sobre aguas superficiales.

179. La metodología de la validación se basó en la realización de una matriz de confusión donde se comparan los usos constatados a campo con lo que resulta de las interpretaciones del GEE.

Caracterización de la matriz agrícola

180. Para la determinación de la demanda por unidad de manejo, es necesario establecer la célula de cultivos en cada UAM. En este ítem se desarrolla la metodología utilizada para su estimación, a partir de la información obtenida, su actualización y validación a campo.

Figura 25. Usos actuales del Suelo según Google Earth Engine



181. Las células de cultivo son muy dispares entre las UAM, como se aprecia en la Figura 26, la que permite visualizar el predominio de vid y frutales. También se advierten las unidades de manejo donde las hortalizas, por un lado, y los olivos por otro, adquieren mayor importancia relativa en cuanto a superficie cultivada.

Caracterización de los Usos No Agrícolas

182. Como se mencionó en el capítulo correspondiente al padrón de aguas superficiales, el 97,8% del recurso está destinado a la agricultura.

183. El uso público que se ha identificado es el riego del arbolado público (1,2%) de los distintos centros urbanos. Los usos recreativos están dedicados al riego de parques y jardines (1,0%), de modo tal que los empadronamientos dedicados al riego suman más del 100%.

184. Los abastecimientos de población de aguas se surten de perforaciones administradas por diferentes operadores.

Figura 26. Células de Cultivo de unidades de manejo con agua superficial

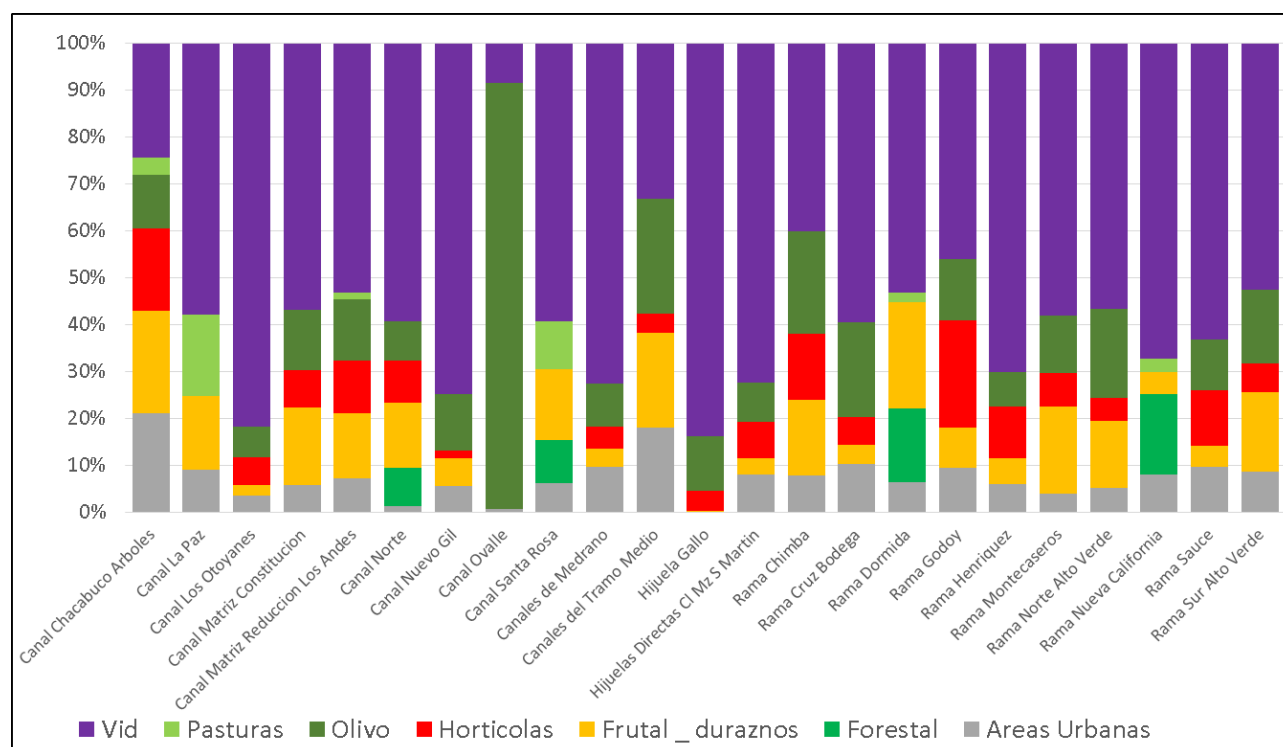


Tabla 10 Superficie Empadronada por Usos

Tipo de Uso	Superficie Empadronada
Abastecimiento Población	0.0%
Agrícola	97.8%
Industrial	0.0%
Minería y Petróleo	0.0%
Recreativo	1.0%
Uso Publico	1.2%
Total general	100%

3.7.2 DEMANDA NETA

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

186. Para su determinación, en primer lugar, se calcula la evapotranspiración de referencia (ET_0) de la región en la que se está trabajando a partir de la información agroclimática disponible (temperaturas del aire máxima, media y mínima; humedad relativa, máxima, media y mínima; velocidad del viento; radiación solar y precipitaciones).

187. Luego, para determinar la necesidad de cada cultivo para cumplir con su ciclo vital (demanda neta), se afecta el valor de la evaporación de referencia zonal por un coeficiente de cultivo (k_c), que es específico para cada especie y tipo de plantación y conducción. La

determinación de la evapotranspiración de referencia fue realizada a partir de la metodología de FAO en su Manual n° 56 (Estudio FAO Riego y Drenaje, Evapotranspiración del Cultivo).

188. Los coeficientes de cultivo (kc) y demás parámetros de cultivo (ciclo, fechas fenológicas, tipo de suelo) fueron ajustados para cada zona mediante ensayos locales y bibliografía consultada (FCA UNCuyo, INTA La Consulta e INTA Luján de Cuyo). Todos estos cálculos se han realizado con la ayuda del software ETo Calculator, siendo posteriormente cargados como input al modelo, construido en el software WEAP.

189. Las demandas netas de todas y cada una de las UAM, han sido obtenidas teniendo en cuenta la superficie empadronada, el porcentaje de la misma que se encuentra cultivada, el origen del recurso hídrico que se utiliza (superficial, reúso, subterráneo, etc.), el coeficiente de distribución según la categoría de derecho que dispone el empadronamiento y la demanda neta de los cultivos que existen en la unidad.

190. Cabe aclarar que, en las UAM de uso de aguas subterráneas exclusivo, se han tenido en cuenta los tipos de cultivos, y se calcularon las demandas netas en finca. Se establecieron 8 tipos de usos representativos de la zona de estudio (Tabla 11).

191. Finalmente, se multiplica la demanda neta de cada tipo de uso por la superficie detectada en las Unidades de Manejo de esos usos.

Tabla 11 Usos del suelo determinados

USO	CULTIVO DE REFERENCIA
Abandonado Antiguo	
Áreas Urbanas	álamo
Forestal	álamo
Frutal	duraznero
Hortícolas	tomate
Olivo	olivo
Pasturas	alfalfa
Vid	vid

Características agroclimáticas

192. En el presente apartado se trata la temática de características agroclimáticas de la cuenca del Tunuyán, tramo Inferior. Son aquellas variables que permiten el cálculo de las necesidades de riego a partir de la evapotranspiración.

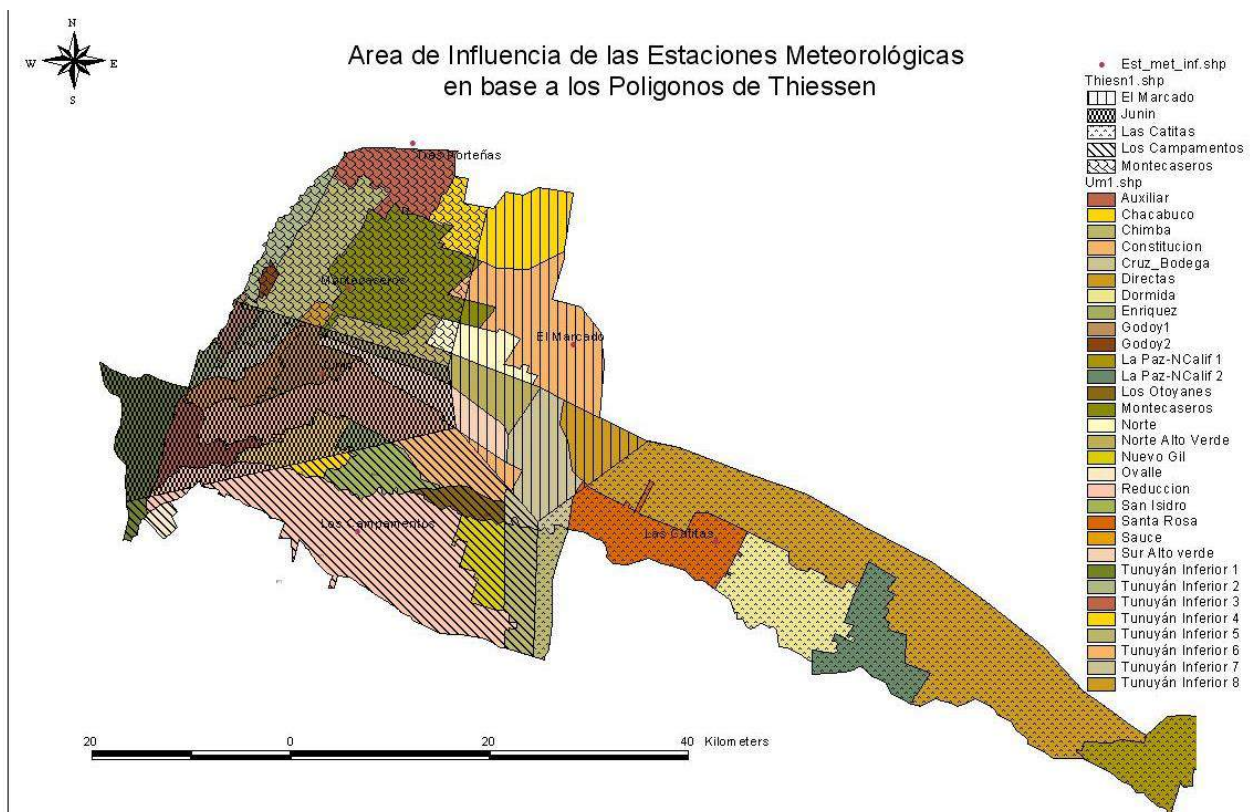
193. Como componente fundamental del balance hídrico, se procedió al procesamiento de datos agroclimáticos a los fines de ser utilizado en tres aspectos fundamentales:

- a) Determinación de áreas de influencia agroclimática de las estaciones meteorológicas.
- b) Caracterización agroclimática de la cuenca en estudio.
- c) Determinación de las necesidades de riego de los cultivos.

194. El procesamiento de la información agroclimática de las seis estaciones meteorológicas de la Dirección Contingencias Climáticas (DCC), con las series de las variables climáticas de los últimos 20 años, proporciona la cobertura adecuada para el cálculo de demanda correspondiente a la subcuenca del Río Tunuyán Inferior. Las estaciones son: El Mercado, Junín, Las Catitas, Los Campamentos, Montecaseros y Tres Porteñas.

195. En la Figura 27, se muestran los polígonos de Thiessen correspondientes a las distintas estaciones meteorológicas, que configuran el área de influencia de cada una, y las UAM como fondo de mapa.

Figura 27. Polígonos de Thiessen sobre UAM



196. A cada unidad de manejo se le asignó su caracterización climática, que proviene de la intercepción de cada polígono de influencia meteorológica con la superficie que representa cada UAM para luego prorratear los datos de clima para cada una de ellas.

197. El resultado es que cada UM tiene su propia caracterización climática. La información gráfica obtenida con el software ArcGis es utilizada luego como otro dato de entrada para el modelo WEAP. En dicho modelo, los años incorporados en esta actualización se utilizan también para la validación del modelo.

198. En el proceso de actualización se mantuvieron los polígonos establecidos y se actualizaron las series de datos de las estaciones que caracterizan a cada polígono.

199. A continuación, se detallan los principales pasos seguidos para el procesamiento de los nuevos datos para anexarlos a la información anterior:

- a) Conversión del formato origen de datos a planilla de cálculo MS Excel.
- b) Ordenamiento de los datos por fecha y variable.
- c) Depuración de años, meses y días faltantes. A tal efecto se descartaron años con menos de 250 días de datos y meses con menos de 25 días de datos, puesto que se ha tomado como límite admisible para efectuar relleno de datos faltantes por interpolación y ajuste aritmético.
- d) Determinación del rango de datos útiles. Esto implica seleccionar del periodo de datos existentes, cuál es aquel que cuenta con series completas o con un mínimo de datos a completar.
- e) Graficación 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).
- f) Eliminación de “outliers” o datos fuera de rango, mediante el análisis de los gráficos obtenidos. Estos se generan por déficit en la carga de la base de datos, o por errores del instrumental de medición.
- g) Confección de base depurada de trabajo.
- h) Representación de resúmenes de datos a través de tablas dinámicas.
- i) Procesamiento de la información obtenida.

Evapotranspiración del Cultivo de Referencia

200. La metodología de FAO aconseja la utilización de la fórmula de Penman-Monteith para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o). En 1948, Penman combinó el balance energético con el método de transporte de masa y derivó una ecuación para calcular la evaporación de una superficie libre de agua, a partir de registros climatológicos normalizados de heliofanía, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Esto se llamó *método combinado* y fue luego desarrollado por numerosos investigadores, quienes la aplican a superficies de cultivos mediante la introducción de factores de resistencia.

201. A los efectos de la determinación de la Evapotranspiración del Cultivo de referencia (ET_0) se procedió a ejecutar el software de modelación de ET_0 por el método de Penman-Monteith.

202. El software utilizado fue “ETo Calculator v3.2” diseñado y provisto por FAO. Utiliza como inputs los datos de las estaciones meteorológicas con frecuencias diarias para el período 2000-2018. En la Tabla 12 se presentan los valores obtenidos.

203. En Figura 28 se observa la consistencia de datos y la correlación que existe entre las series, presentando muy poca variabilidad por tratarse de estaciones cercanas, lo cual permite estimar que son datos confiables para análisis posteriores.

Necesidades de riego

204. Cuando se riega un cultivo, se intenta reponer el agua que ha consumido desde el último riego. Esa cantidad depende tanto de las propiedades físicas del suelo como de la velocidad de consumo del agua. Cuando se realiza un evento de riego, el agua tiene dos destinos:

- 1) Aquella que queda retenida en la profundidad útil del suelo, hasta alcanzar la *capacidad de campo* (W_c) y es factible de ser absorbida por las raíces de las plantas. Esta agua se consume a través de:
 - a. transpiración por parte de la planta, y
 - b. evaporación del suelo a la atmósfera.
- 2) Aquella que se “pierde” por percolación profunda, por debajo de la profundidad explorada por las raíces absorbentes de la planta, y por escurrimiento superficial al pie del cultivo o por fuera de la unidad de riego.

205. La primera corresponde a la evapotranspiración del cultivo. La segunda se considera en la determinación de la eficiencia de riego parcelaria para obtener la demanda bruta de los cultivos y en las necesidades culturales como el lavado de suelo y balance salino

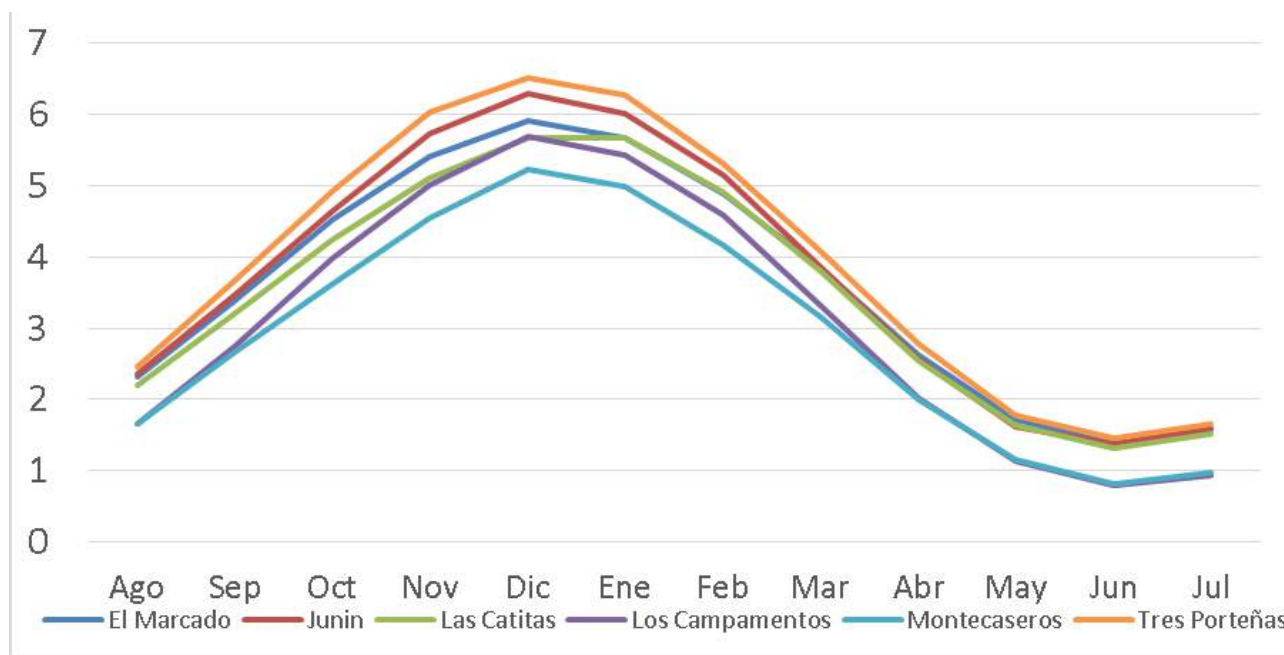
206. Siguiendo la metodología que se ha aplicado en trabajos antecedentes, se estima la demanda por unidad de manejo, con sus características agroclimáticas, aplicada a su célula de cultivos y referida a su superficie empadronada. Con ello se pretende responder al objetivo de establecer la cantidad de agua que corresponde a cada hectárea, según la naturaleza del terreno y la clase de cultivos existentes.

207. A partir de los datos meteorológicos procesados de la DACC se obtuvo la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ET_0) para las cinco estaciones (Tabla 12 y Figura 28).

Tabla 12 Evapotranspiración de referencia (mm)

Mes	El Mercado	Junín	Las Catitas	Los Campamentos	Montecaseros	Tres Porteñas
Ago	2,3	2,4	2,2	1,7	1,7	2,5
Sep	3,4	3,5	3,2	2,7	2,7	3,7
Oct	4,5	4,6	4,2	4,0	3,6	4,9
Nov	5,4	5,7	5,1	5,0	4,6	6,0
Dic	5,9	6,3	5,7	5,7	5,2	6,5
Ene	5,7	6,0	5,7	5,4	5,0	6,3
Feb	4,9	5,1	4,9	4,6	4,2	5,3
Mar	3,8	3,9	3,8	3,3	3,2	4,1
Abr	2,6	2,6	2,5	2,0	2,0	2,8
May	1,7	1,6	1,6	1,1	1,2	1,8
Jun	1,4	1,4	1,3	0,8	0,8	1,5
Jul	1,6	1,6	1,5	0,9	1,0	1,6
Promedio general	3,6	3,7	3,5	3,1	2,9	3,9

Figura 28. Evapotranspiración mensual Eto (mm)



208. En el balance hídrico anterior (2015), se redefinieron los siguientes usos del suelo: Vid, Frutal, Forestal, Hortícola, Pasturas y Suelo Descubierto.

209. En la presente actualización se ha utilizado una nueva herramienta de identificación (GEE), la que es capaz de distinguir la tela antigranizo negra y blanca. Estas dos nuevas identificaciones se las ha redistribuido como cultivos de vid o frutal, respectivamente, gracias a una validación de campo.

210. También se han identificado y definido otras clases de coberturas de suelo que se han filtrado para el análisis del balance, ya que corresponden a áreas sin derecho de riego o concesión de agua subterránea. Estas corresponden a vegetación de ribera, vegetación natural, zona urbana y agua.

211. Cada una de estas clases de usos de suelo responde a un cultivo de referencia para obtener sus correspondientes demandas.

212. En particular, las categorías de interés de acuerdo con las células de cultivo correspondientes son las siguientes:

- ✓ Vid: se incluyen los cultivos de vid para vinificar y para consumo en fresco, conducidos en espaldero o en parral. Además, se suma la superficie correspondiente a la clase “tela negra”, ya que se ha validado la misma como vid en su gran mayoría.
- ✓ Frutales: se tomó como cultivo referencial al duraznero por ser el de mayor superficie cultivada. Además, se suma la superficie correspondiente a la clase “tela blanca”, ya que se ha validado la misma como frutal en su gran mayoría.
- ✓ Hortalizas: se definió como hortaliza de verano al tomate. Como cultivo de invierno se consideró al ajo, cuya inclusión está considerada en la categoría “siembra” en el Balance Hídrico (edición 2013-2014). En la presente actualización, para caracterizar estas parcelas como hortícola, el método compara la firma espectral que muestra esa parcela es todas las imágenes satelitales legibles a lo largo del año y si en parte de ellas esta firma coincide con la de cultivo hortícola, la parcela se clasifica como hortícola. Esto es ya que el terreno no está cubierto todo el año con este cultivo, y por lo tanto, se puede incurrir en un error si se considera sólo una imagen dependiendo de la época de la misma.
- ✓ Forestales: se consideró al álamo como la especie representativa.
- ✓ Suelo descubierto: son aquellas propiedades sin cultivo permanente, se las considera sin consumo y por lo tanto se considera que no tienen demanda. Son suelos que no poseen cultivo por alguna razón como ser abandono, rotación de cultivos, callejones, zonas de maniobras en fincas, casas y galpones, etc.
- ✓ Abandonado Reciente: son terrenos sistematizados para riego que se detectan incultos a la fecha del análisis y durante un corto período de tiempo. En algunos casos se ha detectado como rotación de cultivos hortícolas.
- ✓ Abandonado Antiguo: son terrenos sistematizados para riego que presentan evidencia de largos períodos de tiempo sin cultivos.

213. El criterio principal para definir los cultivos referenciales en frutales y hortalizas ha sido su relevancia en cuanto a la superficie cultivada, con los datos obtenidos de los relevamientos hortícolas y frutícolas llevados a cabo por el IDR en 2011 y 2012. Esta información ha sido corroborada a campo por el equipo técnico del Departamento General de Irrigación.

214. La secuencia de trabajo es la siguiente:

1. Determinación de la Evapotranspiración de Referencia (ETo) para cada estación agrometeorológica a través del software ETo Calculator.
2. Determinación de los parámetros de cultivo necesarios para la carga del software Eto Calculator (FAO) y sus correspondientes coeficientes de cultivo (kc). Esta información comprende datos como fecha de inicio del cultivo; duración de las etapas fenológicas de inicio, desarrollo, medio y final de ciclo. Esta información fue obtenida a partir de experiencias locales provista por el INA y FCA UNCuyo.
3. Carga de los datos de precipitación y determinación de la precipitación efectiva. Se tomó como valor para el cálculo de la precipitación efectiva el 80% de la precipitación bruta.
4. Caracterización de los parámetros de suelo medio para la carga en CROPWAT. A tal efecto se utilizó un trabajo encargado a la Facultad de Ciencias Agrarias que concluyó en el Mapa de aptitud de suelos con fines de riego. Se obtuvo un valor promedio de los suelos para la zona en estudio y dicho valor fue incorporado al modelo.
5. Determinación de la Evapotranspiración de Cultivo (Etc) por estación a partir de la ecuación:

$$Etc = Eto * kc$$

Donde:

Etc: evapotranspiración del cultivo

Eto: evapotranspiración del cultivo de referencia

Kc: coeficiente de cultivo

6. Determinación de las necesidades netas de riego de los cultivos a partir de la ecuación:

$$NRn = Etc * Pef$$

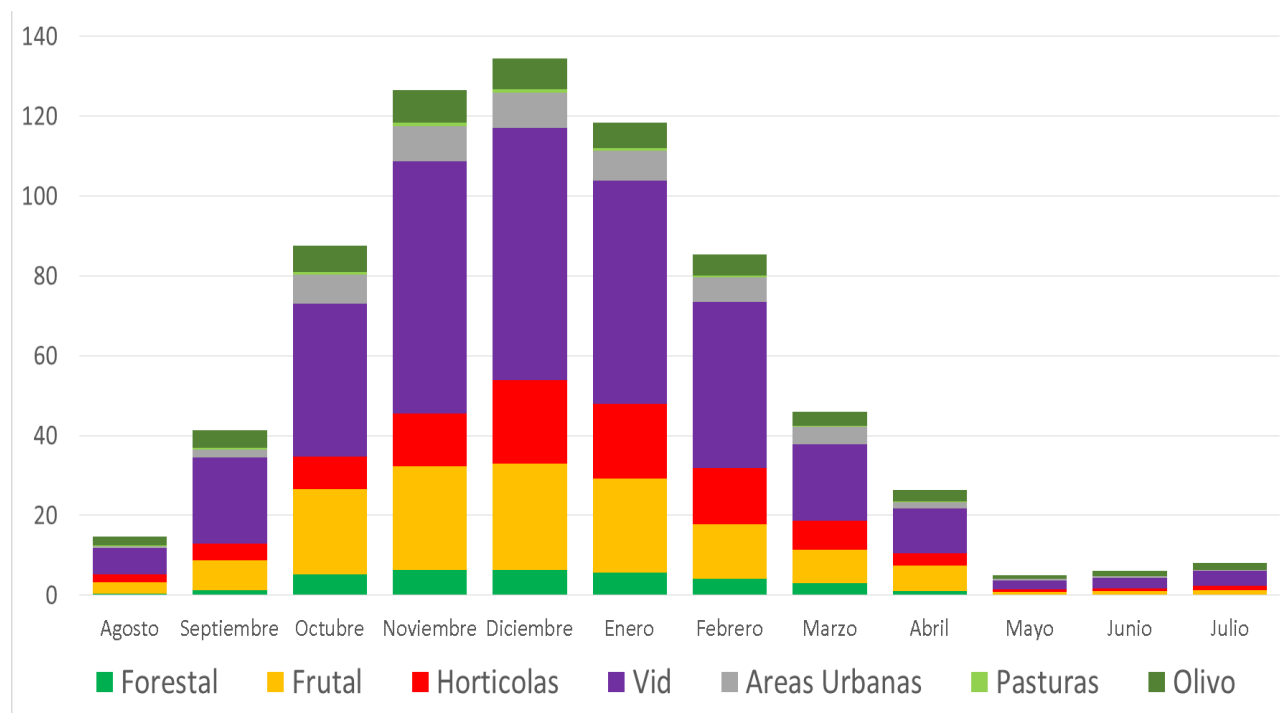
Donde:

NRn: necesidad de riego neta

Pef: precipitación efectiva agronómica

215. Los resultados se muestran en la Figura 29.

Figura 29. Demanda neta por Tipo de Uso



216. Es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La información obtenida en cuanto a necesidades de riego representa un promedio para cada unidad de manejo.
- A partir de la metodología propuesta, y contrastado con datos de otras experiencias locales, se procedió a la determinación de las necesidades netas de los principales tipos de cultivo de este oasis perteneciente a la subcuenca del Río Tunuyán Inferior.

217. Las necesidades de riego obtenidas representan valores de Demanda Neta, es decir, no tienen en cuenta las eficiencias de aplicación, los factores limitantes de suelo y agua (ej. salinidad, tipo de suelo, etc.) ni los usos culturales del agua para riego.

3.7.3 DEMANDA BRUTA

218. Se entiende por Demanda Bruta a la cantidad real de agua demandada para abastecer las necesidades totales de riego de los cultivos y usos culturales. En su cálculo intervienen la Demanda Neta (necesidad real de riego de los cultivos entendida como lo que consume el

cultivo), la eficiencia global del sistema (producto de las eficiencias de conducción y aplicación) y los usos culturales del agua.

219. De estos conceptos se desprende que la demanda bruta es mayor a la demanda neta ya que la cantidad de agua realmente demandada por los cultivos, se ve incrementada por efecto de la falta de eficiencia y de otros usos culturales del agua (lavado de suelos, defensa contra heladas, abonados, etc.). Esta demanda bruta refleja la necesidad real de riego que debe ser entregada a los cultivos.

220. Para el cálculo de la demanda bruta de los cultivos en general y de otros usos considerados, en la modelación de toda la cuenca se han adoptado los parámetros de la Tabla 13.

221. Es importante tener en cuenta los valores del coeficiente de entrega reducido para los Permisos Precarios. Estos llevan un coeficiente de 0,8.

222. Cabe destacar que, en la realidad productiva existen otras utilidades del riego, aparte del aporte al sustento vital de las plantas. Estos usos son frecuentemente indispensables para el desarrollo de la actividad económica agrícola. Entre estos usos se destacan: la defensa pasiva frente a heladas, la preparación del terreno para la siembra y la emergencia de las semillas y el lavado de sales y el mantenimiento del balance salino del suelo. Estas demandas son satisfechas en mayor o menor medida por el turnado de riego y eventos climáticos, por ello, estas demandas no son de fácil análisis. En años medios, estas demandas suelen estar cubiertas por el mismo sistema de turnado y la eficiencia actual de uso en las fincas (para el caso del requerimiento de lixiviación).

Demanda Agrícola por UAM

223. Se han redefinido las unidades de manejo, replanteando los criterios para su clasificación: subdivisión por fuente de provisión de agua, características edáficas y grado de abandono; analizando las parcelas involucradas en base a la actualización cartográfica para realizar el cruce de superficies de manera gráfica y sistemática. Se han respetado los límites de las inspecciones de cauce, aprovechando también el hecho de que estas unidades de manejo responden, además de lo descrito, a unidades administrativas homogéneas.

224. El análisis de la demanda en WEAP es un modelo disgregado basado en los requerimientos de agua en un área determinada. Usando WEAP se puede aplicar información económica, demográfica y de uso del agua para construir escenarios alternativos que examinan cómo el consumo disgregado y total del recurso evoluciona a lo largo del tiempo. El análisis de la demanda en WEAP es el punto de partida para todo el análisis, los cálculos de suministros de recursos son impulsados por los niveles de demanda final calculados.

225. WEAP provee una gran flexibilidad en la estructura de la información suministrada. Esto puede variar desde estructuras altamente disgregadas hasta concepciones muy simples de demanda, que se compone de sectores tales como: uso doméstico, industrial y agrícola, cada uno de los mismos pudiendo disgregarse en diferentes subsectores en función de los usos finales y dispositivos que consumen agua. Esto permite una gran adaptabilidad de la estructura de datos a los propósitos de estudio, basado en la disponibilidad de información, el tipo de análisis que se quiera realizar y las unidades de preferencia. Como conclusión, se puede crear diferentes niveles de información en cada sitio de demanda.

226. En cada caso, los cálculos de demanda están basados en diferentes medidas disgregadas de actividad social y económica (número de personas, hectáreas cultivadas, unidades de producción industrial, etc.). En los casos más simples, estos niveles de actividad son multiplicados por las tasas de uso de agua para cada actividad. Estos niveles de actividad y uso de agua pueden proyectarse individualmente usando una gran variedad de técnicas que van desde aplicar simples técnicas de crecimiento exponencial y funciones de interpolación, hasta modelos más sofisticados que WEAP posee incorporados. También puede incorporarse un enfoque más avanzado para describir procesos hidrológicos de determinación de la demanda, por ejemplo: a través de cálculos de evapotranspiración.

Tabla 13 Parámetros para el cálculo de la demanda bruta

Parámetro	Der. Definitivo	Der. Eventual	Permiso Precario	Uso Público	Desagüe	Sobrante	Total
Superficie Empadronada	65.377 ha	10.892 ha	8.360 ha	1.147 ha	15 ha	295 ha	86.086 ha
Coeficiente de reducción	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Superficie Reducida Riego	65.377 ha	8.714 ha	6.688 ha	918 ha	12 ha	236 ha	81.945 ha
Superficie Cultivada	45.888 ha	7.645 ha	5.868 ha	805 ha	11 ha	207 ha	60.424 ha
UM Subterráneas exclusivas sistematizadas para riego					25.642 ha		
UM Subterráneas exclusivas cultivadas					17.544 ha		
Eficiencia en Finca					62,1 % (ponderada)		

227. Para comenzar, los siguientes tipos de datos son útiles:

- ✓ Requerimientos básicos de agua, discriminados por sector o uso específico.
- ✓ Estudios existentes dentro del área en estudio, de organismos nacionales, provinciales o municipales.
- ✓ Proyecciones de población de ciudades o departamentos y niveles de actividad de industrias y agricultura.

- ✓ Consumo de agua (diferenciado para cada sitio de demanda que sale del sistema).

228. Es importante destacar que las demandas de riego de la agricultura pueden calcularse utilizando niveles de actividad o simulando procesos hidrológicos en un catchment como ser: captación, evapotranspiración, escorrentía o infiltración.

229. De los cinco métodos de cálculo que utiliza el modelo WEAP, Irrigation Demands Only Method (FAO Crop Requirements Method) es el más simple. Utiliza coeficientes de cultivo para el cálculo de la evapotranspiración potencial en el catchment, luego determina la necesidad de riego como la porción de la demanda bruta que la precipitación no es capaz de satisfacer. Este método no simula procesos de escorrentía o infiltración, como así tampoco cambios en el contenido de agua del suelo.

230. Se han realizado los cálculos de evapotranspiración de referencia con el software ETo Calculator, para luego obtener las necesidades de riego. Se han utilizado estos resultados como input del modelo WEAP. Esta metodología permite realizar el cálculo de las demandas de los diferentes usos a partir de la información de clima disponible para la zona. Se han tomado, para realizar este cálculo de la demanda, los kc (coeficientes de cultivo) y demás parámetros de cultivo (ciclo, etc.) ajustados a la zona. Finalmente se calcula la Demanda Neta de los cultivos que se refiere a la cantidad de agua que necesitan las plantas para cumplir con su ciclo vital, sin tener en cuenta parámetros de eficiencia de aplicación parcelaria u otros usos culturales del agua que aumentan la demanda neta llevándola a Demanda Bruta.

Eficiencia de Conducción

231. Con respecto al agua irrigada, es necesario estimar las eficiencias con que el agua es conducida desde la cabecera del sistema hasta la entrada a la finca y la eficiencia de aplicación dentro de las fincas. Afectando la demanda neta con ambos valores se obtiene la demanda bruta en cabecera del sistema.

232. El valor de la eficiencia de conducción da una magnitud de las pérdidas de agua que se producen por la conducción en canales e hijuelas; se la define como la relación entre el volumen de agua derivado a las hijuelas y el volumen derivado a la zona de riego desde la captación.

233. 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.

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

235. A partir de la información cartográfica en formato SIG proporcionada por la Subdelegación del río Tunuyán Inferior y la información del relevamiento de la red de riego actualizada, se extrajo de cada unidad de manejo: longitud, ancho, sección y material de toda la red de riego, para cada elemento de conducción del agua (ramas, canales, hijuelas y ramos). En cada caso se determinó el porcentaje de canales e hijuelas revestidos en cada Unidad de Manejo.

236. Asociación Santa Rosa, Asociación San Martín, Asociación Rivadavia, Asociación Independencia, junto con Inspección Montecaseros, Inspección Constitución, Inspección Medrano y Derivados e Inspección Chacabuco-Árboles, proporcionaron información sobre caudales, coeficientes de riego utilizados y cronograma de entrega de agua en cada inspección. También se usaron los caudales obtenidos de la red telemétrica, y del padrón de regantes actualizado (año 2013).

237. Hay pérdidas inevitables de agua en todas las formas de conducción. Las pérdidas de agua en canales abiertos se deben a la evaporación, a fugas en la estructura, pero sobre todo a la infiltración en el subsuelo. Esta puede ser reducida de modo importante mediante un recubrimiento.

238. Las pérdidas de agua en canales debidas a la evaporación son pequeñas y despreciables en relación a las pérdidas por infiltración. Para tener una dimensión, para una evaporación de 10 mm/día corresponde una pérdida en canales de $0,01 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de agua por día.

239. La pérdida por infiltración es la más importante y depende de muchos factores, como el tirante que alcanza el agua que transporta el canal, el material que constituye el fondo y taludes del canal, las dimensiones de la sección, y la textura o graduación del material.

240. Es común que la infiltración disminuya con la edad del canal, sobre todo si conduce agua cargada con sedimentos. Esto se debe a que las partículas finas en suspensión (limos y arcillas) y las sales disueltas transportadas por el agua se depositan y sellan en el perímetro mojado. Como consecuencia disminuye la velocidad de infiltración del agua, lo que trae aparejado la reducción de pérdidas.

241. Este efecto de impermeabilización natural se ve minimizado cuando el río es regulado, lo que produce una disminución de los sedimentos transportados por el agua. Esto se llama efecto de las "aguas claras" y tiene como consecuencias, el aumento de la infiltración en los canales de tierra, la erosión de los mismos y la disminución de la fertilidad del agua.

242. El largo del canal también influye en la cuantificación de la infiltración, en largos recorridos la infiltración puede tomar el valor de hasta la tercera parte del caudal que circula.

243. Para medir las pérdidas por infiltración existen métodos directos y métodos analíticos empíricos.

244. Estas pérdidas se expresan comúnmente como:

- ✓ Caudal infiltrado por unidad de longitud, en $m^3/s/km$;
- ✓ Volumen por unidad de superficie de área mojada del canal y por unidad de tiempo; en $m^3/m^2/día$;
- ✓ Caudal infiltrado en relación al caudal que conduce el canal, en tanto por ciento.

Métodos Directos

245. Para determinar las pérdidas por infiltración en canales sin revestir, la forma más sencilla es realizar aforos entre secciones, suponiendo que no hay otro tipo de pérdidas (por desborde, pérdidas en compuertas, etc.). La diferencia entre el caudal de ingreso y el de egreso en un tramo considerado expresado en porcentaje del caudal de ingreso representa la pérdida por infiltración.

246. Se evaluaron antecedentes locales de determinación de eficiencias de conducción en la red de riego del río Mendoza. Luego de la observación a campo de los canales, las características de los suelos, la topografía de la zona y el diálogo con inspectores, técnicos y tomeros de las distintas inspecciones que manejan la red, se considera adecuado para la determinación de la eficiencia de conducción en la red de riego del río Tunuyán Inferior este método directo de entradas y salidas. Las pruebas se realizan en las condiciones de funcionamiento y para el caudal normal de operación del canal.

Métodos analíticos y empíricos:

247. Con valores conocidos y medidos de pérdidas por infiltración, para diferentes condiciones del medio físico se pueden establecer ecuaciones empíricas y gráficos. Algunos autores han encontrado expresiones empíricas o semiempíricas para una determinación estimativa del caudal perdido por infiltración. No obstante, los métodos analíticos han sido cuidadosamente elaborados y suficientemente probados, después de obtener varios resultados en diferentes tipos de canales y suelos.

248. En el caso de la red hídrica de la cuenca del Río Tunuyán Inferior se probaron varias expresiones empíricas, adoptándose el Criterio de Moritz como el que mejor se ajusta mejor a las condiciones de la cuenca. Según este criterio las pérdidas pueden estimarse a través de la siguiente fórmula:

$$F \left(\frac{m^3}{s.km} \right) = \frac{1}{\sqrt[4]{\alpha}} 0.018xCxBx\sqrt{h}$$

249. En donde F es la pérdida por infiltración expresada en m^3/s y por km del cauce, B es el ancho superficial del canal en m, h es el tirante normal en m, α es el área mojada en m^2 , y C

es un coeficiente cuyo valor depende del tipo de terreno e indica la cantidad de m³ de agua perdidos por día por cada m² de superficie. El coeficiente C (Tabla 14) depende del tipo de suelo en el cual está excavado el canal bajo análisis.

Tabla 14 Coeficiente C de Moritz

TIPO DE SUELO	COEFICIENTE
Limo Arcilloso Impermeable	0.08-0.13
Limo Arcilloso Común	0.13-0.23
Limo Arcilloso Arenoso	0.23-0.30
Limo Arenoso	0.30-0.49
Limo Arenoso Suelto	0.49-0.61
Limo Arenoso Con Grava	0.61-0.76
Grava Poroso	0.76-0.92
Grava Dominante	0.92-1.83

250. En los canales del Tunuyán Inferior el tipo de suelo más común es limo arenoso con un valor de C entre 0,30 y 0,49.

251. La red de riego de la cuenca del Río Tunuyán Inferior que se utiliza en este informe proviene de un trabajo conjunto del Departamento General de Irrigación y la FAO denominado PNUD/FAO/ARG/00/008 - Departamento General de Irrigación - Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos.

252. De este trabajo se obtienen las bases para este informe, estos datos, longitud y revestimiento de la red de riego, son utilizados para los cálculos de las eficiencias en la cuenca de Tunuyán Inferior. Ver Figura 30 y Tabla 15.

253. En cada Unidad de Manejo se calculó la Eficiencia de Conducción, como una media ponderada de la superficie regada. Posteriormente, los valores calculados a partir de la información proporcionada se validaron en los canales e hijuelas con el método de entradas y salidas, en una muestra que varía entre 7% al 40% de las hijuelas aforadas en las UAM (Tabla 16 y Figura 31).

254. Se calculó la pérdida por infiltración en cada tramo de canal, tomando un ancho medio, ya que las hijuelas y canales sin revestir en sección natural presentan un ancho variable.

Figura 30. Red de riego de la cuenca del Tunuyán Inferior

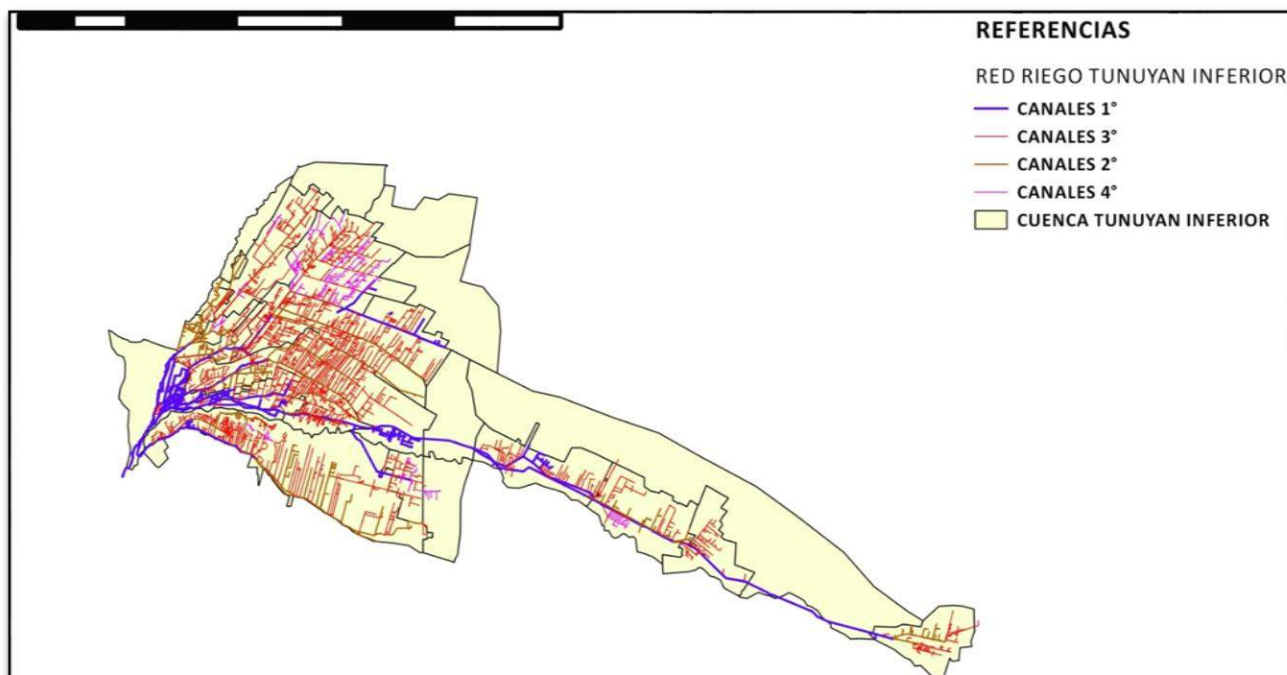


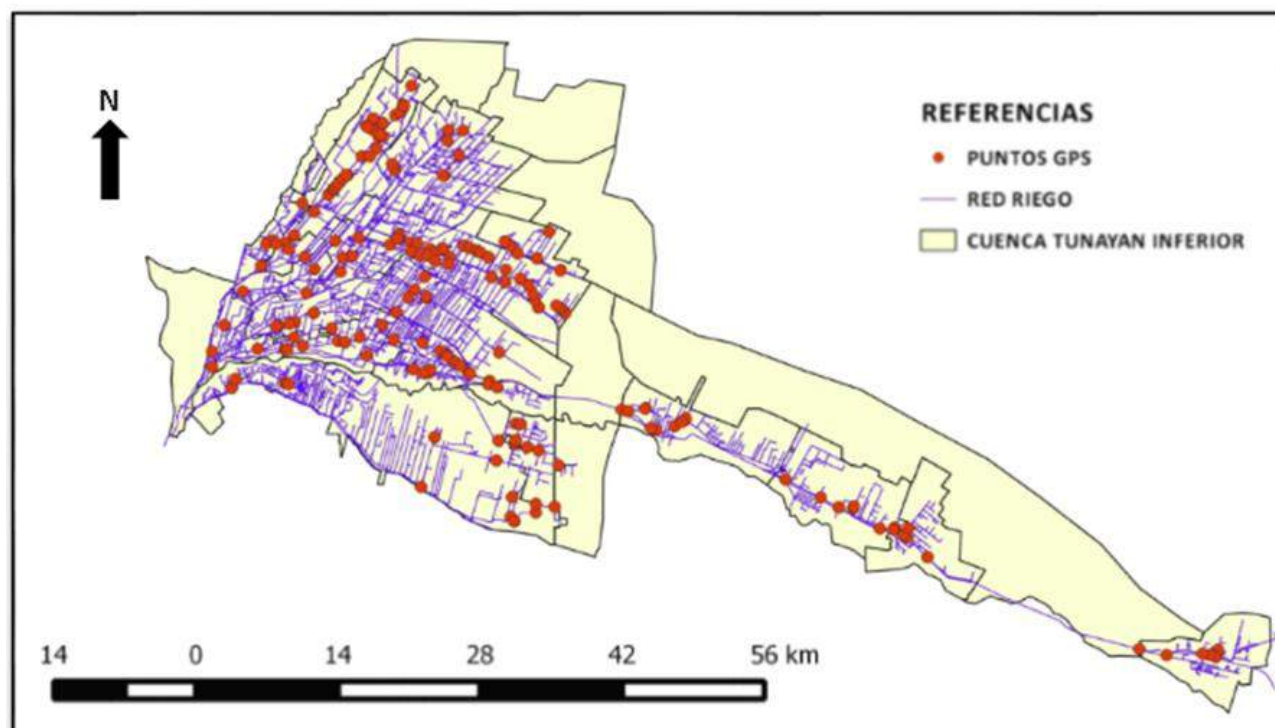
Tabla 15 Longitudes de canales e hijuelas de las UAM (m)

UNIDAD DE MANEJO	Superficie empadronada (ha)	Longitud de la red de riego	Longitud revestida	Longitud sin revestir	Porcentaje revestido
Canal Norte	2325,8	50291	389	49902	0,8
Chacabuco	2645,5	83768	5121	78647	6,5
Chimbas	4498,8	139103	4743	134360	3,5
Constitución	11290,4	341011	25181	315830	8,0
Cruz Bodega	1058,1	36140	1668	34471	4,8
Godoy	1322,6	42061	2305	39761	5,8
Henríquez	490,1	21824	1296	20528	6,3
La Dormida	4631,6	95783	15590	80193	19,4
Montecaseros	8711,8	279664	12785	266879	4,8
Norte Alto Verde	5476,7	136762	12180	124584	9,8
Nueva California	2188,9	51524	6398	45125	14,2
Nuevo Gil	3033,4	76774	7869	68905	11,4
Otoyanes	788,7	19825	229	19596	1,2
Ovalle	89,3	6323	6322	1	100,0
Reducción	13969,4	398852	7063	391789	1,8
San Martín	2739,5	128809	10617	118192	9,0
Santa Rosa	3653,2	95494	11555	83940	13,8
Sauce	3403,0	67401	1953	65449	3,0
Sur Alto Verde	3638,7	101853	8117	93736	8,7
Tramo Medio	3287,5	137337	4957	132381	3,7
La Paz	57,6	66195	3969	62226	6,4
	2364,5				
Dársena	59,2	87665	9151	78514	11,7
	1894,6				

Tabla 16 Hijuelas y canales aforados por UAM

UNIDADES DE MANEJO	HIJUELAS TOTALES	HIJUELAS AFORADAS	% HIJUELAS AFORADAS
Santa Rosa	27	5	19%
La Dormida	20	3	15%
Tramo Medio	35	7	20%
Nueva California	15	4	27%
Otoyanes	10	1	10%
Enriquez	11	1	9%
La Paz	30	2	7%
Chimbas	30	4	13%
Medrano	16	2	13%
Nuevo Gil	10	4	40%
Reducción	60	8	13%
Constitución	55	8	15%

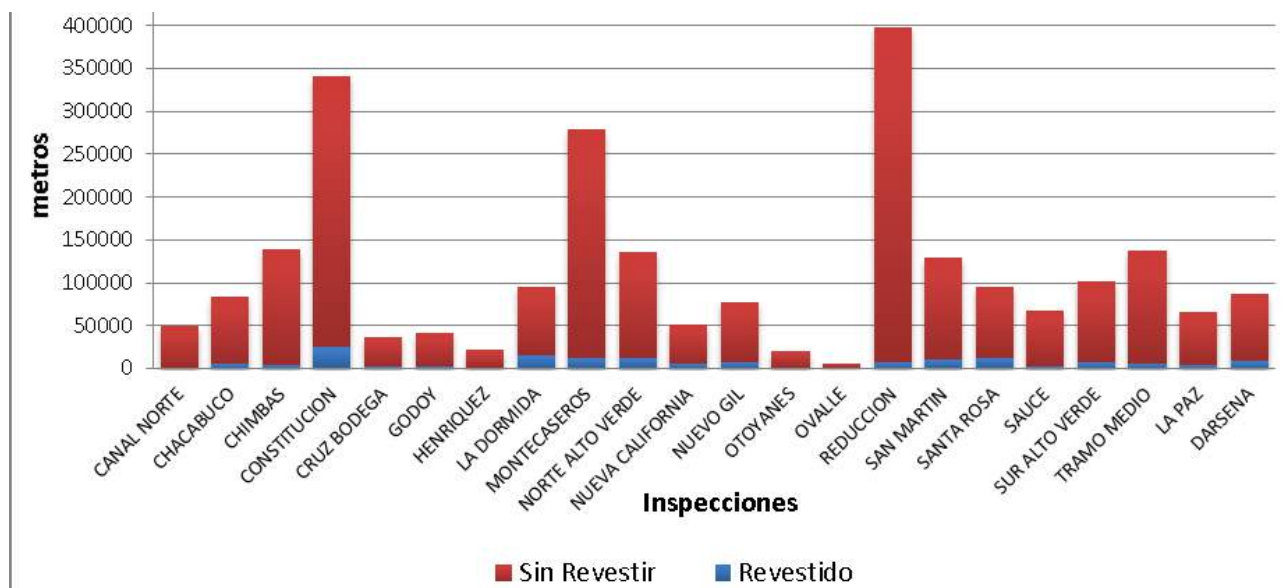
Figura 31. Hijuelas y canales aforados por UAM



255. Existe una gran diferencia en la misma red de riego del Tunuyán Inferior, donde hay grandes obras de distribución del agua de riego y también canales de tierra donde se producen las mayores pérdidas del agua.

256. La red de riego del Tunuyán Inferior completa tiene una extensión total de 2.584 km, de las cuales unos 2.084 km corresponden a elementos de tierra y solo 250 km están impermeabilizados, o sea un 10% aproximadamente. En la Figura 32 se puede observar la distribución de estos valores en las distintas UAM.

Figura 32. Canales e hijuelas, con y sin revestimiento, por UAM



257. Respecto de la red de canales primarios y secundarios, el total de su longitud es un poco mayor a los 800 km, estando revestido casi un 30% del total, o sea, unos 237 km, los que corresponden en su mayoría a la red primaria.

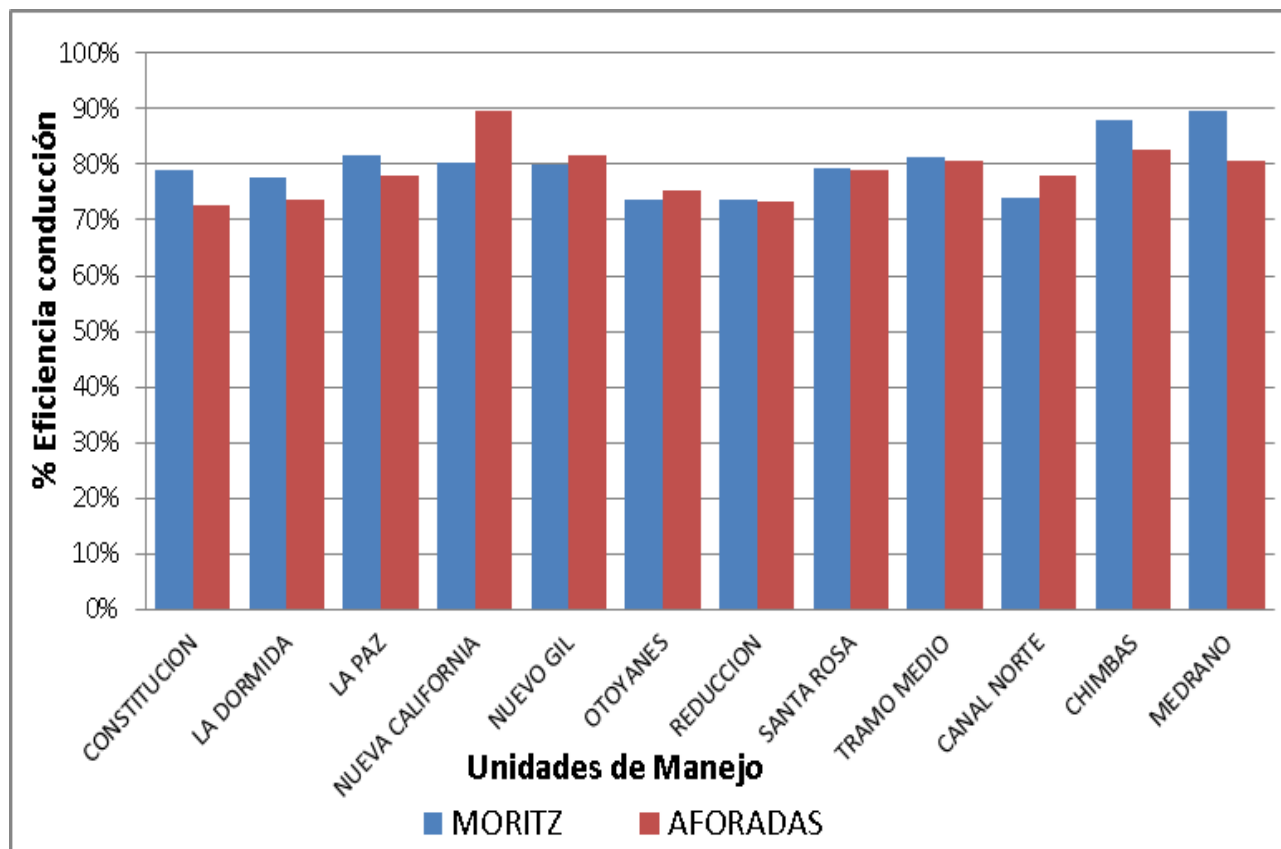
258. La superficie empadronada de todas las Unidades de Manejo en el año 2013 es de 77.336,5 ha, de las cuales unas 44.699 ha corresponden a las 12 UAM (Tabla 17) en las cuales se determinó la pérdida por conducción con el método de entradas y salidas, y unas 32.668 ha a las nueve UAM donde se utilizó el método teórico con el coeficiente de Moritz.

Tabla 17 Eficiencia de Conducción calculada y aforadas por UAM

	MORITZ	AFORADAS
Constitución	79%	73%
La Dormida	78%	74%
La Paz	82%	78%
Nueva California	80%	90%
Nuevo Gil	80%	82%
Otoyanes	74%	75%
Reducción	74%	73%
Santa Rosa	79%	79%
Tramo Medio	81%	81%
Canal Norte	74%	78%
Chimbas	88%	83%
Medrano	90%	81%

259. La verificación de los valores estimados se realizó mediante mediciones directas, las cuales demostraron un excelente resultado, como se aprecia en la Figura 33.

Figura 33. Validación de eficiencias de conducción calculadas y medidas



260. Las eficiencias de conducción obtenidas en las UAM del Tunuyán Inferior oscilan entre el 70% y el 90%.

261. La Eficiencia externa obtenida de cada UAM se utiliza como dato de entrada para la modelación de la cuenca en WEAP.

262. En la modelación de la cuenca en la herramienta WEAP, los datos de eficiencia externa permiten ajustar el modelo y dar mayor precisión en cuanto a los fenómenos reales en la distribución de agua, ajustando así la cantidad real de agua distribuida en la oferta. Los valores finales utilizados se muestran en la Tabla 18.

Eficiencia de Aplicación

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

Tabla 18 UAM - Eficiencia de conducción

UNIDAD DE MANEJO	EFICIENCIA CONDUCCION
Canal Norte	74
Chacabuco	81
Chimbas	88
Constitución	79
Cruz Bodega	83
Godoy	82
Henríquez	84
La Dormida	78
Montecaseros	87
Norte Alto Verde	85
Nueva California	80
Nuevo Gil	80
Otoyanes	74
Ovalle	98
Reducción	74
San Martin	71
Santa Rosa	79
Sauce	85
Sur Alto Verde	83
Tramo Medio	81
La Paz	76
Dársena	90

264. 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.

265. 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.

266. No obstante, el DGI ha planteado como meta la optimización del uso del agua en todas las cuencas provinciales y por ello se propone el concepto de eficiencia razonable.

267. Por otra parte, el DGI viene realizando un programa de medición de eficiencias de riego en las diferentes cuencas de la provincia. A través de estas evaluaciones de desempeño del riego dentro de las propiedades se elaboran recomendaciones de riego que a modo de devolución se entregan a los productores e Inspecciones de Cauce, a fin de ir mejorando el manejo del agua y hacer un mejor aprovechamiento del recurso.

268. Respecto a la eficiencia de aplicación, en la Tabla 19 se muestran valores indicativos de eficiencia de aplicación para distintos sistemas. Los valores más bajos se refieren a melgas tradicionales, terrenos mal nivelados y sin un adecuado control de la lámina de agua aplicada, mientras que los más altos se refieren a melgas de grandes dimensiones, terrenos bien nivelados y con buen control de la lámina.

Tabla 19 Eficiencias de aplicación para distintos sistemas de riego

SISTEMA DE RIEGO	EFICIENCIA (%)
Riego por gravedad tradicional:	
Surcos	40-70
Fajas	45-70
Riego por aspersión:	
Laterales móviles, con pivote central	65-85
Microrriego (riego localizado):	
Goteros, = 3 emisores por planta (frutales)	85-95
Goteros, < 3 emisores por planta	80-90

269. Para asignar un valor de eficiencia de aplicación parcelaria global del sistema, se cuenta con antecedentes de distintos trabajos realizados en la cuenca del río Tunuyán Inferior y con los resultados de recientes campañas de mediciones de eficiencia realizadas por el DGI durante las temporadas 2019/2020 y 2020/2021.

270. En éste último trabajo mencionado se ha realizado 67 determinaciones de eficiencia en todas las áreas bajo riego, y en tres períodos distintos del ciclo vegetativo. Es un trabajo completo y exhaustivo, en el que se determina espacial y temporalmente la eficiencia actual del uso de agua. A partir de los resultados de estas campañas, se determina un valor de eficiencia actual en finca del 62,1 %. Este valor de eficiencia es alcanzado por los productores bajo condiciones de escasez hídrica, lo que indicaría que, a menor disponibilidad del recurso, la eficiencia en su uso aumenta. Esto se debería tanto a una adaptación de los regantes para el manejo de menores caudales y frecuencias de riego como a un mayor agotamiento de las reservas hídricas del suelo, que aumenta su capacidad de almacenamiento al momento del riego.

271. El análisis inicial del cálculo de la demanda se ha realizado tomando para el cálculo la eficiencia de aplicación actual (EAP).

272. El valor de la eficiencia actual es importante y permite mostrar la realidad del uso del agua, pero no es el más indicado para sustentar el Balance Hídrico, puesto que el DGI

persigue como meta optimizar el uso del agua en todas las cuencas provinciales. Es por ello que tanto en los escenarios futuros de la primera edición del Balance Hídrico, como así también en esta actualización, la demanda de los cultivos se calcula con la Eficiencia Razonable.

273. La eficiencia razonable es aquella que, partiendo del valor actual de eficiencia lograda con las prácticas comunes de riego, se puede alcanzar con simples mejoras en la forma de regar. Esto es, sin inversión económica significativa, realizando cambios en la metodología de riego. Las recomendaciones más frecuentes al respecto para alcanzar valores de EAP razonables tienen que ver con la reducción de los tiempos de riego, la modificación (y más frecuentemente la reducción) de la superficie de la unidad riego (surcos o melgas por tapada o regados en simultáneo), el manejo de caudales unitarios adecuados, y toda aquella variable que se pueda manejar a nivel de finca con los elementos y fuerza de trabajo disponibles como retoques de nivel o el uso de lonas regadoras.

274. Con estas tareas se puede alcanzar un valor de eficiencia que se encuentra entre el valor actual y el valor de eficiencia potencial (máximo alcanzable para una unidad de riego y caudal particulares). Incluso, en años de escasez, los productores alcanzan eficiencias superiores que la eficiencia razonable, obligados por la falta de agua.

275. Al afectar todos los factores de pérdidas (eficiencia de aplicación y conducción) con la Demanda Neta, se obtiene la Demanda Bruta, concepto que indica la cantidad de agua total que se debe derivar del río para satisfacer al 100 % las demandas de cada uno de los usos, teniendo en cuenta las pérdidas ocasionadas en el camino hasta que el agua llega al pie de la planta o a la boca de cada uso.

276. En la Figura 34 se presentan las Demandas Brutas por UAM y en la Figura 35 por uso, para las UAM que se abastecen de los derivados del Río Tunuyán.

277. En la Figura 34 se pone en evidencia la demanda de la subcuenca del Tunuyán Inferior, la cual se ha agrupado en una sola UAM, cuya célula de cultivo tiene un alto porcentaje de vid, lo que se confirma en la Figura 35.

Eficiencia Razonable

278. Como se indica en diversos trabajos, el valor de Eficiencia de Aplicación es fácilmente mejorable sin grandes inversiones y con cambios sencillos en el manejo del agua y en la programación y ejecución del riego, por ejemplo: reducir los tiempos de riego o mantener un control de forma permanente. El valor de Eficiencia de Aplicación Razonable, calculado a partir de la optimización de los eventos de riego evaluados a través de la herramienta

WinSRFR (USDA), es de 79,7%. Esto indica un potencial de mejora de casi 18 puntos porcentuales respecto de la situación actual.

Figura 34. Demandas Brutas por UAM – Eficiencia actual

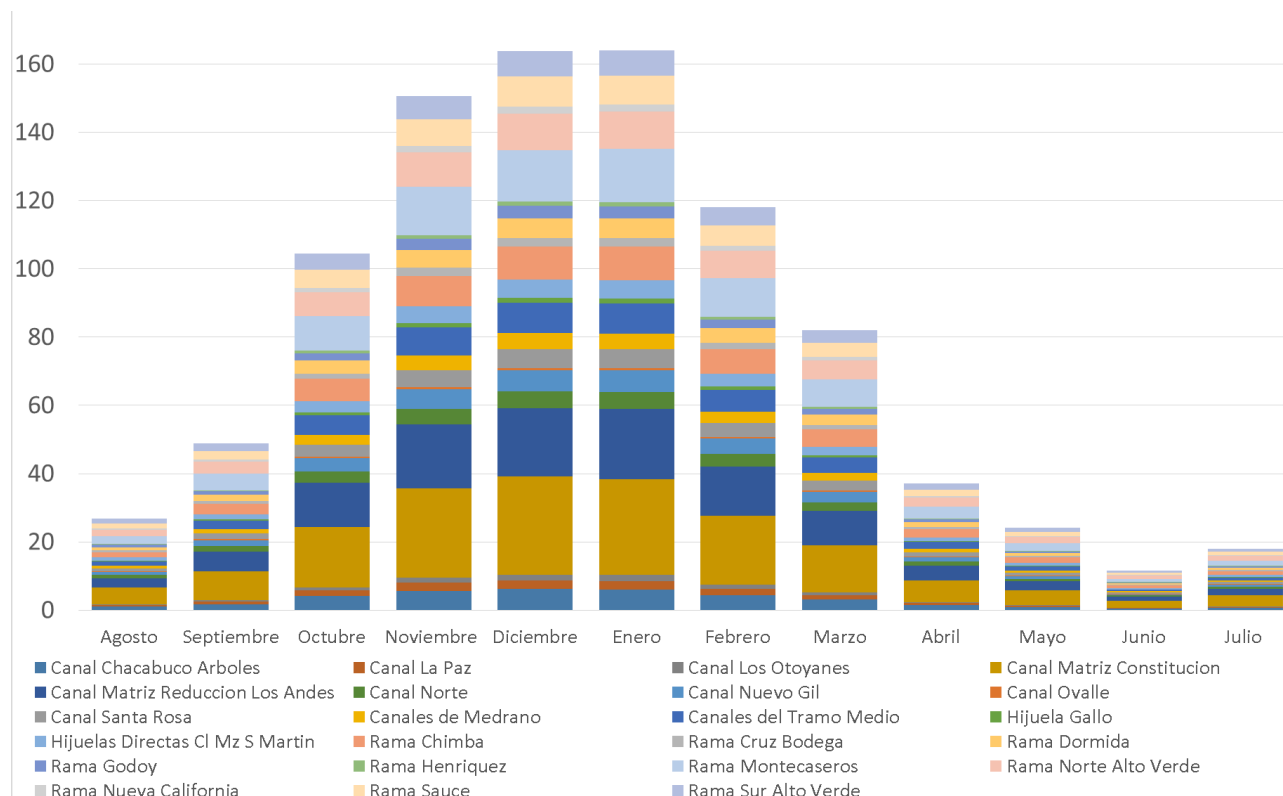
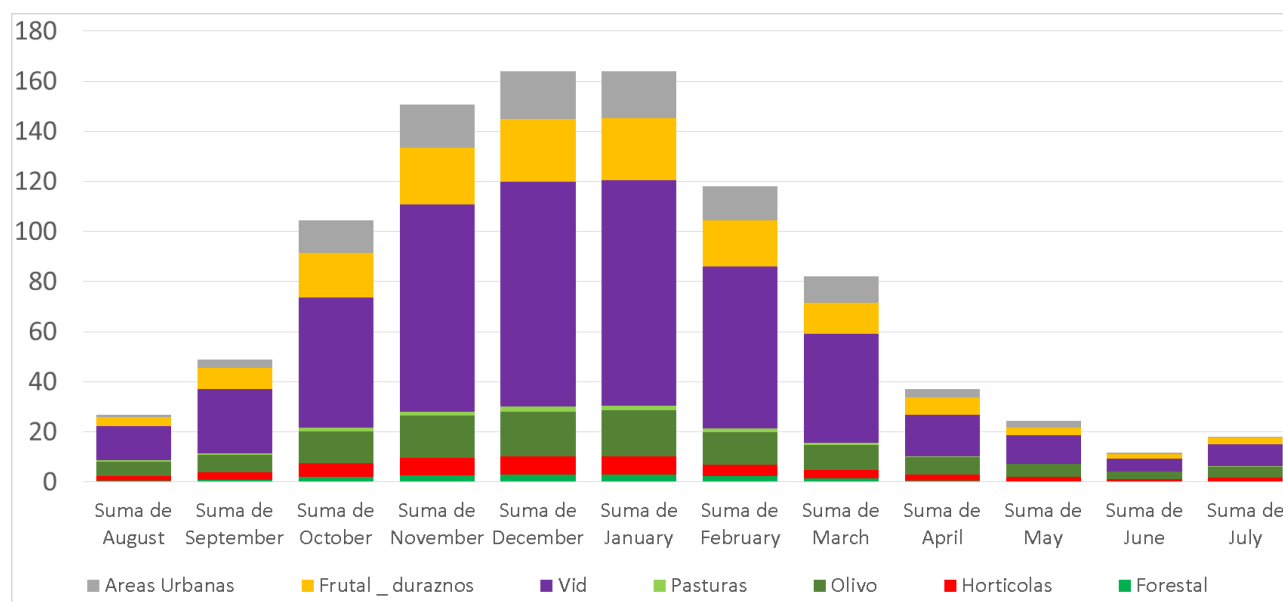


Figura 35. Demandas Brutas por Tipo Uso para la Cuenca del Río Tunuyán



279. Como se mencionó anteriormente, la eficiencia razonable es aquella a la que se puede llegar, en suelos como los de esta cuenca, con prácticas culturales conocidas y que permiten la rentabilidad de los cultivos. No se considera implementar sistemas sofisticados de riego (sistemas presurizados, represas, etc.), sino eficiencias comprobables con prácticas culturales corrientes, en sistemas de riego por surcos y/o melgas.

280. La eficiencia razonable es un factor que varía con el tiempo. Así como el Estado Provincial apuesta a distintas acciones de infraestructura y tecnología de riego para la agricultura, el resultado de todas las acciones y obras se traduce en un mejor aprovechamiento del agua.

281. Sobre la base del trabajo de determinación de eficiencias de riego ya citado, y con todos los trabajos antecedentes, se ha podido definir con exactitud la eficiencia de riego potencial, la que en definitiva sirve de base para adoptar un valor de eficiencia que hemos denominado razonable, con un sólido fundamento científico y con la seguridad que aporta la serie de mediciones y el rigor estadístico de la misma.

282. La eficiencia de aplicación potencial alcanza valores superiores al 85%. Como ese valor se vuelve inalcanzable para la mayoría de los agricultores que poseen riego superficial, pues implica la máxima optimización de todas las variables del riego, se ha estimado un valor de eficiencia razonable de 79,7%. El valor de eficiencia de riego actual es de 62,1 %.

283. Estos valores fueron obtenidos como promedios de 64 evaluaciones de eficiencias de riego en la subcuenca del Río Tunuyán Inferior. Fijado el valor de eficiencia adoptado, queda fijado el valor de demanda hídrica de los cultivos.

284. Los valores que se proponen tienen que ver exclusivamente con riego gravitacional por surcos o melgas, por lo que, de considerarse las superficies que tienen riego presurizado, el valor sería más elevado en años de oferta media. Aun así, en estos años de escasez hídrica, los valores de eficiencia de riegos gravitacionales se acercan bastante a los de riegos presurizados, aunque siguen estando un 15 % por debajo en promedio. Esto pone de manifiesto la prudencia en el valor adoptado, perfectamente alcanzable en la cuenca del río Tunuyán Inferior (Tabla 20).

Tabla 20 Eficiencias actuales y propuestas

	Eficiencias consideradas		Observación
Eficiencia actual	Eficiencia externa	81,9	
	Eficiencia de riego actual en finca	62,1	
	Eficiencia Global	50,8	= 81,9% * 62,1%
Eficiencia Propuesta	Eficiencia de riego razonable en finca	79,7	
	Eficiencia de riego potencial	68,0	
	Eficiencia global razonable	65,3	= 79,7% * 81,9%

285. Como se ha comentado en distintas partes del documento, el principal objetivo de este trabajo es el de establecer la dotación de la cantidad suficiente de agua, por hectárea, para

satisfacer las necesidades a que se destina, teniendo en cuenta la naturaleza de las tierras y de los cultivos que respectivamente se hagan en ella.

Usos Culturales del Agua

286. Los agricultores demandan aguas para distintas tareas agrícolas, tales como humedecer para arar y rastrear, controlar malezas, abrir y/o tapar surcos para incorporación de abonos o fertilizantes; defensa pasiva contra heladas, etc. Para ejecutar estas tareas de forma correcta se necesita una adecuada humedad del suelo.

287. Por otra parte, la sistematización de los cuarteles a regar está preparada para recibir los caudales máximos de verano (el tamaño de regadoras, estructuras de derivación, ancho y largo de unidades de riego), de modo tal que la infraestructura de riego en finca tiene poca elasticidad para las entregas mínimas de primavera que indican las fórmulas de necesidades netas de riego.

288. En el mes de setiembre, en promedio para los diferentes cultivos, los requerimientos netos de riego rondan los 62 mm, cantidad que presenta dificultades para su aplicación. Es decir que reponer los 62 mm de ese mes, en riegos cada 14 días (turnados habituales), implica aplicar dos láminas de al menos 30 mm, lo que en la práctica se vuelve inviable debido a las características del suelo y de la unidad de riego.

289. Los sistemas por gravedad no permiten esta operación. Incluso, 30 mm en un riego no almacena suficiente humedad en profundidad para almacenar energía el día previo a una helada como método de defensa ante los potenciales daños al cultivo.

290. La forma más adecuada, en este caso, sería realizar un riego que humedezca el perfil del suelo en profundidad (almacenando un suelo medio una lámina entre 150 y 160 mm) y luego no regar durante el resto del mes, ya que las demandas no superan la lámina de agua almacenada. Es decir, en vez de agregar 30 mm cada 14 días, lo más acertado es realizar un riego neto de 60 mm de una vez, lo que implica una distribución neta de 118 mm. Este es un valor que, traducido a caudales, comienza a ser manejable en los canales y factible de distribuir a través de la red existente.

291. Los operadores de los sistemas primarios de distribución respetan esta demanda, tal como se verá más adelante, ya que también los sistemas secundario y terciario, principalmente, 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, por lo que, además de las demandas netas, se tienen en cuenta las eficiencias de riego y también los usos culturales del agua.

292. 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. Siempre y cuando el mismo no se haya satisfecho por la eficiencia de riego.

3.8 ANÁLISIS DEL PADRÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

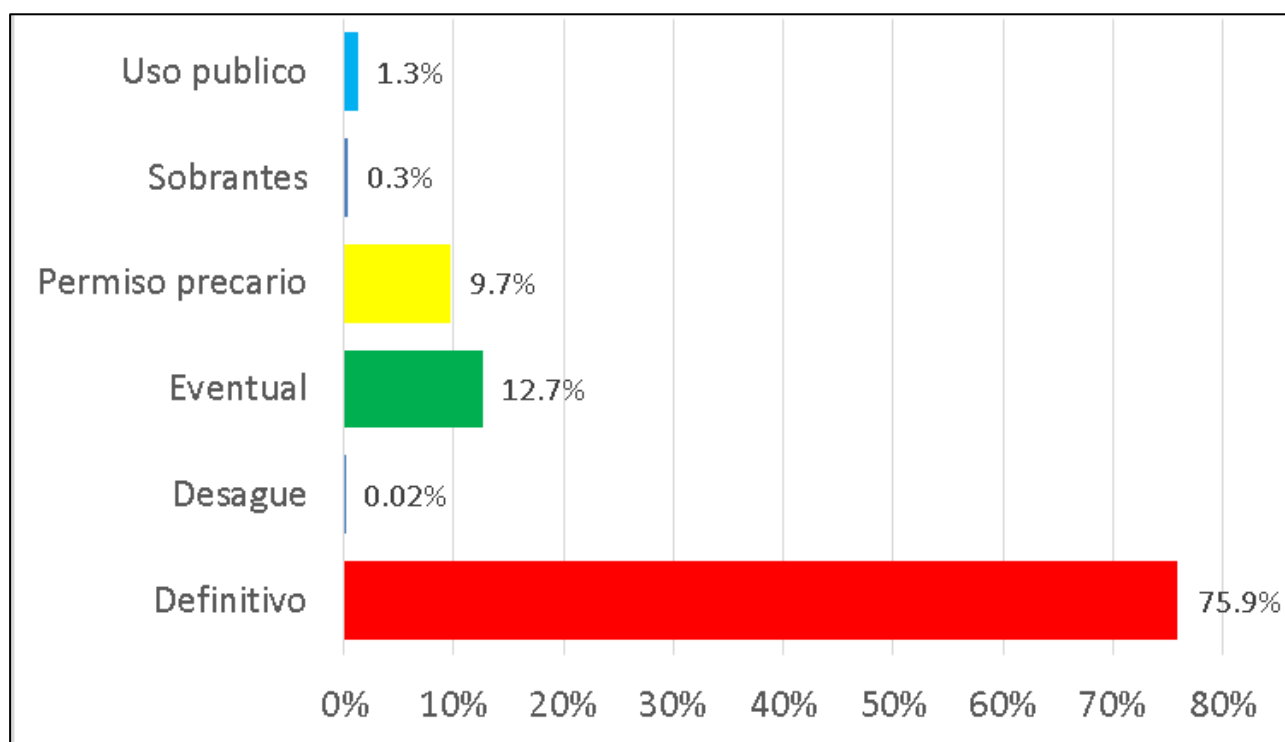
293. En el Balance Hídrico de la sub cuenca Inferior del Río Tunuyán realizado en el 2016, se desarrolló la revisión de los padrones de concesiones, necesaria para el cumplimiento de los objetivos de este documento.

294. Para ello, el equipo de trabajo del DGI depuró la cartografía de base en plataforma SIG. Mediante el saneamiento de inconsistencias en los derechos de riego no ubicados en aquel entonces, pudo contarse con una base sólida de datos de padrones y cartografía, con la verificación correspondiente.

295. Se consultaron los antecedentes registrales, ajustando y verificando la ubicación de derechos y adecuando las nomenclaturas catastrales a las que contiene el parcelario de la Dirección Provincial de Catastro.

296. Para la actualización del balance se toma el padrón de usuarios con corte a la fecha en la que se tiene el resto de la información. En la Tabla 21 se presentan las superficies empadronadas por UAM y en la Figura 36, por categoría de derecho o permiso.

Figura 36. Superficie empadronada según categoría de empadronamiento



297. A los efectos de la caracterización de la demanda, es fundamental determinar las superficies concesionadas para cada tipo de uso, ya que será en base a esta información que se procesarán las distintas demandas según sea su naturaleza.

298. A tal fin se dispuso de la base de datos registrales del DGI y se procedió al procesamiento de los datos realizando un ordenamiento y clasificándolos de acuerdo a las UAM previamente determinadas.

Tabla 21 Superficies empadronadas y categorías de empadronamiento.

Superficies Empadronadas	Categorías de Derechos y Permisos						Total general	
	Unidade de Manejo	Definitivo	Desague	Eventual	Permiso precario	Sobrantes		Uso publico
Canal Chacabuco Arboles	2380			202	23		18	2623
Canal La Paz	1846			160	448		60	2514
Canal Los Otoyanes				513	366			879
Canal Matriz Constitucion	9978			294	1203		50	11525
Canal Matriz Reduccion Los Andes	12735			175	1023	204	37	14175
Canal Norte				2318	313			2631
Canal Nuevo Gil	463			1883	895		8	3249
Canal Ovalle	77					12		89
Canal Santa Rosa	2971			599	54		39	3664
Canales de Medrano	1804			30	104		22	1960
Canales del Tramo Medio	2769			62	191		264	3286
Hijuela Gallo	649	15						664
Hijuelas Directas Cl Mz S Martin	2082			337	216		94	2729
Rama Chimba	3766			395	278	19	91	4550
Rama Cruz Bodega	882			25	174		16	1096
Rama Dormida	2981			1196	499		33	4710
Rama Godoy	1189			5	26		106	1327
Rama Henriquez	410			9	93			513
Rama Montecaseros	8052			312	336	0	41	8742
Rama Norte Alto Verde	4219			261	1010		195	5684
Rama Nueva California	95			1926	207		8	2236
Rama Sauce	3103			161	182			3445
Rama Sur Alto Verde	2925			28	718	59	65	3795
Total general	65377	15		10892	8360	295	1147	86086

299. La superficie total empadronada surge de considerar todos los empadronamientos vigentes, tomando en consideración la superficie sin reducción para riego.

300. El área considerada como la superficie total empadronada (86.086 ha) surge del análisis de todas las concesiones otorgadas. En el río Tunuyán Inferior, como en todos los ríos de la Provincia, se han asignado coeficientes de entregas de riego diferentes, para cada categoría:

- ✓ Categoría de definitivos: reciben agua por el 100% de la superficie empadronada.

- ✓ Categoría de eventuales y precarios: reciben agua por el 80% de la superficie empadronada (Acordada de 1929 HTA).
- ✓ Desagüe: Situaciones especiales.
- ✓ Sobrantes: Situaciones especiales.
- ✓ Uso Público: reciben agua por el 80% de la superficie empadronada

301. Al considerar la diferencia entre las concesiones de tipo Definitivos y Eventuales, en cuanto a asignarle un valor de coeficiente de entrega de agua, se obtiene una idea de cuál sería el techo o la mayor cantidad de agua que se debería distribuir, y en qué medida y con qué garantía se puede satisfacer la demanda.

302. En orden de importancia, se observa que, del total de la superficie empadronada, el 75,9% corresponde a Derechos Definitivos y el 12,7 % a Eventuales. Los Permisos Precarios suman un 9,7 % siguiendo en orden de importancia. El restante 1,32 % corresponde en gran medida al Uso Público y en menor medida a situaciones especiales como Desagües y Sobrantes.

303. Los derechos Eventuales, que en otros ríos de la provincia tienen un peso mayor, en la subcuenca del Río Tunuyán Inferior sólo alcanzan el 12,7 %.

304. Respecto de los Permisos Precarios, en esta subcuenca revisten importancia ya que son dotados desde el dique, por lo que son contemplados en el cálculo de los caudales distribuidos.

305. Las categorías de uso pueden observarse en la Figura 37. Aquí se pone de manifiesto que casi en su totalidad (97,8%), los empadronamientos responden al Uso Agrícola. Por ello es que en el cálculo de necesidades de riego se puntualiza específicamente en los cultivos más importantes de la zona, tomando la demanda hídrica de estos como valor de referencia para realizar los cálculos.

306. En la Figura 38, se presenta la distribución de los empadronamientos superficiales por UAM, donde se advierte cuáles son las de mayor superficie: Canal Matriz Reducción Los Andes (14.175 ha), Canal Matriz Constitución (11.525 ha) y Rama Montecaseros (8.742 ha).

307. El Uso Público que se expone en los cuadros, está referido al riego del arbolado público (1,3%). Los usos recreativos están dedicados al riego de parques y jardines los cuales pasaron de un 0,9% a un 1%, no siendo un aumento significativo y quedando en porcentajes mínimos. En conclusión, puede decirse que los empadronamientos dedicados al riego suman el 99,98%.

Figura 37. Superficie empadronada según tipo de uso

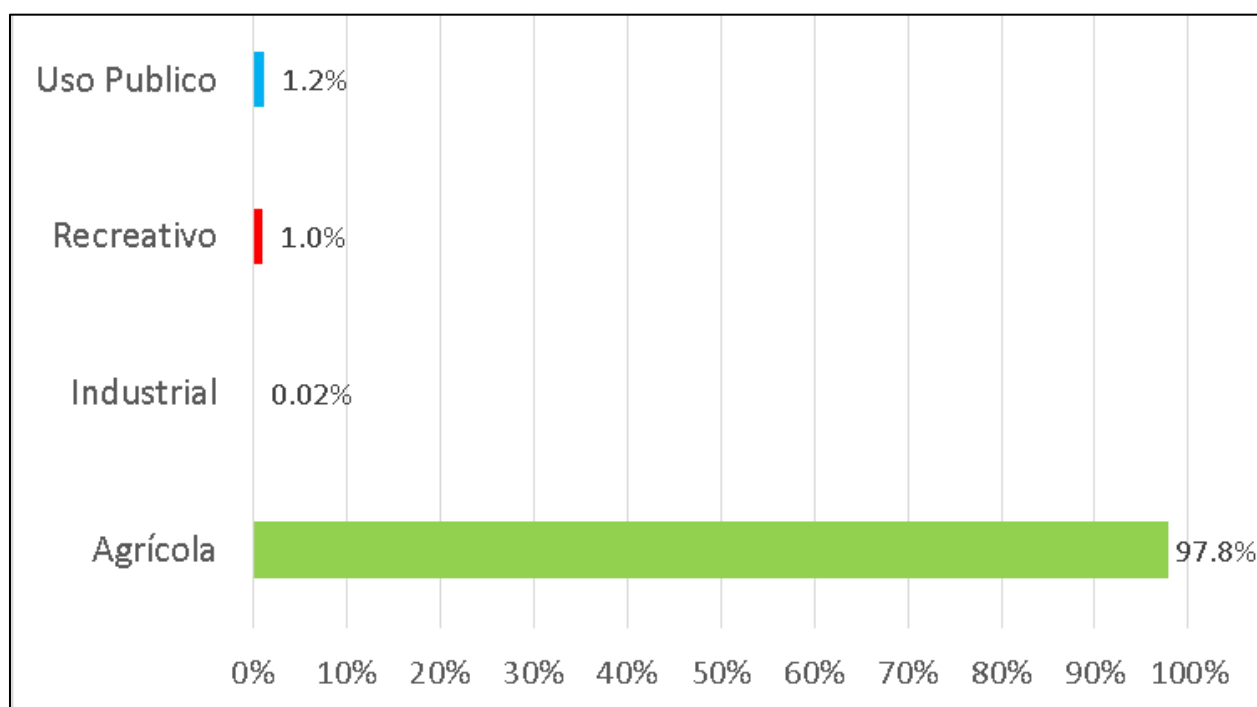
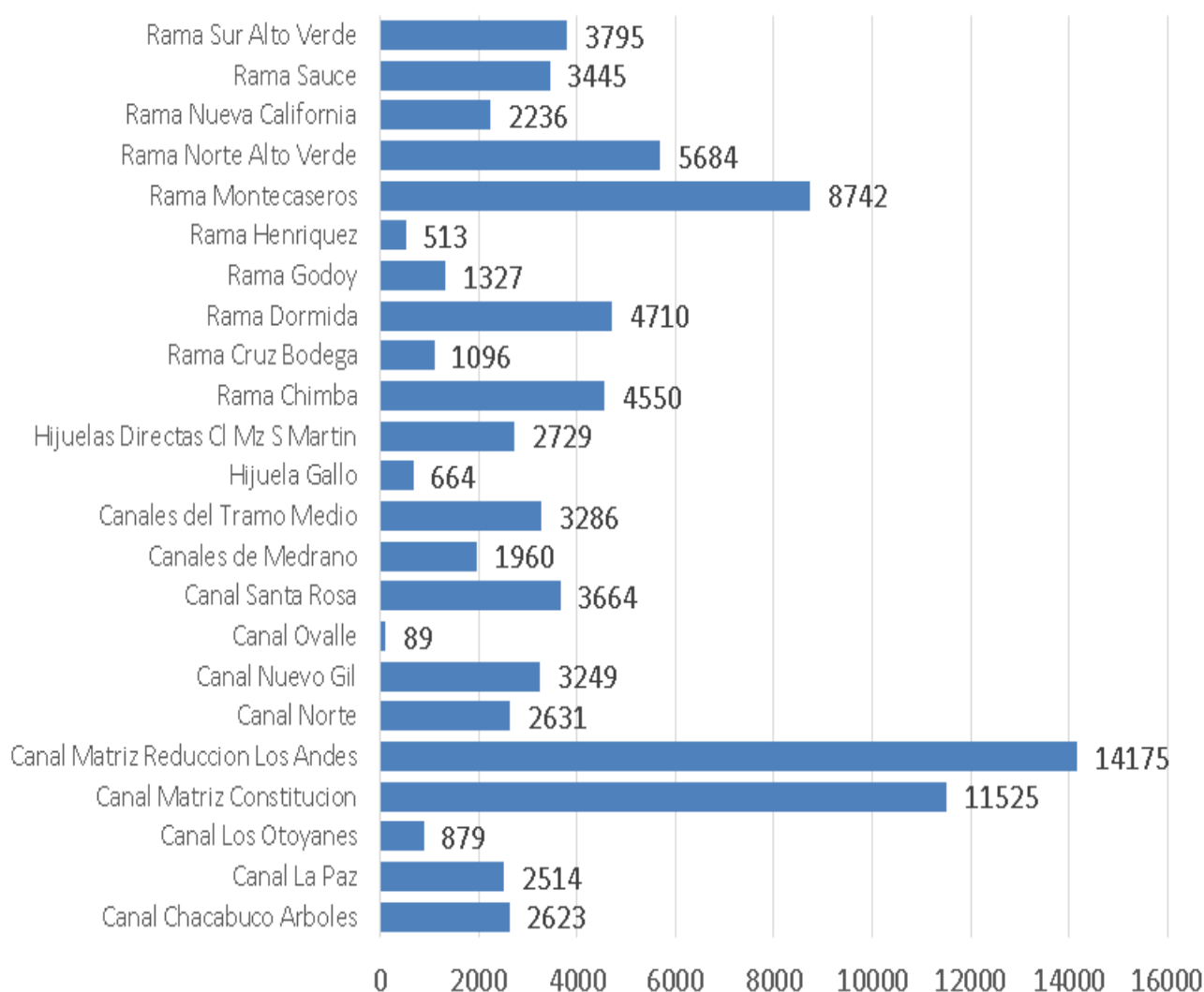


Figura 38. Superficie empadronada total por UAM (ha)



3.9 INDICADORES DE RESULTADO

308. De las distintas corridas del modelo de simulación hidrológica WEAP se obtienen varios parámetros, o indicadores, que son utilizados para definir numéricamente las características y comportamiento de cada escenario, como la relación entre las ofertas y demandas consideradas.

309. Se evalúan 3 indicadores básicos:

- ✓ Insatisfacción de la Demanda
- ✓ Cobertura de la Demanda
 - Cobertura Global Anual
 - Cobertura por Suma de Fallos
- ✓ Garantía.

3.9.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA

310. Este indicador expresa cuál es el volumen de agua faltante para cubrir al 100% la demanda bruta de los cultivos, con la oferta considerada o disponible. Se expresa en unidades de volumen, generalmente en hm^3 .

311. Otra forma de expresar esta variable es en lámina (mm) para facilitar la comparación con el resto de las variables meteorológicas (precipitación, por ejemplo). Se obtiene dividiendo el volumen de insatisfacción por la superficie abastecida.

3.9.2 COBERTURA DE LA DEMANDA

312. Se calculan dos indicadores respecto de la cobertura de la demanda: uno por suma de fallos y otro como global anual.

3.9.2.1 Cobertura Global Anual

313. Es el cociente porcentual entre oferta anual y demanda bruta anual. En los casos que esta relación sea superior al 100%, se toma éste como valor máximo.

3.9.2.2 Cobertura por Suma de Fallos

314. El concepto de “fallo” implica que el volumen de la oferta, en un determinado mes, no alcanza para cubrir la demanda bruta de los cultivos, de ese mes. Este valor indica el volumen de agua que no se ha podido abastecer para cubrir demandas de las UAM en su totalidad.

315. En correspondencia, la “suma de fallos” es la acumulación, a lo largo de un año, de los fallos mensuales.

316. Cobertura por suma de fallos: la relación entre la diferencia de la demanda bruta y la suma de fallos, respecto de la demanda bruta, o sea:

$$\text{Cobertura Suma Fallos} = \frac{\text{Demanda Bruta} - \text{Suma Fallos}}{\text{Demanda Bruta}} = 1 - \frac{\text{Suma Fallos}}{\text{Demanda Bruta}}$$

317. Indica cual es el porcentaje de la demanda bruta que ha sido efectivamente satisfecho con la oferta disponible, considerando las coberturas mensuales para cada UAM.

318. Se interpreta que este valor es menor a la Cobertura Global Anual por cuanto si bien anualmente la oferta pudo ser suficiente para cubrir la demanda anual, al hacer el análisis mes a mes, la oferta no se encuentra bien distribuida y produce meses con déficit y otros con superávit. De esta manera se presentan meses donde la oferta supera a la demanda en un cierto porcentaje y estos excedentes no son contabilizados como oferta disponible.

319. La Cobertura Anual Global, relacionado con la Cobertura por Suma de Fallos, pone de manifiesto si existen excedentes o déficits y permite saber si la oferta está bien distribuida a lo largo del ciclo por UAM.

320. La diferencia entre la Cobertura Anual Global y la Cobertura por Suma de Fallos da una idea de la necesidad que tiene un sistema de elementos de regulación, que permitan guardar el recurso de meses con excedentes o los meses deficitarios.

3.9.3 GARANTÍAS

321. Se analiza el concepto tradicional de garantía, que aplicado a los sistemas hídricos, se ha referido a la capacidad de estos sistemas para satisfacer las demandas en un determinado período de tiempo.

322. Para ríos regulados, los indicadores de mayor utilización son los basados en la ocurrencia de fallos, aunque hay interpretaciones diferentes al respecto. Por ello resulta conveniente considerar distintos niveles de fallo.

323. Para hacer el análisis de garantía en esta cuenca, se ha recurrido a los conceptos utilizados en los estudios previos de la regulación del río Mendoza, que fueron tomados y adaptados de los criterios de garantía usados en España (Estrada Lorenzo y Luján García, 1993), donde se tienen en cuenta las siguientes circunstancias:

1. que durante un mes no se satisfaga el 75 % de la demanda
2. que durante tres meses seguidos, o más, el valor de la disponibilidad de cada mes esté entre el 75 % y el 80 % de la demanda.

324. Cumplidas estas condiciones, la garantía que generalmente se considera aceptable, se sitúa entre el 85% y 90%. El método presenta el inconveniente que no considera la secuencia de la presentación de los fallos, ya que, si los fallos se concentran en un determinado periodo, el servicio es peor que si se distribuyen a lo largo del tiempo.

4 BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL ACTUAL

4.1 INTRODUCCIÓN

325. Los trabajos realizados responden a la actualización del Balance Hídrico – Río Tunuyán Inferior, que el DGI realizó en el año 2015/2016 en general; y para las Unidades Administrativas de Manejo que son dotadas tanto con escurrimientos superficiales del Río Tunuyán, desde el Dique El Carrizal en primera medida, y el Azud derivador Benegas en segundo grado.

326. Para realizar la actualización del balance se completó la serie de datos hidrometeorológicos desde 2015 al 2021 en el modelo de simulación WEAP originalmente utilizado, calibrado y validado para que los resultados simulados representen la realidad de manera satisfactoria y con respaldo estadístico.

4.2 OFERTA

327. De acuerdo a los antecedentes metodológicos presentados, el balance de aguas superficiales actual se modeló con el hidrograma correspondiente a un Año Medio.

4.3 DEMANDA

328. Las demandas utilizadas en este escenario corresponden a:

- ✓ las 60.424 ha cultivadas actuales,
- ✓ las parcelas que reciben dotación de riego desde el Dique Benegas,
- ✓ la eficiencia de aplicación actual,
- ✓ la información meteorológica de la Dirección de Contingencias Climáticas en coincidencia con los años hidrológicos medios, y
- ✓ los usos del suelo a través de la metodología de Google Earth Engine.

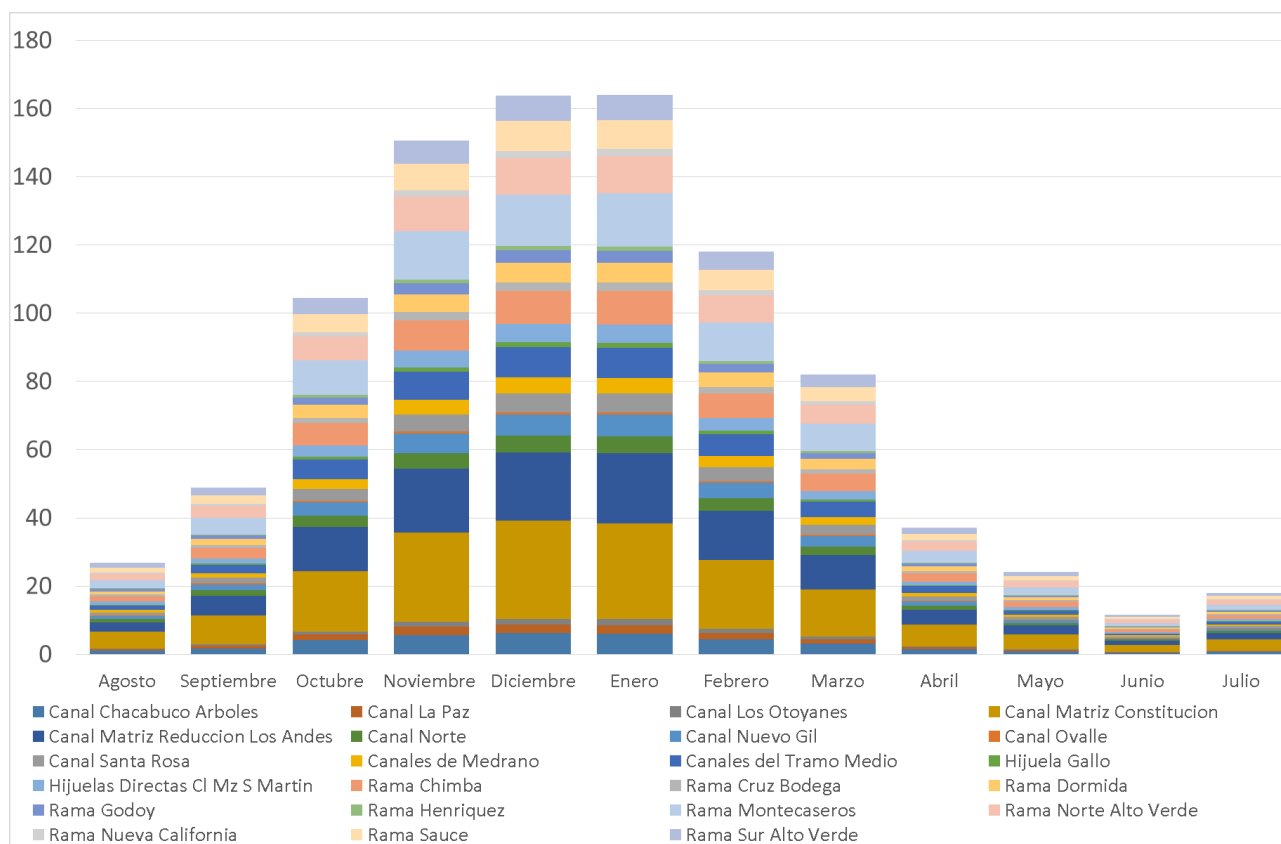
329. Se entiende como Eficiencia de Aplicación “actual”, al valor de eficiencia de riego parcelaria obtenido para años hidrológicos medios y secos, mediante la evaluación de desempeño del riego en finca. Se realiza esta aclaración ya que el valor de eficiencia de riego parcelaria varía según el volumen de oferta disponible.

330. Para el Año Medios, cuando los volúmenes de agua distribuida son un poco mayores 14.300 m³/ha/año (haSí o al día), las eficiencias, consecuentemente, son más bajas (55 %).

331. Para Años Secos, con valores de distribución aproximados a los 10.500 m³/ha/año (haSí o al día) en promedio, la eficiencia es necesariamente mayor, y los ensayos de desempeño del riego en finca lo demuestran. En promedio se alcanzan valores superiores a los fijados como Eficiencia Razonable en el Balance Hídrico anterior (60%) llegando a valores de 62,1 % en finca como promedio (valor obtenido de mediciones realizadas en la cuenca).

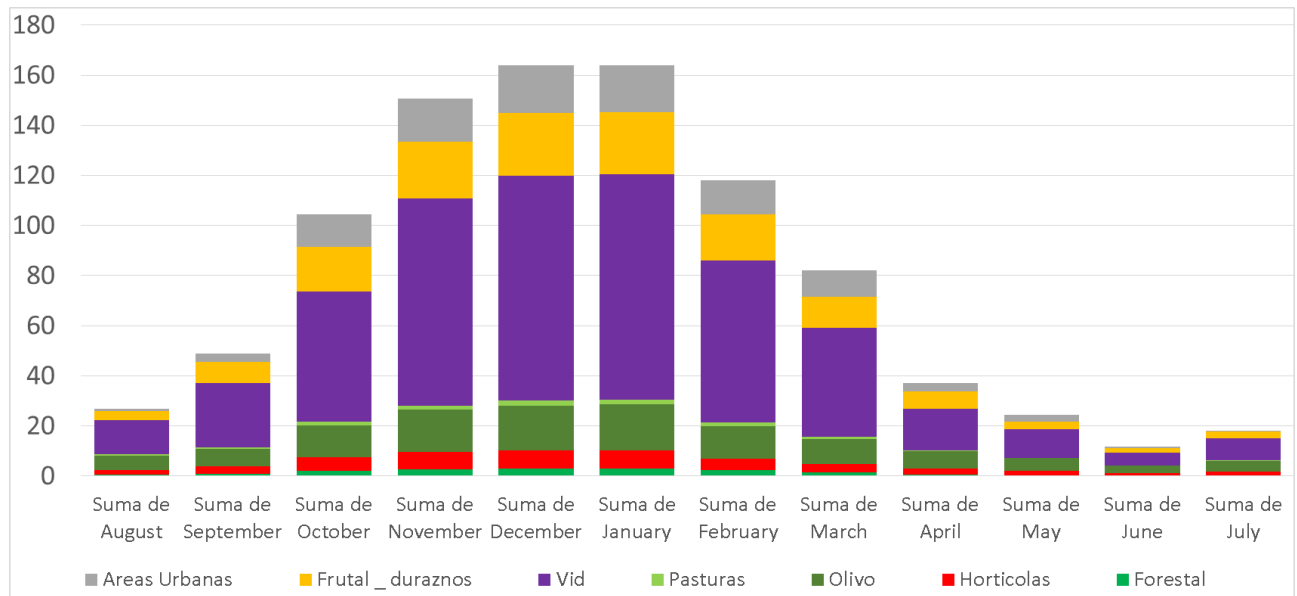
332. En la Figura 39 se observa el comportamiento de la demanda por UAM, mes a mes, a lo largo del año, resumen de los valores de la O.

Figura 39. Demanda Bruta – Situación Actual, por UAM (hm³)



333. En la Figura 40 se observa el comportamiento de la demanda por tipo de uso a lo largo del año, con su distribución estacional. Se advierte que la vid es el uso que presenta mayor demanda, pero no por su demanda como cultivo, sino por la significativa superficie cultivada que se refleja en las células de cultivo. Cabe recordar que en el oasis del río Tunuyán Inferior, la vid, los frutales y el olivo (cultivos perennes) son los cultivos predominantes.

Figura 40. Demanda bruta por tipo de cultivo para la eficiencia actual (hm³).



4.4 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN

334. Como se presentó anteriormente, los resultados obtenidos para cada modelación son: la Insatisfacción de la Demanda, la Cobertura de la Demanda, tanto por Suma de Fallos como Global, y la Garantía del sistema de riego.

335. Es importante aclarar que el modelo ha tenido en cuenta, para el cálculo de la cobertura, la distribución hídrica promedio histórica, la cual genera estas curvas de cobertura que presentan fallos a lo largo de la temporada. Puede concluirse, en consecuencia, que la modelación realizada simula la erogación de agua del dique Valle Benegas que han efectuado los operadores del sistema.

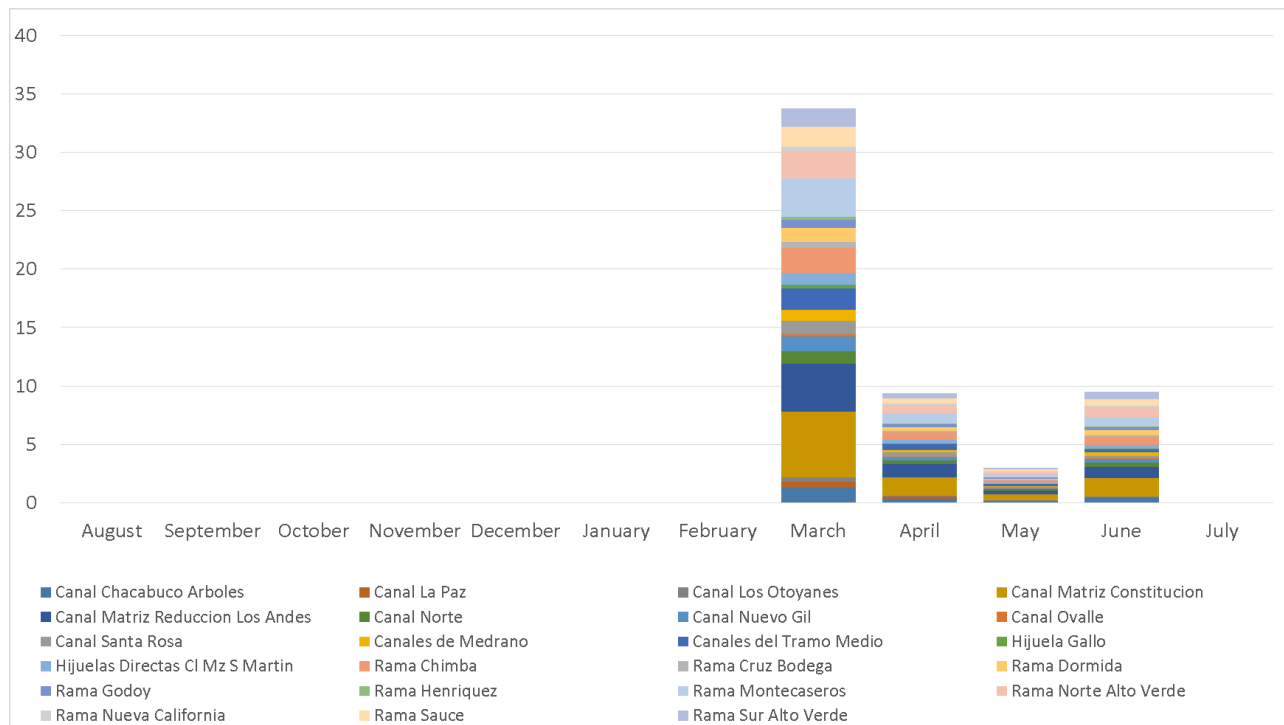
336. Cabe destacar, a la hora de analizar el balance hídrico, el papel que juega el Dique Carrizal. Si bien la presencia del mismo no afecta la cobertura anual global, ya que esta última depende de la oferta natural, sí genera un efecto positivo en cómo se va presentando la cobertura mes a mes.

337. El efecto de regulación estacional que posee el dique permite erogar agua en los momentos en que la oferta natural aún no alcanza a satisfacer las demandas de inicio de temporada (agosto, septiembre y octubre), para luego comenzar a recuperar en los meses en donde la fusión nival es más elevada y produce mayores caudales. Luego, en la corta anual de invierno, la mayor parte del derrame del río de esta época se destina a almacenarse en el embalse.

4.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA

338. La Figura 41 y la Tabla 23 muestran los resultados de insatisfacción de la demanda de todas las UAM, y en ella se ponen de manifiesto los déficits mensuales generados por la relación oferta/demanda.

Figura 41. Insatisfacción de la Demanda, por UAM (hm³)



339. Al analizar el balance con una oferta media y las eficiencias que se alcanzan en los años de escasez hídrica, se puede observar que en los meses de agosto a febrero no se observan fallos en la cobertura de la demanda ya que en esos meses el efecto regulador (estacional) del embalse hace que se puedan cubrir estas demandas (calculadas con eficiencias altas de años hidrológicos secos).

340. Para la obtención de este efecto regulador del embalse se ha colocado una simple regla de operación que da prioridad al abastecimiento de los cultivos entre agosto y febrero para luego priorizar el llenado del embalse desde marzo en adelante. A partir de febrero, cuando se comienza a restituir el nivel del embalse, se observan las mayores insatisfacciones de la demanda. En los meses de mayo y junio las bajas demandas de los cultivos hacen que no se presente insatisfacción y luego en julio se presenta nuevamente insatisfacción debido a la corta anual.

341. El efecto regulador del Dique Carrizal, disminuye sensiblemente la insatisfacción de las demandas a inicio de temporada, cuando aún no se ha iniciado la fusión nival y ya se tiene un importante crecimiento de los cultivos (primavera), para luego recuperar el agua desembalsada, en los meses de mayor fusión.

342. Entre marzo y mayo se observan los mayores déficits, que en conjunto suman algo más de 46 hm³ en total, representando el 83 % de la insatisfacción total y el 4,8 % de la demanda bruta total.

343. Cabe recordar que se ha realizado este cálculo con la oferta media y la eficiencia (alta) de años secos, de manera de poner en evidencia que, si se mantienen estas eficiencias en años medios, la situación hídrica de la cuenca es favorable.

344. También pueden observarse las insatisfacciones generadas en los meses de invierno a causa de la corta anual necesaria para realizar los mantenimientos de la red de riego.

4.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA

345. En las Tabla 24 y Figura 42 se presentan los resultados de la cobertura de la demanda para la situación actual (Cobertura por Suma de Fallos y la Cobertura Anual Global).

346. En la Figura 42 se observa que las coberturas se separan del 100% a partir de febrero, ya que el dique baja su nivel, y hasta que el operador comienza a restringir la erogación para no bajar por debajo de niveles que luego no puedan recuperarse. Durante el invierno, con menor demanda, se realiza la corta de aguas por obras de mantenimiento, mejoramiento de la red de distribución, 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 produce fallos en usos agrícolas (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.

347. La cobertura anual global para las UAM que se abastecen del Río Tunuyán es del 100%. Y la cobertura por suma de fallos es del 94,1%. Es interesante observar que, si este escenario se evalúa bajo un régimen hidrológico de año seco, estas coberturas caen al 68% y 75,8% respectivamente.

4.4.3 GARANTÍAS

348. Las UAM que toman agua del Río Tunuyán poseen una cobertura anual global del 100%. Este valor indica que con los volúmenes anuales de oferta (derrame anual) se puede abastecer el 100% de la demanda bruta de esas UAM.

349. Sin embargo, considerando la temporalidad con la que se van presentando la oferta y la demanda, se producen déficits o fallos mensuales. Estos déficits generan coberturas

mensuales (para los meses en donde se destina la prioridad a llenar el embalse) algo más bajas, rondando el 94% anual y castigando al mes de marzo con un 59%.

350. En este caso en particular, aunque considerando la configuración de eficiencias y oferta asignada, y pese a que la capacidad de regulación del embalse permite guardar el agua de los meses con superávit para luego distribuirlos en los meses con déficit, no se cumplen los criterios de garantía fijados metodológicamente. Esta condición se da ya que existe un mes en el que la cobertura baja por debajo del límite establecido por la regla, esfuerzo que debe hacerse para retomar cota en el embalse.

351. Al haber meses donde la cobertura se sitúa por debajo del umbral del 75%, y hasta valores del 59%, no se cumple con las reglas establecidas de garantía.

352. En conclusión, la Situación Actual, no cumple los criterios de garantía de riego estipulados, para un Año Medio bajo la configuración indicada.

Tabla 22 Demanda Bruta mensual, por UAM, Eficiencia Actual, año Medio (hm³)

UM	Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
C. Chacabuco Arboles	2155	1,00	1,74	4,07	5,69	6,26	6,06	4,37	3,07	1,43	0,95	0,44	0,66	35,74
C. La Paz	882	0,47	0,80	1,65	2,30	2,51	2,54	1,89	1,35	0,61	0,38	0,20	0,30	14,99
C. Los Otoyanes	710	0,21	0,46	1,02	1,55	1,67	1,71	1,21	0,82	0,31	0,20	0,08	0,14	9,38
C. Matriz Constitución	9415	4,95	8,40	17,66	26,21	28,77	28,10	20,18	13,75	6,35	4,20	2,08	3,32	163,96
C. Mz Reducción Los Andes	8098	2,76	5,73	12,95	18,62	20,04	20,48	14,52	10,02	4,33	2,68	1,12	1,88	115,13
C. Norte	1553	0,91	1,68	3,24	4,51	4,82	4,96	3,63	2,57	1,20	0,78	0,43	0,62	29,36
C. Nuevo Gil	2584	0,80	1,72	3,90	5,83	6,28	6,45	4,57	3,13	1,24	0,78	0,31	0,53	35,53
C. Ovalle	233	0,21	0,22	0,42	0,58	0,64	0,62	0,44	0,33	0,22	0,16	0,10	0,15	4,09
C. Santa Rosa	1681	0,97	1,73	3,59	5,01	5,48	5,53	4,11	2,89	1,30	0,79	0,43	0,64	32,46
C. de Medrano	1623	0,80	1,29	2,77	4,29	4,76	4,55	3,28	2,22	0,94	0,68	0,32	0,51	26,41
C. del Tramo Medio	3039	1,24	2,43	5,88	8,16	8,86	8,94	6,40	4,55	2,04	1,28	0,54	0,83	51,15
Hij. Gallo	567	0,19	0,39	0,85	1,31	1,41	1,45	1,02	0,69	0,27	0,18	0,07	0,13	7,96
Hi. Dir. CI Mz S Martin	1943	0,90	1,49	3,17	4,88	5,37	5,19	3,73	2,53	1,07	0,77	0,36	0,58	30,03
R. Chimba	4067	1,63	3,16	6,57	9,00	9,64	9,98	7,16	5,13	2,48	1,60	0,74	1,13	58,21
R. Cruz Bodega	899	0,47	0,71	1,53	2,31	2,56	2,45	1,76	1,21	0,55	0,40	0,20	0,31	14,48
R. Dormida	1847	0,93	1,79	3,82	5,28	5,78	5,82	4,32	3,02	1,39	0,81	0,45	0,64	34,06
R. Godoy	1269	0,67	1,04	2,21	3,26	3,60	3,45	2,46	1,69	0,81	0,59	0,29	0,46	20,53
R. Henríquez	444	0,22	0,35	0,72	1,12	1,24	1,18	0,85	0,57	0,25	0,18	0,09	0,14	6,90
R. Montecaseros	6891	2,26	4,92	10,13	14,20	15,12	15,78	11,35	7,99	3,60	2,21	0,96	1,56	90,08
R. Norte Alto Verde	4316	2,02	3,55	7,09	10,01	10,74	10,94	7,96	5,69	2,71	1,81	0,94	1,38	64,83
R. Nueva California	614	0,31	0,58	1,25	1,77	1,94	1,95	1,45	1,01	0,43	0,27	0,14	0,21	11,30
R. Sauce	2940	1,55	2,44	5,22	7,97	8,82	8,44	6,06	4,12	1,82	1,33	0,64	1,02	49,44
R. Sur Alto Verde	2655	1,41	2,32	4,75	6,84	7,48	7,36	5,36	3,77	1,80	1,22	0,65	0,95	43,90
Total Tunuyán Inferior	60424	26,89	48,93	104,46	150,71	163,80	163,92	118,08	82,12	37,13	24,24	11,59	18,07	949,93

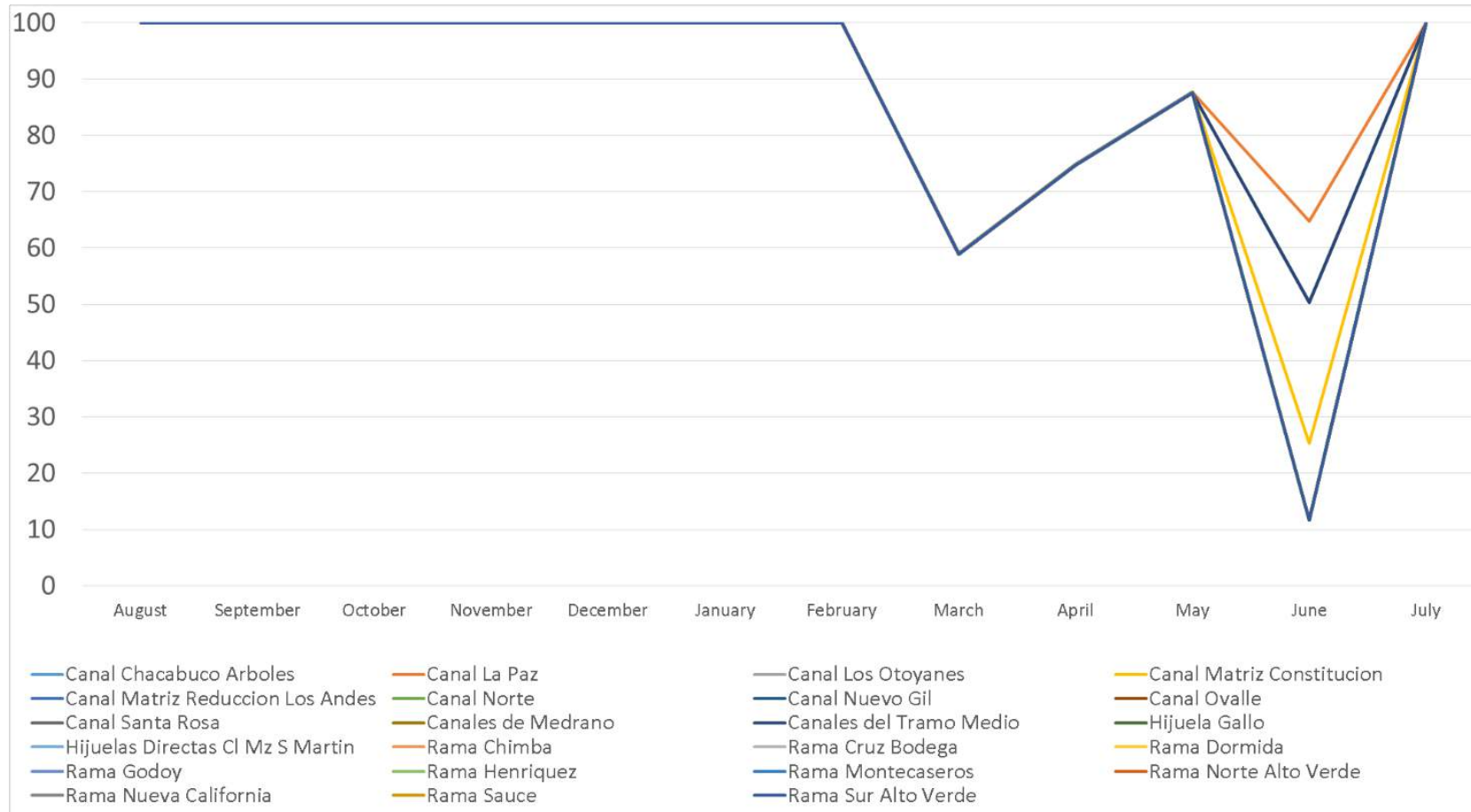
Tabla 23 Insatisfacción de la Demanda – Situación Actual, por UAM (hm³)

UM	Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Chacabuco Arboles	2155	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,26	-0,36	-0,12	-0,39	0,00	-2,13
Canal La Paz	882	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,55	-0,15	-0,05	-0,07	0,00	-0,82
Canal Los Otoyanes	710	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,34	-0,08	-0,02	-0,07	0,00	-0,51
Canal Matriz Constitución	9415	0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-5,65	-1,60	-0,52	-1,56	0,00	-9,33
Canal Matriz Reducción Los Andes	8098	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-4,12	-1,09	-0,33	-0,99	0,00	-6,54
Canal Norte	1553	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,06	-0,30	-0,10	-0,38	0,00	-1,84
Canal Nuevo Gil	2584	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,29	-0,31	-0,10	-0,27	0,00	-1,97
Canal Ovalle	233	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,13	-0,05	-0,02	-0,09	0,00	-0,30
Canal Santa Rosa	1681	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,19	-0,33	-0,10	-0,21	0,00	-1,83
Canales de Medrano	1623	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,91	-0,24	-0,08	-0,28	0,00	-1,52
Canales del Tramo Medio	3039	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	-1,87	-0,51	-0,16	-0,27	0,00	-2,81
Hijuela Gallo	567	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,28	-0,07	-0,02	-0,06	0,00	-0,44
Hijuelas Directas CI Mz S Martin	1943	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,04	-0,27	-0,10	-0,32	0,00	-1,72
Rama Chimba	4067	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,11	-0,63	-0,20	-0,65	0,00	-3,59
Rama Cruz Bodega	899	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,14	-0,05	-0,18	0,00	-0,86
Rama Dormida	1847	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,24	-0,35	-0,10	-0,40	0,00	-2,09
Rama Godoy	1269	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,69	-0,21	-0,07	-0,26	0,00	-1,23
Rama Henríquez	444	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,23	-0,06	-0,02	-0,08	0,00	-0,40
Rama Montecaseros	6891	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,28	-0,91	-0,27	-0,85	0,00	-5,32
Rama Norte Alto Verde	4316	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,34	-0,69	-0,23	-0,83	0,00	-4,07
Rama Nueva California	614	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,42	-0,11	-0,03	-0,13	0,00	-0,68
Rama Sauce	2940	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,69	-0,46	-0,16	-0,57	0,00	-2,89
Rama Sur Alto Verde	2655	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,55	-0,45	-0,15	-0,57	0,00	-2,73
Sub Total Tunuyán Inferior	60424	0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-33,76	-9,38	-3,01	-9,47	0,00	-55,62

Tabla 24 Cobertura de la Demanda – Situación Actual, por UAM (hm³)

UM	Sup Emp. Cultivada (ha)	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Oferta Disponible	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Canal Chacabuco Arboles	2155	35,74	32,49	36,06	-2,13	94,0%	0,32	100%
Canal La Paz	882	14,99	13,63	15,13	-0,82	94,5%	0,13	100%
Canal Los Otoyanes	710	9,38	8,53	9,46	-0,51	94,6%	0,08	100%
Canal Matriz Constitución	9415	163,96	149,07	165,41	-9,33	94,3%	1,45	100%
Canal Matriz Reducción Los Andes	8098	115,13	106,64	116,16	-6,54	94,3%	1,02	100%
Canal Norte	1553	29,36	26,69	29,62	-1,84	93,7%	0,26	100%
Canal Nuevo Gil	2584	35,53	32,31	35,85	-1,97	94,5%	0,32	100%
Canal Ovalle	233	4,09	3,72	4,13	-0,30	92,7%	0,04	100%
Canal Santa Rosa	1681	32,46	29,52	32,75	-1,83	94,4%	0,29	100%
Canales de Medrano	1623	26,41	24,01	26,65	-1,52	94,3%	0,23	100%
Canales del Tramo Medio	3039	51,15	46,51	51,61	-2,81	94,5%	0,45	100%
Hijuela Gallo	567	7,96	7,40	8,03	-0,44	94,5%	0,07	100%
Hijuelas Directas CI Mz S Martin	1943	30,03	27,30	30,29	-1,72	94,3%	0,27	100%
Rama Chimba	4067	58,21	52,93	58,73	-3,59	93,8%	0,52	100%
Rama Cruz Bodega	899	14,48	13,17	14,61	-0,86	94,0%	0,13	100%
Rama Dormida	1847	34,06	30,97	34,36	-2,09	93,9%	0,30	100%
Rama Godoy	1269	20,53	18,67	20,71	-1,23	94,0%	0,18	100%
Rama Henríquez	444	6,90	6,27	6,96	-0,40	94,3%	0,06	100%
Rama Montecaseros	6891	90,08	81,90	90,88	-5,32	94,1%	0,80	100%
Rama Norte Alto Verde	4316	64,83	58,95	65,41	-4,07	93,7%	0,58	100%
Rama Nueva California	614	11,30	10,27	11,40	-0,68	94,0%	0,10	100%
Rama Sauce	2940	49,44	44,95	49,88	-2,89	94,2%	0,44	100%
Rama Sur Alto Verde	2655	43,90	39,92	44,29	-2,73	93,8%	0,39	100%
Sub Total Tunuyán Inferior	60424	949,93	865,83	958,36	-55,62	94,1%	8,43	100%

Figura 42. Cobertura de la demanda (%) - Situación actual, por UAM (%)



5 ESCENARIOS PROSPECTIVOS

5.1 INTRODUCCION

353. En el apartado anterior se han determinado relaciones de oferta y demanda para la situación actual y para todos los derechos, considerando la eficiencia actual y las reglas de operación del embalse y diques derivadores, teniendo en cuenta el promedio (tanto hidrológico como de demandas) de toda la serie de tiempo considerada (2005 – 2020).

354. El objeto de este apartado es estudiar el comportamiento del sistema hídrico ya abordado, frente a escenarios multivariados o combinados, que incorporan diferentes factores de cambio: distintas ofertas hidrológicas (medias y secas), cambios en la eficiencia de riego, diferentes usos y superficies dotadas, para desde allí analizar prospectivamente el comportamiento del indicador cobertura de la demanda.

355. Estos escenarios prospectivos son fundamentales al momento de tomar decisiones estratégicas y las correspondientes planificaciones necesarias para alcanzarlas.

356. Los escenarios analizados son:

- **Máximo Compromiso:** se cultiva toda la superficie empadronada de la cuenca. Este escenario representa la máxima demanda de agua que puede llegar a tener la cuenca. Se utiliza la eficiencia de aplicación razonable.
- **Todo Empadronamiento al 100%:** situación en la que todos los permisos y concesiones de uso de agua tienen el mismo factor de entrega. Esto modifica la superficie cultivada y los criterios de distribución del recurso. Se utiliza la eficiencia de aplicación razonable.

Tabla 25 Superficies para Escenarios Prospectivos

Escenario	Superficie considerada
Actual	60.424 ha
Sup Total Empadronada	86.086 ha
Coefficiente de Entrega al 100%	63.144 ha

6 ESCENARIO PROSPECTIVO - MAXIMO COMPROMISO

6.1 INTRODUCCIÓN

357. La situación en la que la demanda de uso del recurso es máxima se da cuando toda la superficie empadronada se encuentra cultivada.

358. Este escenario se analiza con una eficiencia de aplicación actual del 62,1%.

6.2 OFERTA

359. Se toman los regímenes hidrológicos de años medios y secos para el análisis.

6.3 DEMANDA

360. Las demandas utilizadas en este escenario corresponden a:

- ✓ 86.086 ha cultivadas (total superficie empadronada), es decir, un aumento del 30 % respecto de las 60.424 ha cultivadas actuales.
- ✓ Las parcelas que reciben dotación de riego desde el Río Tunuyán.
- ✓ La eficiencia de aplicación para los escenarios prospectivos es de: 79,7%.
- ✓ La información meteorológica de la Dirección de Contingencias Climáticas en coincidencia con los años hidrológicos utilizados como oferta (medio y seco).
- ✓ Los usos de suelo obtenidos a través de la metodología Google Earth Engine.

361. Para el cálculo de la demanda en este escenario, el aumento de la superficie se lo ha considerado con vid, frutales y forestal en detrimento de la superficie inculta (suelo descubierto y cultivos abandonados). En las tablas se observa que los usos suelo descubierto y abandonado tienen demanda de agua, representando los nuevos usos de suelo.

362. Obsérvese que la demanda total para las unidades de manejo en la situación actual con eficiencia actual es de: 945 hm³/año, en el escenario de máximo compromiso, con la misma eficiencia, este valor se elevaría a 1.356 hm³/año. Para este escenario calculado con la eficiencia razonable el valor de demanda bruta total es de 913 hm³/año. El peso sobre la demanda de la superficie abandonada que se simula como cultivada hace que la demanda sea

mayor que en el escenario actual con un 30% menos de superficie cultivada, pero calculada con la eficiencia razonable, los valores son comparables.

6.3.1 DEMANDA BRUTA AÑO MEDIO

363. En la Figura 43 se observa el comportamiento de la demanda expresada en hm³ para los Años Medios por UAM, mes a mes, a lo largo del año y la Figura 44 por tipo de uso.

Figura 43. Demanda Bruta - Máximo Compromiso Año Medio, por UAM (hm³)

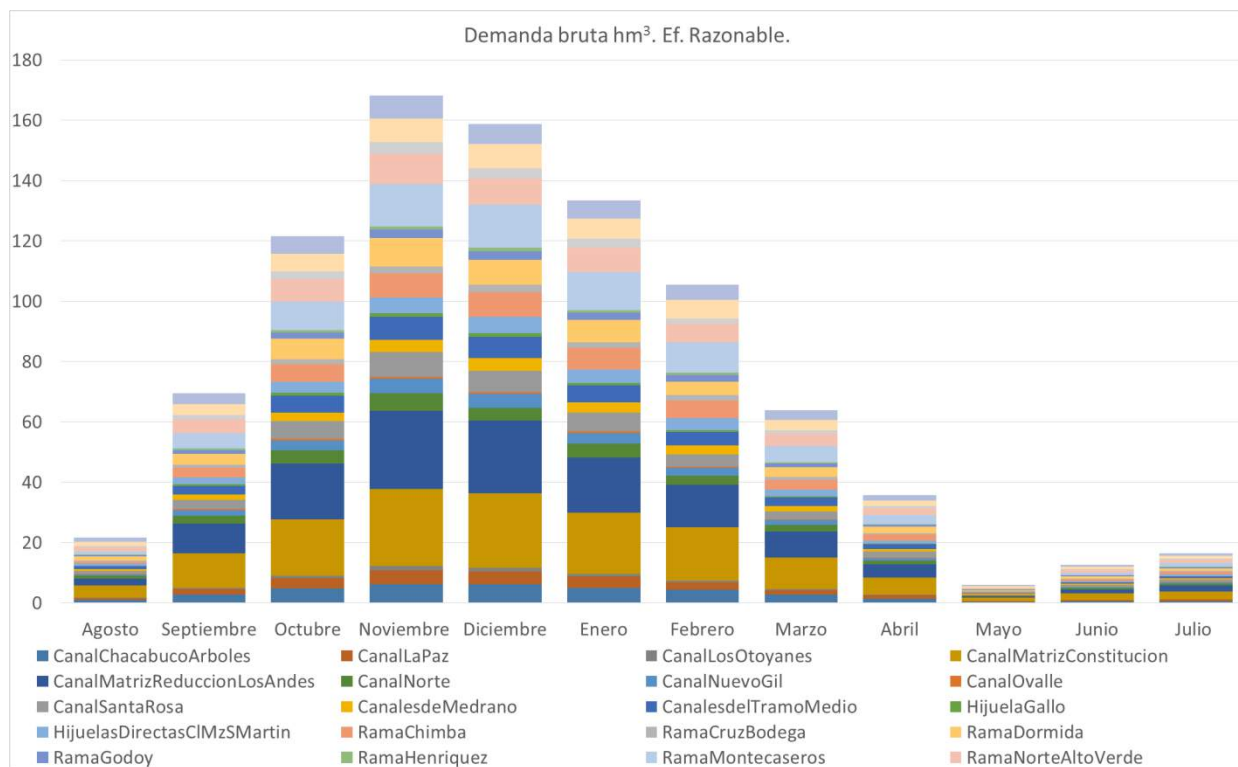
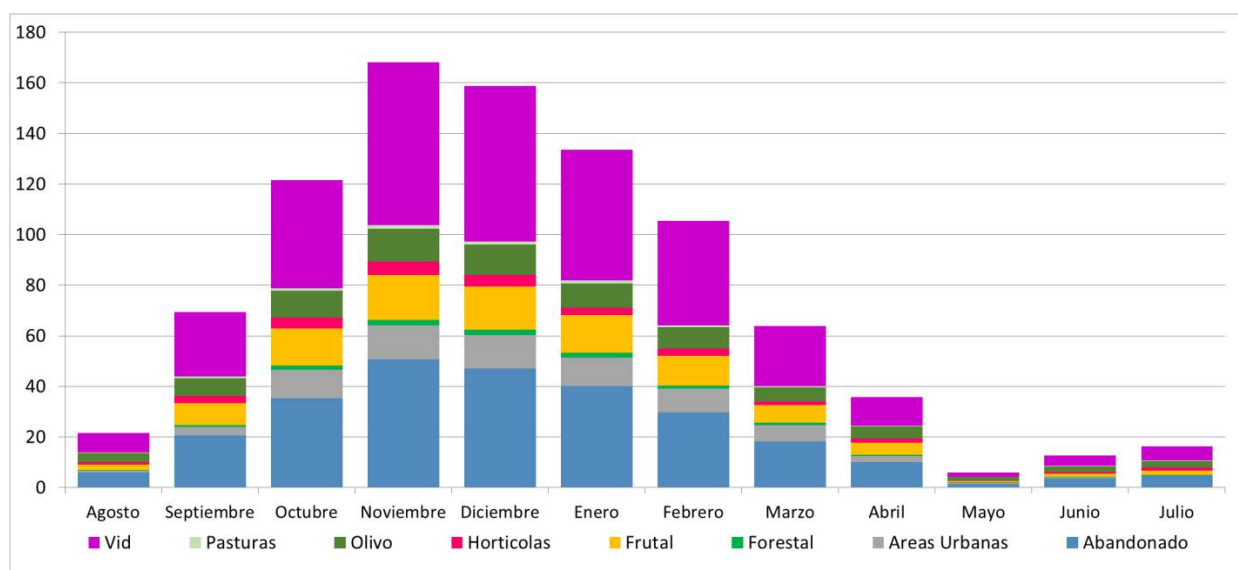


Figura 44. Demanda Bruta - Máximo Compromiso Año Medio, por Tipo Uso (hm³)



6.3.2 DEMANDA BRUTA AÑO SECO

364. En la Figura 45 se observa el comportamiento de la demanda expresada en hm³ para Años Secos por UAM, mes a mes, a lo largo del año y la Figura 46 por tipo de uso.

Figura 45. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, por UAM (hm³)

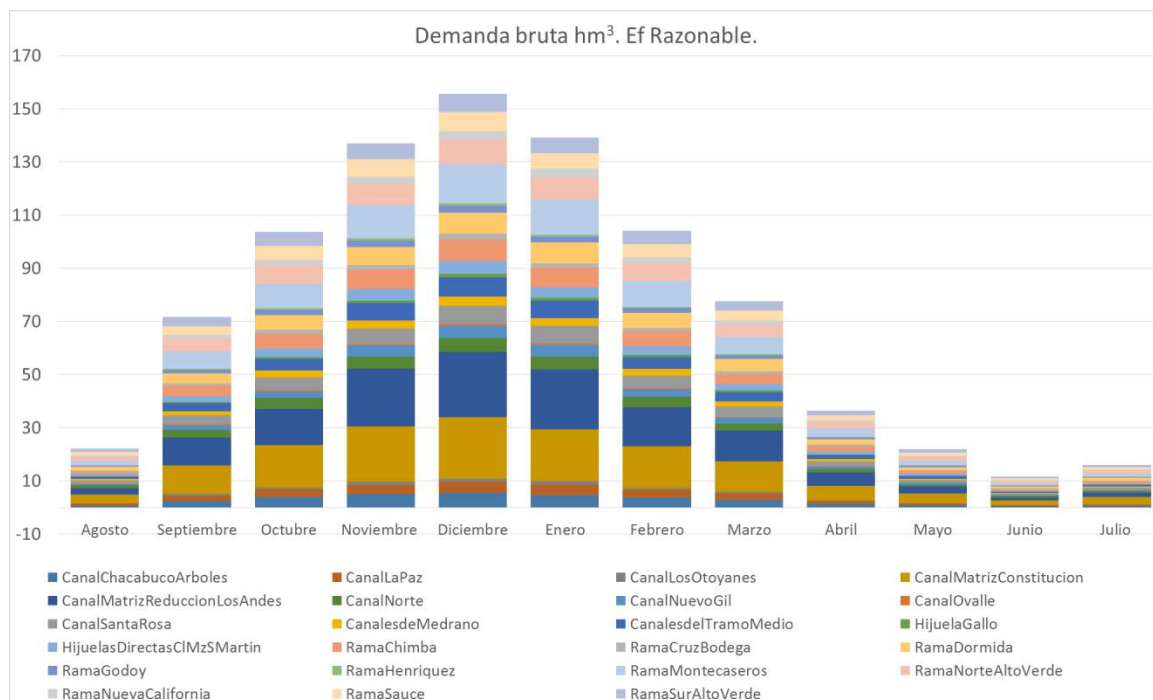
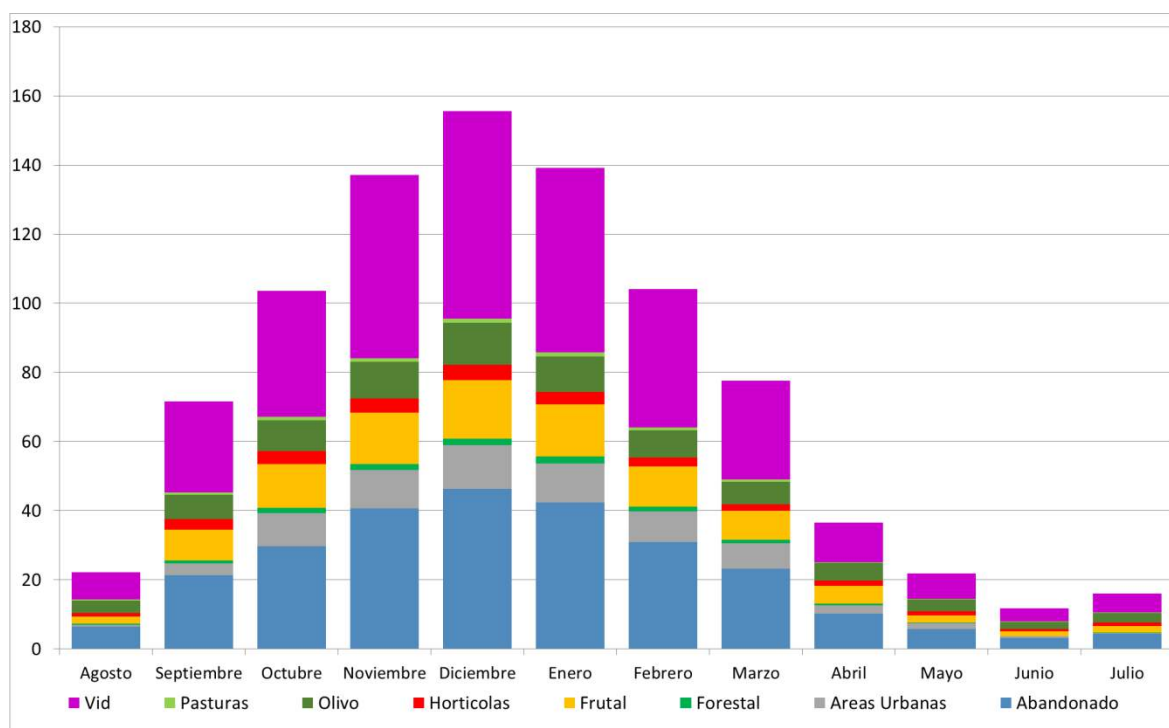


Figura 46. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, por Tipo Uso (hm³)



6.4 RESULTADOS DE LA MODELACION

6.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA

365. En las , se presentan la insatisfacción de las demandas para años hidrológicos medios.

366. En las , se presentan la insatisfacción de las demandas para años hidrológicos secos.

6.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA

367. En las , se presentan los resultados de la cobertura de la demanda para la un año medio.

368. En las , se presentan los resultados de la cobertura de la demanda para la un año seco.

6.4.3 GARANTÍAS

Garantía - Año Medio

369. Las UAM que toman agua del Río Tunuyán poseen una cobertura anual global del 100%. Este valor indica que con los volúmenes anuales de oferta (derrame anual) se puede abastecer el 100% de la demanda bruta de esas UAM.

370. Sin embargo, considerando la temporalidad con la que se van presentando la oferta y la demanda, se producen déficits o fallos mensuales. Estos déficits generan coberturas mensuales mucho más bajas que el valor de 100% anual, llegando en un mes al 60%.

371. Al igual que la situación actual, no cumple los criterios de garantía de riego estipulados para un año medio. Por lo tanto, considerando la superficie total empadronada como demandante de riego, no se cumple con la condición de garantía del sistema de riego, para años hidrológicos medios. Sin embargo, los valores de cobertura son similares a los presentados para la situación actual con una mayor superficie demandado agua, esto se da ya que se mejoran los valores de eficiencia de aplicación.

Garantía - Año Seco

372. Para años secos los indicadores de cobertura son los siguientes: Cobertura Anual Global del 68% y Cobertura por Suma de Fallo del 65 %. Bajo este régimen hídrico con mayor razón no se cumple con los criterios de garantía.

Tabla 26 Demanda Bruta – Máximo Compromiso - Año Medio, para UAM (hm³)

UAM	Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
C. Chacabuco Arboles	3000	0,93	2,68	4,72	6,12	6,15	4,95	4,45	2,67	1,40	0,37	0,50	0,59	35,54
C. La Paz	2414	0,68	1,84	3,39	4,78	4,19	3,75	2,24	1,55	1,09	0,15	0,43	0,51	24,60
C. Los Otoyanes	797	0,11	0,49	0,92	1,37	1,25	0,95	0,70	0,43	0,21	0,02	0,06	0,10	6,60
C. Matriz Constitución	11636	3,99	11,34	18,68	25,39	24,80	20,15	17,64	10,42	5,59	1,29	2,10	2,63	144,03
C. Mz Reducción Los Andes	14242	2,32	9,85	18,37	25,98	23,97	18,39	14,01	8,54	4,59	0,42	1,32	1,99	129,74
C. Norte	2535	0,88	2,75	4,42	5,83	4,39	4,61	3,17	2,22	1,22	0,15	0,48	0,65	30,77
C. Nuevo Gil	2791	0,42	1,77	3,39	4,93	4,51	3,46	2,57	1,59	0,81	0,06	0,23	0,36	24,10
C. Ovalle	307	0,17	0,33	0,49	0,62	0,62	0,50	0,47	0,28	0,20	0,07	0,09	0,11	3,96
C. Santa Rosa	3595	1,13	3,12	5,79	8,11	7,12	6,41	3,84	2,64	1,83	0,26	0,72	0,84	41,82
C. de Medrano	1932	0,67	1,76	2,87	3,98	4,07	3,31	3,05	1,77	0,85	0,28	0,34	0,40	23,35
C. del Tramo Medio	3659	0,81	2,91	5,73	7,63	7,20	5,63	4,47	2,85	1,56	0,23	0,47	0,62	40,09
Hij. Gallo	708	0,11	0,47	0,87	1,29	1,18	0,89	0,66	0,40	0,21	0,02	0,06	0,10	6,27
Hij. Dir CI Mz S Martin	2682	0,80	2,29	3,73	5,24	5,38	4,40	4,00	2,27	1,11	0,31	0,43	0,52	30,47
R. Chimba	4663	0,68	3,13	5,73	8,03	8,31	7,12	5,84	3,22	1,90	0,15	0,59	0,85	45,55
R. Cruz Bodega	1120	0,41	1,02	1,65	2,25	2,30	1,86	1,73	1,01	0,52	0,17	0,21	0,25	13,38
R. Dormida	4443	1,25	3,59	6,74	9,42	8,30	7,46	4,48	3,07	2,15	0,30	0,83	0,96	48,55
R. Godoy	1415	0,51	1,32	2,14	2,85	2,89	2,32	2,17	1,25	0,69	0,22	0,28	0,33	16,97
R. Henríquez	514	0,18	0,46	0,73	1,01	1,03	0,83	0,77	0,44	0,22	0,07	0,09	0,11	5,95
R. Montecaseros	8841	0,90	5,18	9,51	14,02	14,40	12,63	10,00	5,36	2,93	0,08	0,81	1,28	77,10
R. Norte Alto Verde	5536	1,39	4,50	7,44	10,06	8,64	8,22	6,24	4,01	2,25	0,33	0,85	1,13	55,07
R. Nueva California	1767	0,50	1,40	2,64	3,75	3,29	2,96	1,77	1,21	0,83	0,12	0,33	0,38	19,16
R. Sauce	3731	1,38	3,58	5,79	7,92	8,08	6,54	6,08	3,50	1,76	0,57	0,71	0,84	46,77
R. Sur Alto Verde	3759	1,38	3,63	5,83	7,63	6,74	6,12	5,04	3,25	1,76	0,44	0,71	0,86	43,38
Sub Total Tunuyán Inferior	86086	21,60	69,41	121,59	168,19	158,81	133,46	105,40	63,93	35,68	6,05	12,67	16,40	913,19

Tabla 27 Demanda Bruta – Máximo Compromiso - Año Seco, para UAM (hm³)

UAM	Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
C. Chacabuco Arboles	3000	0,76	2,54	4,07	5,03	5,57	4,64	3,79	2,88	1,37	0,91	0,45	0,61	32,63
C. La Paz	2414	0,77	1,96	2,82	3,44	4,01	3,98	2,79	2,38	1,06	0,58	0,37	0,48	24,64
C. Los Otoyanes	797	0,12	0,53	0,68	1,15	1,29	1,20	0,76	0,60	0,23	0,13	0,05	0,08	6,83
C. Matriz Constitución	11636	3,23	10,83	15,82	20,78	23,12	19,54	15,62	11,55	5,55	3,59	1,85	2,70	134,20
C. Mz Reducción Los Andes	14242	2,47	10,51	13,71	21,78	24,49	22,52	14,78	11,53	4,93	2,65	1,12	1,74	132,22
C. Norte	2535	1,00	2,73	4,04	4,54	5,32	4,87	3,98	2,56	1,40	0,78	0,51	0,62	32,34
C. Nuevo Gil	2791	0,46	1,92	2,52	4,14	4,67	4,35	2,78	2,20	0,88	0,49	0,20	0,31	24,92
C. Ovalle	307	0,15	0,31	0,42	0,51	0,56	0,45	0,38	0,30	0,20	0,14	0,09	0,12	3,64
C. Santa Rosa	3595	1,27	3,31	4,81	5,85	6,82	6,78	4,77	4,02	1,78	0,97	0,63	0,81	41,81
C. de Medrano	1932	0,59	1,62	2,56	3,25	3,59	2,92	2,50	1,83	0,81	0,59	0,31	0,43	21,02
C. del Tramo Medio	3659	0,76	3,03	4,39	6,39	7,17	6,49	4,48	3,59	1,65	0,94	0,39	0,58	39,85
Hij. Gallo	708	0,12	0,51	0,64	1,08	1,22	1,13	0,72	0,56	0,22	0,13	0,05	0,08	6,49
Hij. Dir CI Mz S Martin	2682	0,75	2,19	3,36	4,33	4,82	3,97	3,32	2,39	1,07	0,76	0,40	0,55	27,91
R. Chimba	4663	1,05	3,80	5,49	7,17	8,27	7,39	5,48	3,79	2,00	1,10	0,64	0,82	46,99
R. Cruz Bodega	1120	0,36	0,94	1,47	1,84	2,03	1,64	1,41	1,05	0,50	0,36	0,20	0,27	12,07
R. Dormida	4443	1,42	3,81	5,60	6,79	7,92	7,89	5,55	4,66	2,09	1,12	0,72	0,92	48,49
R. Godoy	1415	0,46	1,23	1,91	2,32	2,57	2,07	1,77	1,31	0,66	0,48	0,26	0,36	15,41
R. Henríquez	514	0,16	0,42	0,65	0,82	0,91	0,74	0,63	0,46	0,21	0,15	0,08	0,12	5,36
R. Monteca-seros	8841	1,57	6,60	9,23	12,55	14,71	13,37	9,67	6,40	3,16	1,65	0,89	1,17	80,97
R. Norte Alto Verde	5536	1,61	4,65	6,85	8,12	9,44	8,42	6,74	4,56	2,45	1,47	0,88	1,10	56,29
R. Nueva California	1767	0,56	1,49	2,19	2,70	3,15	3,13	2,20	1,85	0,80	0,45	0,28	0,36	19,16
R. Sauce	3731	1,22	3,30	5,16	6,47	7,14	5,78	4,96	3,64	1,68	1,23	0,66	0,90	42,15
R. Sur Alto Verde	3759	1,31	3,36	5,22	6,03	6,81	5,80	4,97	3,50	1,82	1,16	0,70	0,89	41,56
Sub Total Tunuyán Inferior	86086	22,17	71,61	103,63	137,08	155,60	139,08	104,05	77,59	36,51	21,85	11,75	16,03	896,96

Tabla 28 Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año medio (hm³)

UAM	Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Chacabuco Arboles	3000	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,69	-0,23	-0,33	-1,11	-0,24	0,00	0,00	-0,57	-3,18
Canal La Paz	2414	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,55	-0,19	-0,28	-0,67	-0,19	0,00	0,00	-0,45	-2,33
Canal Los Otoyanes	797	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,15	-0,05	-0,07	-0,12	-0,04	0,00	0,00	-0,09	-0,53
Canal Matriz Constitución	11636	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-2,88	-0,95	-1,37	-4,34	-0,98	0,00	0,00	-2,30	-12,83
Canal Mz Reducción Los Andes	14242	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-2,95	-0,99	-1,43	-3,66	-0,90	0,00	0,00	-1,93	-11,87
Canal Norte	2535	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,66	-0,22	-0,33	-0,93	-0,24	0,00	0,00	-0,63	-3,00
Canal Nuevo Gil	2791	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,56	-0,19	-0,27	-0,69	-0,16	0,00	0,00	-0,35	-2,21
Canal Ovalle	307	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,07	-0,02	-0,03	-0,05	-0,03	0,00	0,00	-0,11	-0,32
Canal Santa Rosa	3595	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,94	-0,32	-0,47	-0,88	-0,22	0,00	0,00	-0,74	-3,56
Canales de Medrano	1932	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,45	-0,15	-0,21	-0,73	-0,14	0,00	0,00	-0,39	-2,07
Canales del Tramo Medio	3659	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,87	-0,29	-0,42	-1,21	-0,30	0,00	0,00	-0,32	-3,41
Hijuela Gallo	708	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,15	-0,05	-0,07	-0,11	-0,04	0,00	0,00	-0,10	-0,51
Hijuelas Dir Cl Mz S Martin	2682	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	-0,20	-0,28	-0,94	-0,19	0,00	0,00	-0,51	-2,71
Rama Chimba	4663	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,93	-0,31	-0,46	-1,32	-0,32	0,00	0,00	-0,83	-4,17
Rama Cruz Bodega	1120	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,25	-0,08	-0,12	-0,31	-0,09	0,00	0,00	-0,24	-1,10
Rama Dormida	4443	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,09	-0,38	-0,54	-1,32	-0,38	0,00	0,00	-0,94	-4,64
Rama Godoy	1415	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,32	-0,10	-0,15	-0,51	-0,11	0,00	0,00	-0,32	-1,52
Rama Henríquez	514	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,11	-0,04	-0,05	-0,11	-0,03	0,00	0,00	-0,10	-0,45
Rama Montecaseros	8841	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-1,63	-0,55	-0,82	-2,20	-0,51	0,00	0,00	-1,24	-6,95
Rama Norte Alto Verde	5536	0,00	0,00	0,00	-0,00	-1,15	-0,38	-0,57	-1,66	-0,42	0,00	0,00	-1,10	-5,28
Rama Nueva California	1767	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,43	-0,15	-0,22	-0,52	-0,15	0,00	0,00	-0,37	-1,83
Rama Sauce	3731	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,90	-0,29	-0,42	-1,45	-0,30	0,00	0,00	-0,82	-4,17
Rama Sur Alto Verde	3759	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,86	-0,29	-0,42	-1,35	-0,32	0,00	0,00	-0,84	-4,07
Total Tunuyán Inferior	86086	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-19,19	-6,43	-9,33	-26,17	-6,29	0,00	0,00	-15,29	-82,70

Figura 47. Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año medio (hm³)

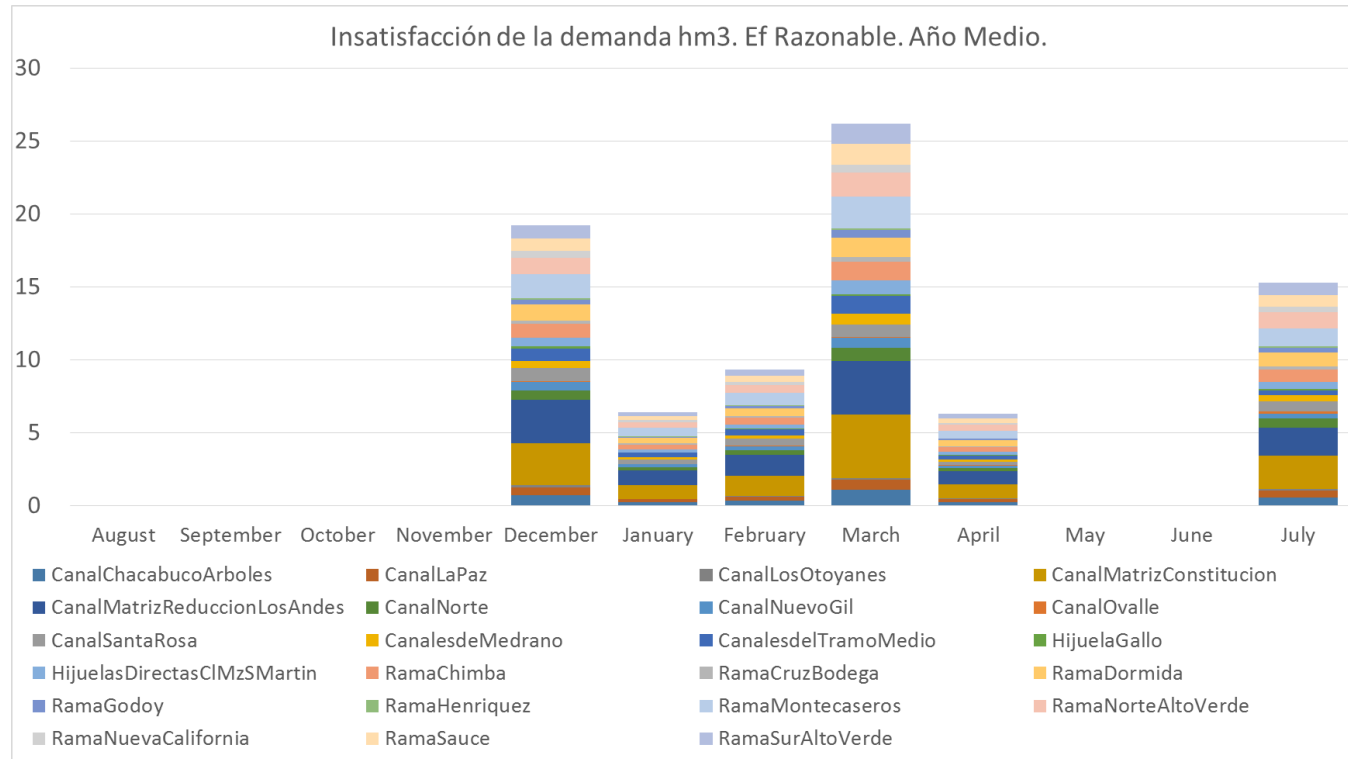


Tabla 29 Insatisfacción de la Demanda - Máximo Compromiso - Año seco (hm³)

UAM	Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Chacabuco Arboles	3000	-0,32	0,00	0,00	-0,94	-2,40	-1,84	-1,09	-2,14	-0,79	-0,30	-0,43	-0,60	-10,86
Canal La Paz	2414	-0,28	0,00	0,00	-0,62	-1,60	-1,49	-0,87	-1,60	-0,55	-0,17	-0,30	-0,42	-7,89
Canal Los Otoyanes	797	-0,04	0,00	0,00	-0,22	-0,51	-0,42	-0,22	-0,37	-0,11	-0,03	-0,05	-0,08	-2,05
Canal Matriz Constitución	11636	-1,33	-0,00	-0,00	-3,92	-9,89	-7,75	-4,51	-8,58	-3,21	-1,20	-1,51	-2,36	-44,26
Canal Mz Reducción Los Andes	14242	-0,99	-0,00	-0,00	-4,27	-10,34	-8,82	-4,49	-8,57	-2,87	-0,87	-1,09	-1,71	-44,02
Canal Norte	2535	-0,39	0,00	0,00	-0,91	-2,28	-1,95	-1,17	-1,91	-0,80	-0,26	-0,50	-0,61	-10,76
Canal Nuevo Gil	2791	-0,17	0,00	0,00	-0,82	-1,87	-1,54	-0,79	-1,62	-0,51	-0,16	-0,19	-0,30	-7,98
Canal Ovalle	307	-0,05	0,00	0,00	-0,09	-0,24	-0,15	-0,11	-0,12	-0,09	-0,04	-0,08	-0,12	-1,10
Canal Santa Rosa	3595	-0,24	0,00	0,00	-0,07	-0,63	-0,70	-0,20	-2,41	-0,39	-0,07	-0,48	-0,68	-5,87
Canales de Medrano	1932	-0,22	0,00	0,00	-0,60	-1,53	-1,15	-0,70	-1,34	-0,47	-0,20	-0,31	-0,42	-6,94
Canales del Tramo Medio	3659	-0,20	0,00	0,00	-1,24	-3,01	-2,59	-1,35	-2,67	-0,95	-0,31	-0,12	-0,27	-12,72
Hijuela Gallo	708	-0,04	0,00	0,00	-0,21	-0,53	-0,45	-0,22	-0,35	-0,11	-0,03	-0,05	-0,08	-2,06
Hijuelas Dir CI Mz S Martin	2682	-0,30	0,00	0,00	-0,80	-2,08	-1,58	-0,94	-1,75	-0,62	-0,25	-0,39	-0,54	-9,26
Rama Chimba	4663	-0,53	0,00	0,00	-1,33	-3,57	-2,91	-1,60	-2,81	-1,15	-0,36	-0,62	-0,80	-15,67
Rama Cruz Bodega	1120	-0,14	0,00	0,00	-0,34	-0,87	-0,65	-0,40	-0,66	-0,26	-0,10	-0,19	-0,26	-3,87
Rama Dormida	4443	-0,55	0,00	0,00	-1,22	-3,18	-3,06	-1,65	-3,11	-1,08	-0,32	-0,70	-0,90	-15,77
Rama Godoy	1415	-0,18	0,00	0,00	-0,43	-1,11	-0,82	-0,50	-0,95	-0,37	-0,16	-0,26	-0,35	-5,13
Rama Henríquez	514	-0,06	0,00	0,00	-0,15	-0,39	-0,28	-0,18	-0,29	-0,10	-0,04	-0,08	-0,11	-1,67
Rama Montecaseros	8841	-0,86	0,00	-0,00	-2,36	-6,34	-5,25	-2,84	-4,76	-1,82	-0,53	-0,86	-1,15	-26,77
Rama Norte Alto Verde	5536	-0,67	0,00	0,00	-1,59	-4,06	-3,36	-1,97	-3,39	-1,41	-0,48	-0,85	-1,08	-18,85
Rama Nueva California	1767	-0,22	0,00	0,00	-0,48	-1,25	-1,07	-0,65	-1,16	-0,42	-0,13	-0,28	-0,36	-6,01
Rama Sauce	3731	-0,46	0,00	0,00	-1,19	-3,07	-2,29	-1,40	-2,70	-0,97	-0,41	-0,64	-0,89	-14,03
Rama Sur Alto Verde	3759	-0,48	0,00	0,00	-1,16	-2,93	-2,33	-1,43	-2,60	-1,04	-0,39	-0,68	-0,87	-13,90
Total Tunuyán Inferior	86086	-8,71	-0,00	-0,00	-24,96	-63,66	-52,46	-29,26	-55,84	-20,09	-6,80	-10,66	-14,97	-287,42

Figura 48. Insatisfacción de la Demanda - Máximo Compromiso - Año seco (hm³)

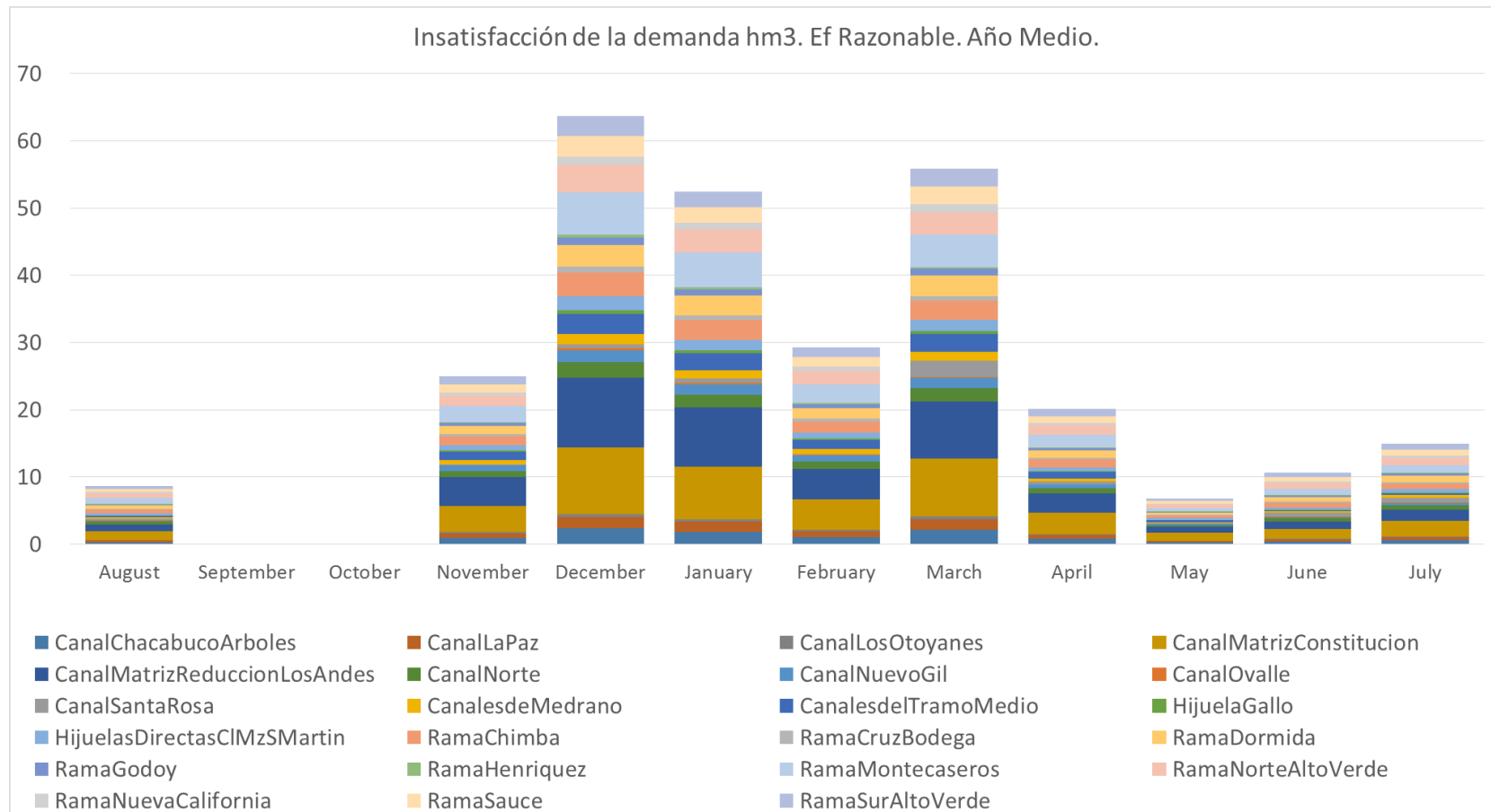


Tabla 30 Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Medio (hm³)

UM	Sup Emp. Cultivada	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Oferta Disponible	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Canal Chacabuco Arboles	3000	35,54	31,74	35,76	-3,18	91,1%	0,21	100%
Canal La Paz	2414	24,60	21,97	24,75	-2,33	90,5%	0,15	100%
Canal Los Otoyanes	797	6,60	5,89	6,64	-0,53	92,0%	0,04	100%
Canal Matriz Constitucion	11636	144,03	128,62	144,89	-12,83	91,1%	0,87	100%
Canal Matriz Reduccion Los Andes	14242	129,74	116,95	130,52	-11,87	90,9%	0,78	100%
Canal Norte	2535	30,77	27,47	30,95	-3,00	90,2%	0,18	100%
Canal Nuevo Gil	2791	24,10	21,52	24,24	-2,21	90,8%	0,14	100%
Canal Ovalle	307	3,96	3,64	3,98	-0,32	92,0%	0,02	100%
Canal Santa Rosa	3595	41,82	37,35	42,07	-3,56	91,5%	0,25	100%
Canales de Medrano	1932	23,35	20,85	23,49	-2,07	91,1%	0,14	100%
Canales del Tramo Medio	3659	40,09	35,81	40,34	-3,41	91,5%	0,24	100%
Hijuela Gallo	708	6,27	5,76	6,30	-0,51	91,9%	0,04	100%
Hijuelas Directas CI Mz S Martin	2682	30,47	27,21	30,65	-2,71	91,1%	0,18	100%
Rama Chimba	4663	45,55	40,68	45,82	-4,17	90,8%	0,27	100%
Rama Cruz Bodega	1120	13,38	11,95	13,46	-1,10	91,8%	0,08	100%
Rama Dormida	4443	48,55	43,35	48,84	-4,64	90,4%	0,29	100%
Rama Godoy	1415	16,97	15,16	17,07	-1,52	91,0%	0,10	100%
Rama Henríquez	514	5,95	5,31	5,98	-0,45	92,4%	0,04	100%
Rama Montecaseros	8841	77,10	68,85	77,56	-6,95	91,0%	0,46	100%
Rama Norte Alto Verde	5536	55,07	49,18	55,40	-5,28	90,4%	0,33	100%
Rama Nueva California	1767	19,16	17,11	19,28	-1,83	90,4%	0,12	100%
Rama Sauce	3731	46,77	41,76	47,05	-4,17	91,1%	0,28	100%
Rama Sur Alto Verde	3759	43,38	38,74	43,64	-4,07	90,6%	0,26	100%
Sub Total Tunuyán Inferior	86086	913,19	816,88	918,68	-82,70	90,9%	5,49	100%

Figura 49. Cobertura de la Demanda - Máximo Compromiso - Año Medio (hm³)

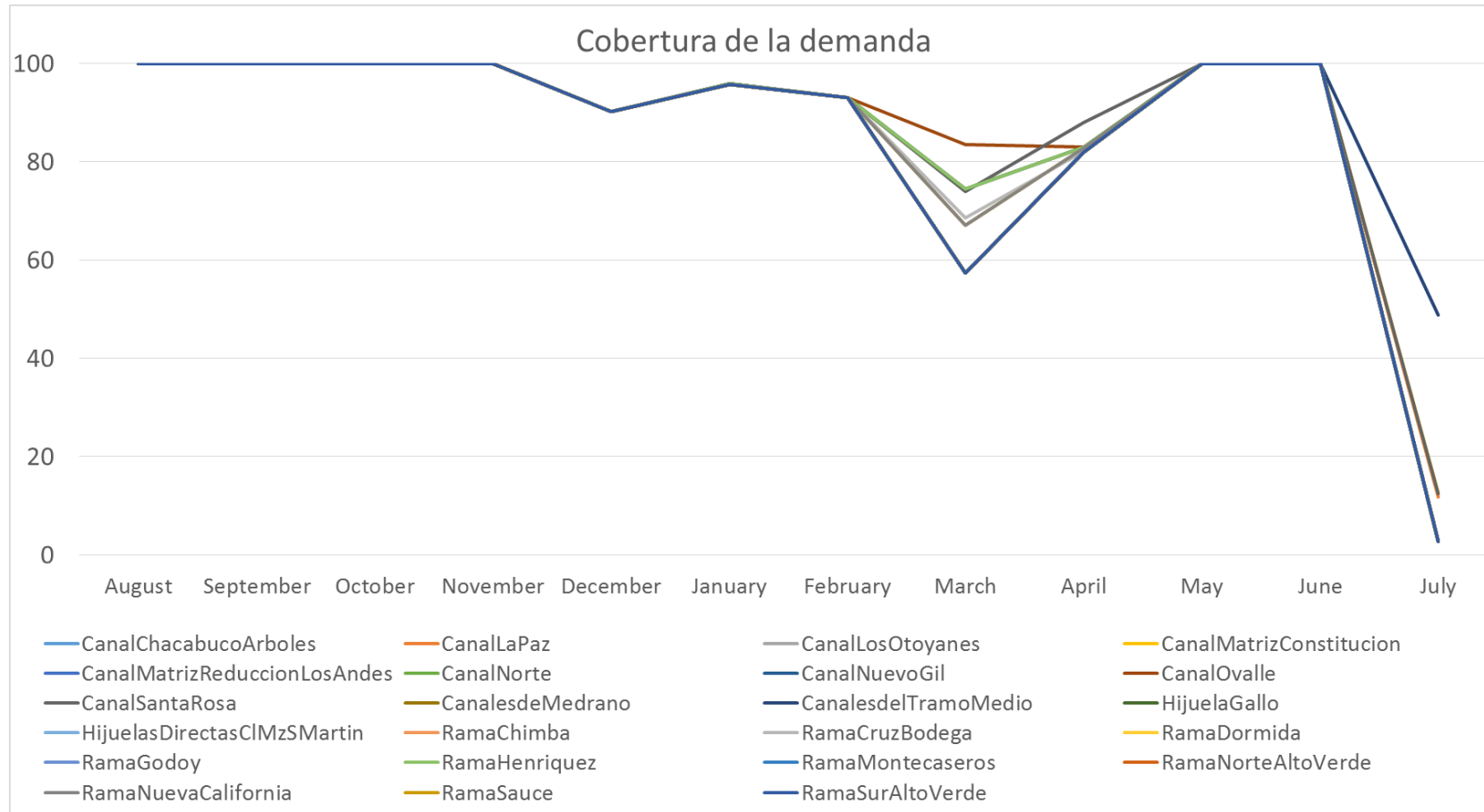
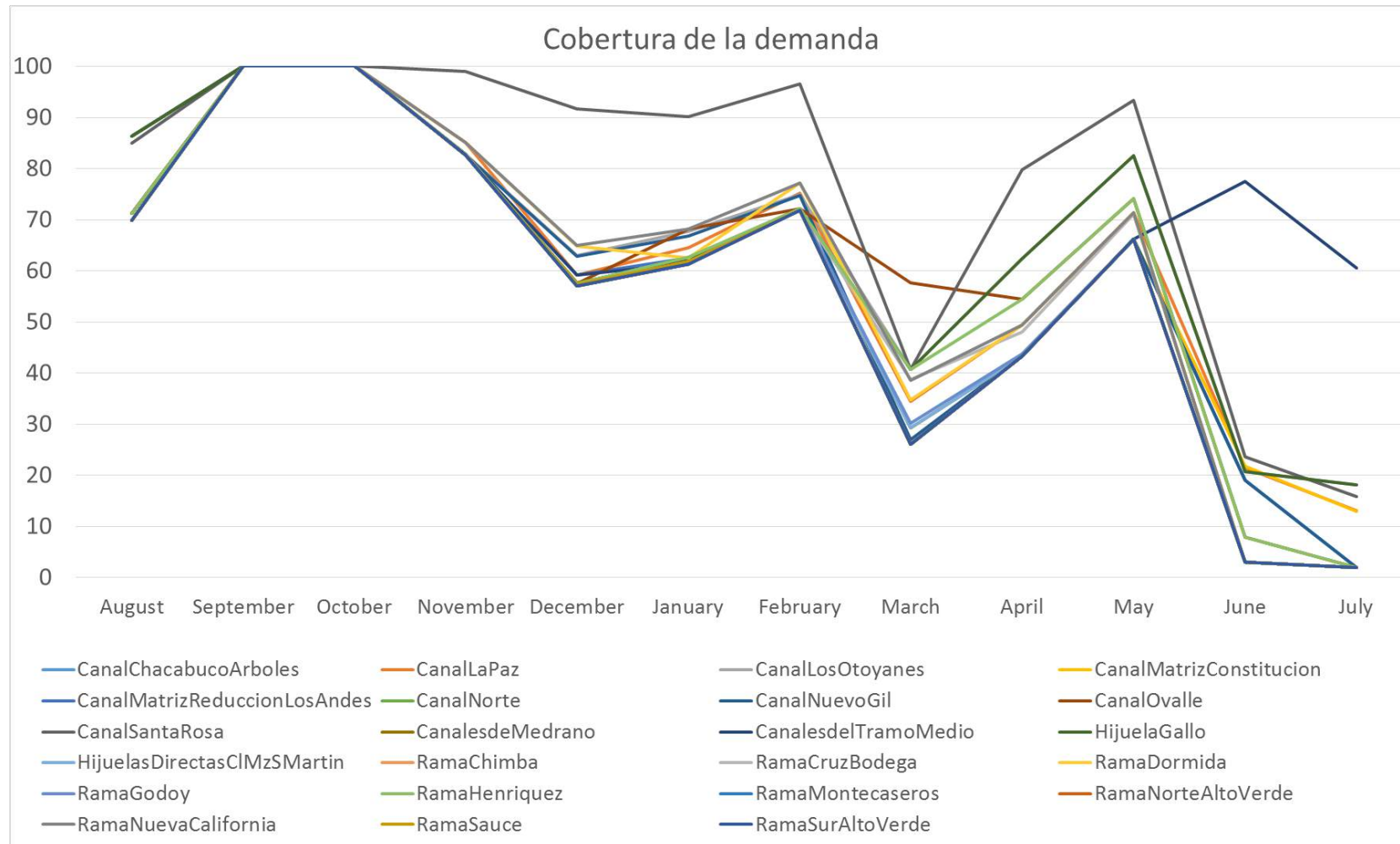


Tabla 31 Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Seco (hm³)

UAM	Sup Emp. Cultivada	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Oferta Disponible	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Canal Chacabuco Arboles	3000	32,63	21,66	21,20	-10,86	66,7%	-11,42	65%
Canal La Paz	2414	24,64	16,36	16,01	-7,89	68,0%	-8,63	65%
Canal Los Otoyanes	797	6,83	4,53	4,44	-2,05	70,0%	-2,39	65%
Canal Matriz Constitución	11636	134,20	89,09	87,22	-44,26	67,0%	-46,98	65%
Canal Matriz Reducción Los Andes	14242	132,22	86,81	85,93	-44,02	66,7%	-46,29	65%
Canal Norte	2535	32,34	21,47	21,02	-10,76	66,7%	-11,32	65%
Canal Nuevo Gil	2791	24,92	16,54	16,19	-7,98	68,0%	-8,72	65%
Canal Ovalle	307	3,64	2,54	2,37	-1,10	69,9%	-1,27	65%
Canal Santa Rosa	3595	41,81	27,76	27,17	-5,87	86,0%	-14,64	65%
Canales de Medrano	1932	21,02	13,96	13,66	-6,94	67,0%	-7,36	65%
Canales del Tramo Medio	3659	39,85	26,45	25,90	-12,72	68,1%	-13,95	65%
Hijuela Gallo	708	6,49	4,43	4,22	-2,06	68,3%	-2,27	65%
Hijuelas Directas CI Mz S Martin	2682	27,91	18,52	18,14	-9,26	66,8%	-9,77	65%
Rama Chimba	4663	46,99	31,19	30,54	-15,67	66,6%	-16,45	65%
Rama Cruz Bodega	1120	12,07	8,01	7,84	-3,87	67,9%	-4,23	65%
Rama Dormida	4443	48,49	32,19	31,51	-15,77	67,5%	-16,98	65%
Rama Godoy	1415	15,41	10,23	10,01	-5,13	66,7%	-5,39	65%
Rama Henríquez	514	5,36	3,56	3,48	-1,67	68,9%	-1,88	65%
Rama Montecaseros	8841	80,97	53,75	52,62	-26,77	66,9%	-28,35	65%
Rama Norte Alto Verde	5536	56,29	37,37	36,59	-18,85	66,5%	-19,71	65%
Rama Nueva California	1767	19,16	12,72	12,46	-6,01	68,7%	-6,71	65%
Rama Sauce	3731	42,15	27,98	27,39	-14,03	66,7%	-14,76	65%
Rama Sur Alto Verde	3759	41,56	27,59	27,01	-13,90	66,6%	-14,55	65%
Total Tunuyán Inferior	86086	896,96	594,71	582,94	-287,42	68,0%	-314,02	65%

Figura 50. Cobertura de la Demanda - Máximo Compromiso - Año Seco (hm³)



7 ESCENARIO PROSPECTIVO – COEF. DE ENTREGA 1.0

7.1 INTRODUCCIÓN

373. En este escenario se plantea elevar el coeficiente de entrega, es decir la reducción de distribución de 0,8 a 1 y equiparar todos los derechos y autorizaciones al nivel de un derecho definitivo. De manera de evaluar el balance hídrico y el impacto de aumento de la superficie de entrega que surge de este aumento del coeficiente de distribución. Los escenarios se analizan bajo dos situaciones, bajo año hidrológico medio y año hidrológico seco.

7.2 OFERTA

374. Se toman los regímenes hidrológicos de Años Medios y Secos para el análisis.

7.3 DEMANDA

375. Las demandas utilizadas en este escenario corresponden a:

- ✓ 63.144 ha cultivadas, es decir, un aumento del 4,3 % de las 60.424 ha cultivadas actuales.
- ✓ Las parcelas que reciben dotación de riego desde el Río Tunuyán.
- ✓ La eficiencia de aplicación es la Razonable: 79,7%.
- ✓ La información meteorológica de la Dirección de Contingencias Climáticas en coincidencia con los años hidrológicos utilizados como oferta (medio y seco).
- ✓ Los usos de suelo son obtenidos a través de la metodología Google Earth Engine.

376. Para el cálculo de la demanda en este escenario, el aumento de la superficie se lo ha considerado con vid, frutales y forestal

377. Obsérvese que la demanda total para las unidades de manejo en la situación actual es de: 945 hm³/año, en el escenario de Eventuales al 100% este valor, con eficiencia actual, disminuye a 674 hm³/año dado que el efecto de la mejora en la eficiencia es más gravitante que el aumento de la superficie por considerar el aumento del coeficiente de distribución.

7.3.1 DEMANDA BRUTA AÑO MEDIO

378. En la Figura 51 se observa el comportamiento de la demanda expresada en hm^3 para los años medios por UAM, mes a mes, a lo largo del año y la Figura 52 por tipo de uso.

Figura 51. Demanda Bruta - Derechos al 100% Año Medio, por UAM (hm^3)

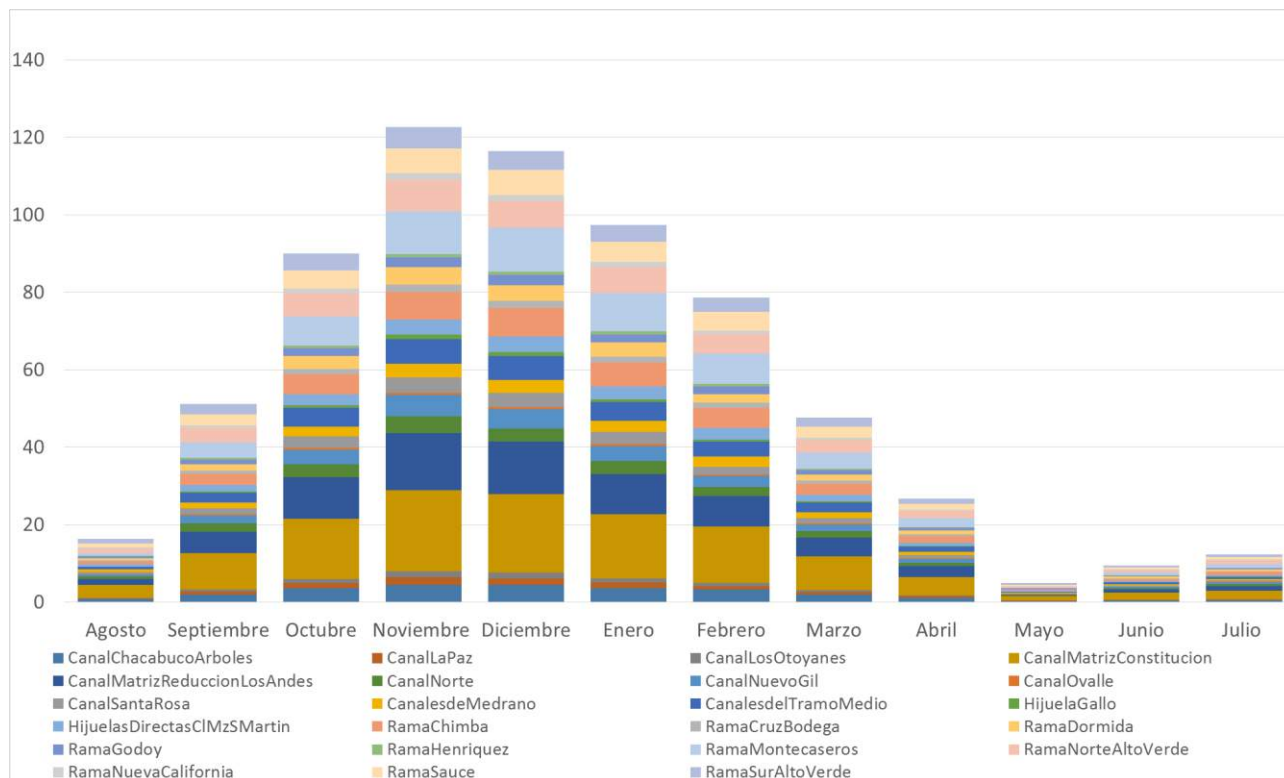
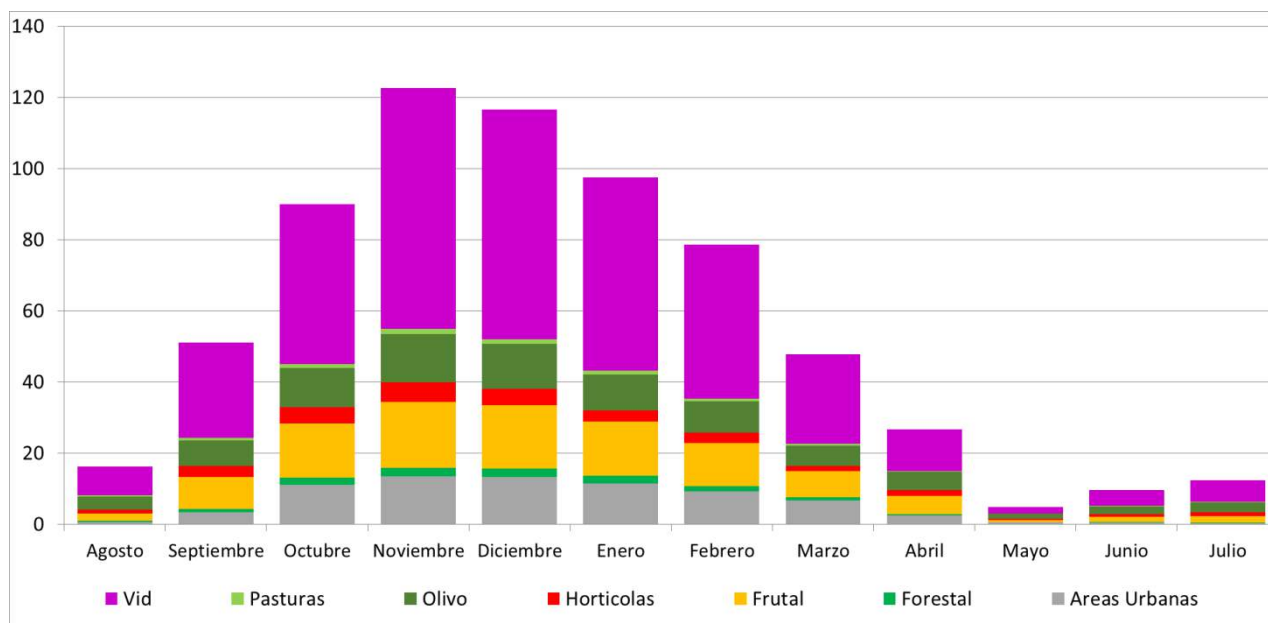


Figura 52. Demanda Bruta - Derechos al 100% Año Medio, por Tipo Uso (hm^3)



7.3.2 DEMANDA BRUTA AÑO SECO

379. En la Figura 53 se observa el comportamiento de la demanda expresada en hm^3 para los años secos por UAM, mes a mes, a lo largo del año y la Figura 54 por tipo de uso.

Figura 53. Demanda Bruta - Derechos al 100% Año Seco, por UAM (hm^3)

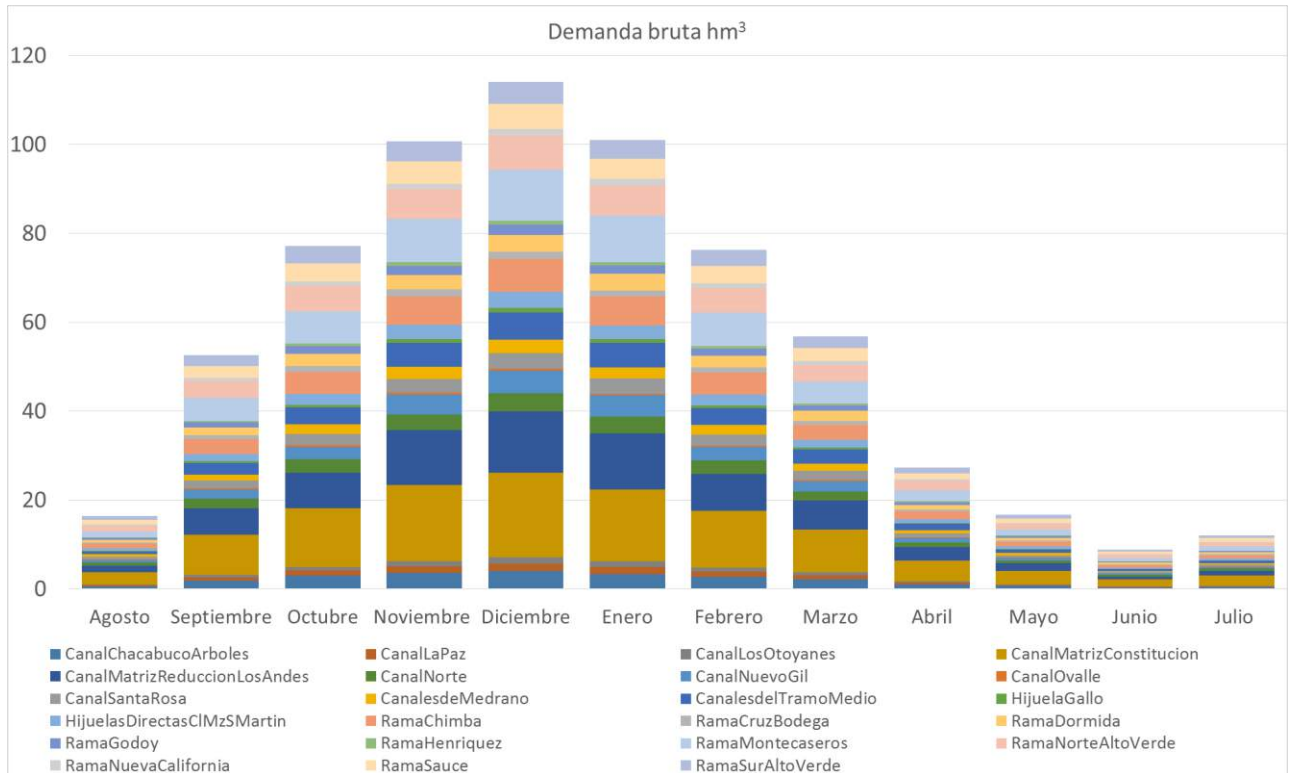
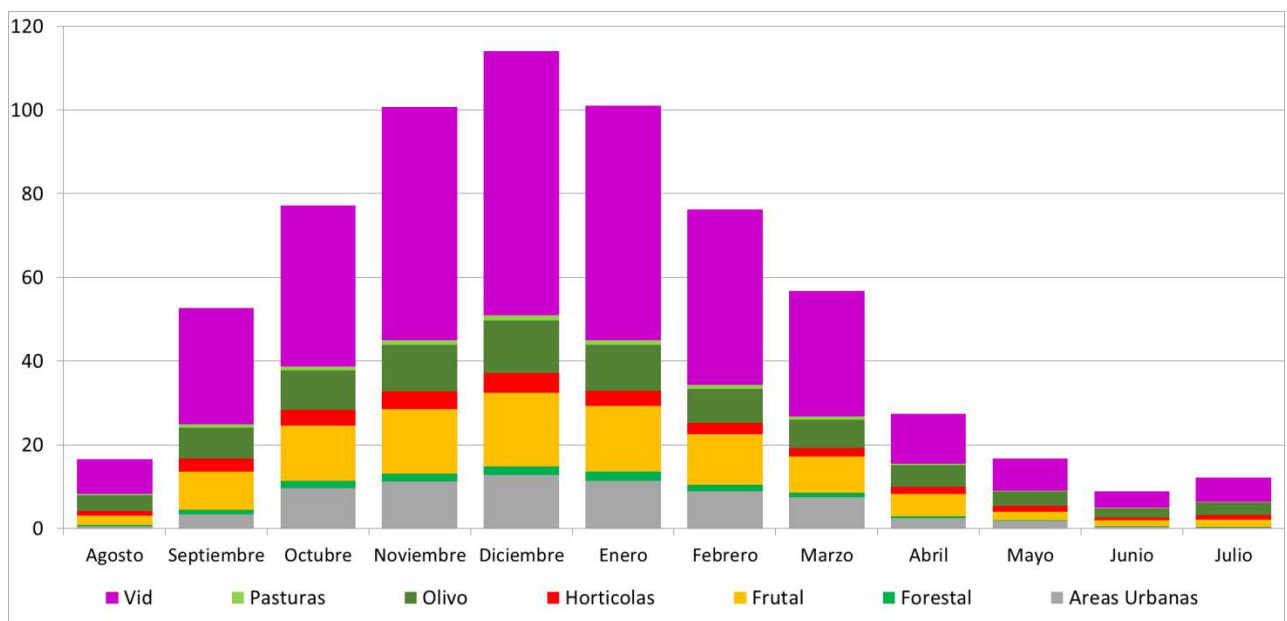


Figura 54. Demanda Bruta - Derechos al 100% Año Seco, por Tipo Uso (hm^3)



7.4 RESULTADOS DE LA MODELACION

7.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA

Insatisfacción de la demanda - Año Medio

380. En la tabla de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presentan la insatisfacción de las demandas para años hidrológicos medios.

Insatisfacción de la demanda - Año Seco

381. En la tabla de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presentan la insatisfacción de las demandas para años hidrológicos secos.

7.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA

Cobertura de la demanda - Año Medio

382. En la tabla de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los resultados de la cobertura de la demanda para la un año medio.

Cobertura de la demanda - Año Seco

383. En la tabla de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los resultados de la cobertura de la demanda para la un año seco.

7.4.3 GARANTÍAS

Garantía - Año Medio

384. Las UAM que toman agua del Río Tunuyán poseen una cobertura anual global del 100%. Este valor indica que con los volúmenes anuales de oferta (derrame anual) se puede abastecer el 100% de la demanda bruta de esas UAM.

385. Sin embargo, considerando la temporalidad con la que se van presentando la oferta y la demanda, se producen déficits o fallos mensuales. Estos déficits generan coberturas mensuales que bajan al valor de 98% anual.

386. Los déficits que se producen en este escenario, bajo a configuración establecida de ofertas y eficiencias, no provocan el incumplimiento de la regla de garantía, lo que hace que si se cumpla con la regla de garantías

387. A diferencia de la situación actual, si se cumple con los criterios de garantía de riego estipulados, para un año medio. Por lo tanto, considerando el aumento de superficie de riego demandante de agua que significa llevar los eventuales al 100%, si se cumple con la condición de garantía del sistema de riego, para años hidrológicos medios. Y la eficiencia de riego establecida para este escenario es la Eficiencia Razonable.

Garantía - Año Seco

388. Para años secos los indicadores de cobertura son los siguientes: Cobertura Anual Global del 87% y Cobertura por Suma de Fallo del 86 %. Bajo este régimen hídrico no se cumple con los criterios de garantía.

Tabla 32 Demanda Bruta – Coef. De Entrega al 100%, Año Medio, para UAM (hm³)

UAM	Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Chacabuco Arboles	2185	0,69	1,95	3,56	4,48	4,49	3,61	3,26	1,99	1,07	0,30	0,38	0,43	26,22
Canal La Paz	925	0,29	0,74	1,40	1,91	1,68	1,51	0,92	0,65	0,44	0,06	0,17	0,20	9,97
Canal Los Otoyanes	882	0,12	0,54	1,01	1,50	1,37	1,04	0,77	0,47	0,23	0,02	0,07	0,11	7,23
Canal Matriz Constitución	9643	3,36	9,38	15,52	20,92	20,40	16,54	14,52	8,62	4,71	1,13	1,79	2,22	119,09
Canal Mz Reducción Los Andes	8227	1,42	5,63	10,68	14,77	13,54	10,29	7,87	4,89	2,76	0,28	0,82	1,20	74,16
Canal Norte	1936	0,70	2,11	3,41	4,43	3,34	3,49	2,41	1,69	0,96	0,12	0,39	0,51	23,57
Canal Nuevo Gil	3088	0,47	1,95	3,73	5,42	4,96	3,79	2,82	1,75	0,89	0,07	0,26	0,40	26,51
Canal Ovalle	277	0,17	0,30	0,43	0,54	0,54	0,42	0,40	0,25	0,20	0,08	0,10	0,12	3,53
Canal Santa Rosa	1741	0,59	1,59	3,02	4,11	3,64	3,29	2,00	1,38	0,92	0,13	0,35	0,42	21,44
Canales de Medrano	1648	0,57	1,49	2,46	3,39	3,47	2,82	2,60	1,51	0,73	0,24	0,29	0,34	19,91
Canales del Tramo Medio	3111	0,71	2,48	4,96	6,51	6,14	4,80	3,81	2,47	1,38	0,21	0,42	0,54	34,43
Hijuela Gallo	567	0,09	0,38	0,68	1,02	0,93	0,70	0,52	0,31	0,16	0,01	0,05	0,08	4,95
Hijuelas Dir CI Mz S Martin	2029	0,61	1,70	2,81	3,93	4,03	3,29	3,00	1,71	0,84	0,24	0,33	0,40	22,89
Rama Chimba	4196	0,63	2,81	5,16	7,16	7,39	6,32	5,20	2,88	1,74	0,15	0,55	0,78	40,78
Rama Cruz Bodega	929	0,35	0,84	1,37	1,85	1,89	1,53	1,42	0,84	0,44	0,15	0,18	0,21	11,08
Rama Dormida	1982	0,58	1,71	3,33	4,48	3,99	3,61	2,21	1,51	1,03	0,14	0,38	0,43	23,40
Rama Godoy	1293	0,47	1,20	1,95	2,58	2,61	2,09	1,96	1,13	0,63	0,21	0,26	0,31	15,40
Rama Henríquez	461	0,16	0,41	0,65	0,90	0,92	0,74	0,69	0,39	0,20	0,06	0,08	0,10	5,30
Rama Montecaseros	6994	0,74	4,09	7,54	11,00	11,29	9,89	7,84	4,22	2,37	0,08	0,67	1,04	60,77
Rama Norte Alto Verde	4532	1,18	3,68	6,10	8,17	6,99	6,65	5,06	3,28	1,89	0,30	0,73	0,96	44,97
Rama Nueva California	748	0,22	0,62	1,22	1,70	1,51	1,37	0,83	0,57	0,36	0,05	0,14	0,16	8,75
Rama Sauce	2991	1,11	2,83	4,64	6,30	6,42	5,18	4,83	2,80	1,42	0,48	0,58	0,68	37,27
Rama Sur Alto Verde	2760	1,04	2,66	4,33	5,58	4,91	4,46	3,68	2,40	1,33	0,35	0,54	0,65	31,94
Total Tunuyán Inferior	63144	16,25	51,09	89,96	122,65	116,46	97,44	78,63	47,69	26,69	4,85	9,53	12,29	673,53

Tabla 33 Demanda Bruta – Coef. De Entrega al 100%, Año Seco, para UAM (hm³)

UAM	Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Chacabuco Arboles	2185	0,56	1,85	3,08	3,68	4,07	3,39	2,77	2,15	1,05	0,70	0,34	0,45	24,09
Canal La Paz	925	0,32	0,79	1,16	1,37	1,60	1,60	1,13	0,97	0,42	0,23	0,14	0,19	9,94
Canal Los Otoyanes	882	0,14	0,58	0,75	1,26	1,41	1,31	0,84	0,65	0,25	0,15	0,06	0,09	7,49
Canal Matriz Constitución	9643	2,72	8,96	13,15	17,11	19,03	16,06	12,84	9,56	4,68	3,06	1,58	2,29	111,03
Canal Mz Reducción Los Andes	8227	1,48	6,01	7,99	12,33	13,85	12,71	8,33	6,63	2,96	1,65	0,70	1,06	75,71
Canal Norte	1936	0,78	2,10	3,12	3,45	4,05	3,69	3,02	1,95	1,09	0,61	0,41	0,49	24,77
Canal Nuevo Gil	3088	0,51	2,12	2,77	4,56	5,14	4,78	3,05	2,41	0,97	0,54	0,22	0,35	27,42
Canal Ovale	277	0,15	0,28	0,38	0,43	0,48	0,39	0,33	0,27	0,19	0,14	0,09	0,12	3,26
Canal Santa Rosa	1741	0,65	1,68	2,50	2,97	3,47	3,46	2,45	2,06	0,90	0,48	0,31	0,40	21,33
Canales de Medrano	1648	0,51	1,37	2,19	2,77	3,06	2,49	2,13	1,57	0,69	0,52	0,27	0,37	17,93
Canales del Tramo Medio	3111	0,66	2,58	3,82	5,45	6,12	5,53	3,82	3,10	1,45	0,84	0,34	0,51	34,24
Hijuela Gallo	567	0,10	0,41	0,50	0,86	0,96	0,89	0,57	0,44	0,18	0,10	0,04	0,07	5,13
Hijuelas Dir CI Mz S Martin	2029	0,57	1,63	2,53	3,25	3,62	2,97	2,48	1,80	0,80	0,59	0,31	0,42	20,98
Rama Chimba	4196	0,96	3,41	4,94	6,39	7,36	6,57	4,87	3,39	1,84	1,02	0,59	0,76	42,10
Rama Cruz Bodega	929	0,31	0,77	1,22	1,51	1,67	1,35	1,16	0,87	0,42	0,31	0,17	0,23	10,01
Rama Dormida	1982	0,65	1,80	2,76	3,25	3,79	3,79	2,69	2,23	1,00	0,52	0,33	0,41	23,23
Rama Godoy	1293	0,42	1,12	1,74	2,10	2,32	1,87	1,60	1,19	0,60	0,45	0,25	0,33	13,98
Rama Henríquez	461	0,14	0,38	0,58	0,73	0,81	0,65	0,56	0,41	0,19	0,14	0,08	0,10	4,78
Rama Montecaseros	6994	1,27	5,22	7,31	9,85	11,54	10,48	7,58	5,05	2,55	1,35	0,73	0,95	63,88
Rama Norte Alto Verde	4532	1,36	3,80	5,62	6,58	7,66	6,82	5,46	3,72	2,05	1,25	0,75	0,93	46,01
Rama Nueva California	748	0,25	0,66	1,02	1,23	1,43	1,44	1,01	0,84	0,35	0,20	0,12	0,15	8,69
Rama Sauce	2991	0,98	2,61	4,13	5,14	5,67	4,58	3,93	2,91	1,35	1,01	0,54	0,73	33,62
Rama Sur Alto Verde	2760	0,98	2,47	3,87	4,40	4,97	4,23	3,63	2,59	1,38	0,90	0,54	0,67	30,63
Total Tunuyán Inferior	63144	16,49	52,59	77,13	100,68	114,09	101,06	76,27	56,78	27,39	16,77	8,92	12,08	660,26

Tabla 34 Insatisfacción de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año medio (hm³)

UAM	Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Chacabuco Arboles	2185	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,17	-0,01	0,00	0,00	-0,40	-0,58
Canal La Paz	925	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,07	-0,00	0,00	0,00	-0,14	-0,22
Canal Los Otoyanes	882	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04	-0,00	0,00	0,00	-0,10	-0,14
Canal Matriz Constitución	9643	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,72	-0,04	0,00	0,00	-1,85	-2,62
Canal Mz Reducción Los Andes	8227	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,44	-0,03	0,00	0,00	-1,10	-1,57
Canal Norte	1936	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,15	-0,01	0,00	0,00	-0,47	-0,63
Canal Nuevo Gil	3088	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,16	-0,01	0,00	0,00	-0,37	-0,53
Canal Ovalle	277	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	-0,00	0,00	0,00	-0,11	-0,13
Canal Santa Rosa	1741	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,15	-0,01	0,00	0,00	-0,32	-0,48
Canales de Medrano	1648	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,12	-0,01	0,00	0,00	-0,31	-0,44
Canales del Tramo Medio	3111	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,22	-0,01	0,00	0,00	-0,33	-0,56
Hijuela Gallo	567	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,03	-0,00	0,00	0,00	-0,07	-0,10
Hijuelas Dir CI Mz S Martin	2029	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,14	-0,01	0,00	0,00	-0,37	-0,52
Rama Chimba	4196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,23	-0,02	0,00	0,00	-0,73	-0,97
Rama Cruz Bodega	929	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,07	-0,00	0,00	0,00	-0,20	-0,27
Rama Dormida	1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,17	-0,01	0,00	0,00	-0,40	-0,58
Rama Godoy	1293	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,09	-0,01	0,00	0,00	-0,28	-0,38
Rama Henriquez	461	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,03	-0,00	0,00	0,00	-0,09	-0,12
Rama Montecaseros	6994	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,34	-0,02	0,00	0,00	-0,96	-1,33
Rama Norte Alto Verde	4532	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,28	-0,02	0,00	0,00	-0,88	-1,18
Rama Nueva California	748	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,06	-0,00	0,00	0,00	-0,15	-0,21
Rama Sauce	2991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,23	-0,01	0,00	0,00	-0,63	-0,87
Rama Sur Alto Verde	2760	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,20	-0,01	0,00	0,00	-0,60	-0,82
Total Tunuyán Inferior	63144	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-4,13	-0,25	0,00	0,00	-10,87	-15,25

Figura 55. Insatisfacción de la Demanda - Coef. De Entrega al 100%, Año medio (hm³)

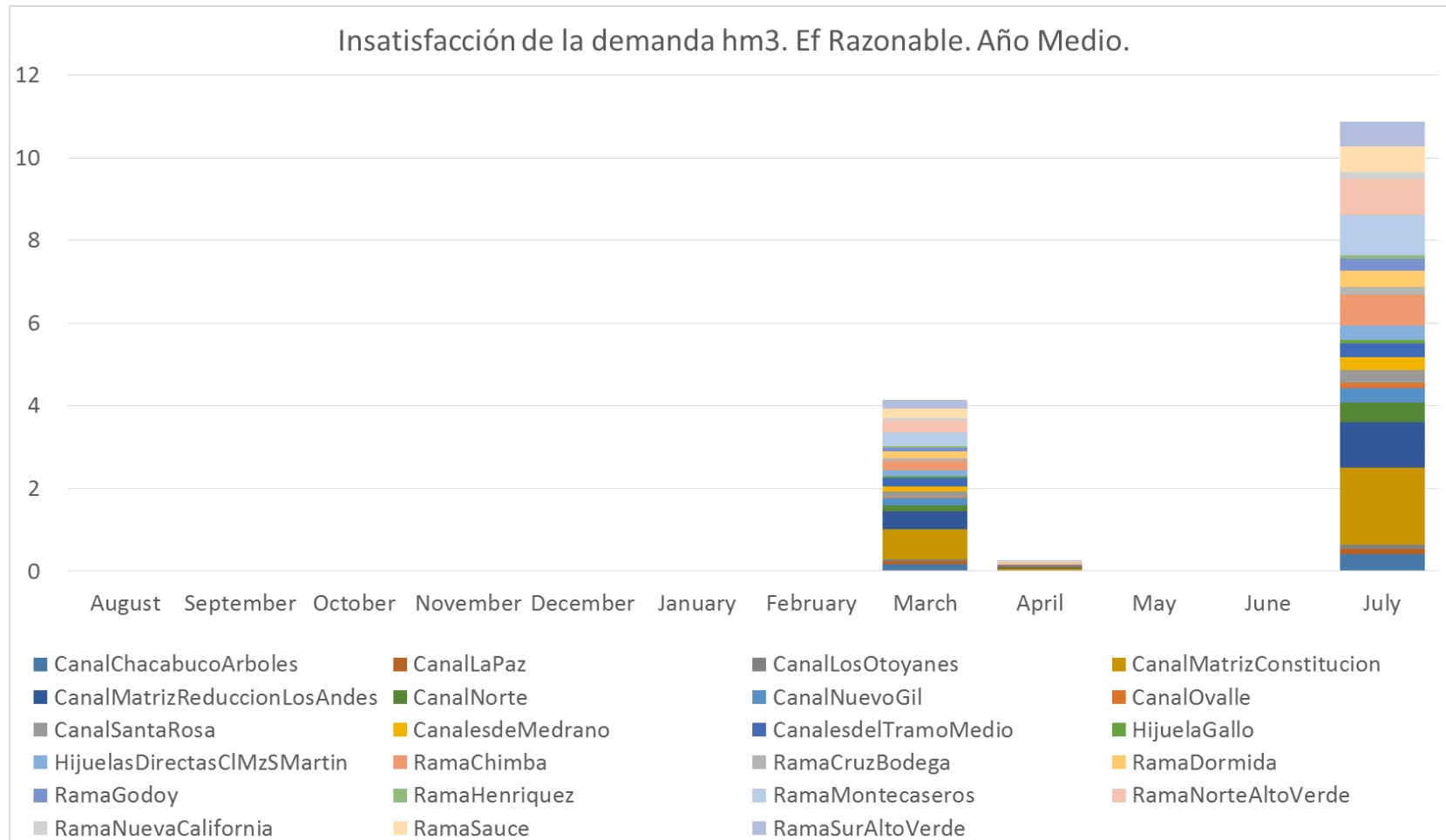


Tabla 35 Insatisfacción de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año seco (hm³)

UAM	Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Chacabuco Arboles	2185	-0,09	0,00	0,00	0,00	-0,20	-0,40	-0,11	-1,40	-0,51	-0,15	-0,28	-0,36	-3,50
Canal La Paz	925	-0,04	0,00	0,00	0,00	-0,07	-0,17	-0,04	-0,64	-0,21	-0,05	-0,07	-0,11	-1,40
Canal Los Otoyanes	882	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,06	-0,15	-0,03	-0,42	-0,13	-0,03	-0,06	-0,07	-0,96
Canal Matriz Constitución	9643	-0,42	0,00	0,00	0,00	-0,92	-1,92	-0,51	-6,23	-2,28	-0,67	-1,08	-1,64	-15,67
Canal Mz Reducción Los Andes	8227	-0,12	0,00	0,00	0,00	-0,64	-1,42	-0,34	-4,35	-1,47	-0,36	-0,68	-0,83	-10,22
Canal Norte	1936	-0,11	0,00	0,00	0,00	-0,17	-0,43	-0,12	-1,28	-0,53	-0,13	-0,33	-0,40	-3,49
Canal Nuevo Gil	3088	-0,04	0,00	0,00	0,00	-0,24	-0,56	-0,14	-1,58	-0,49	-0,12	-0,22	-0,27	-3,65
Canal Ovalle	277	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,02	-0,05	-0,01	-0,17	-0,09	-0,03	-0,07	-0,10	-0,57
Canal Santa Rosa	1741	-0,09	0,00	0,00	0,00	-0,15	-0,36	-0,09	-1,35	-0,44	-0,11	-0,16	-0,25	-3,01
Canales de Medrano	1648	-0,08	0,00	0,00	0,00	-0,15	-0,30	-0,08	-1,02	-0,34	-0,11	-0,21	-0,29	-2,57
Canales del Tramo Medio	3111	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,29	-0,66	-0,17	-2,03	-0,71	-0,19	-0,16	-0,25	-4,46
Hijuela Gallo	567	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,04	-0,10	-0,03	-0,28	-0,09	-0,02	-0,04	-0,05	-0,67
Hijuelas Dir CI Mz S Martin	2029	-0,09	0,00	0,00	0,00	-0,18	-0,35	-0,09	-1,17	-0,39	-0,13	-0,24	-0,34	-2,98
Rama Chimba	4196	-0,17	0,00	0,00	0,00	-0,31	-0,71	-0,18	-2,22	-0,89	-0,22	-0,43	-0,64	-5,77
Rama Cruz Bodega	929	-0,04	0,00	0,00	0,00	-0,08	-0,16	-0,04	-0,55	-0,20	-0,07	-0,13	-0,18	-1,47
Rama Dormida	1982	-0,09	0,00	0,00	0,00	-0,17	-0,39	-0,08	-1,47	-0,49	-0,12	-0,27	-0,33	-3,40
Rama Godoy	1293	-0,06	0,00	0,00	0,00	-0,11	-0,22	-0,06	-0,77	-0,29	-0,10	-0,19	-0,26	-2,08
Rama Henríquez	461	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,04	-0,08	-0,02	-0,26	-0,09	-0,03	-0,06	-0,08	-0,68
Rama Montecaseros	6994	-0,24	0,00	0,00	-0,00	-0,47	-1,13	-0,28	-3,26	-1,24	-0,29	-0,53	-0,82	-8,26
Rama Norte Alto Verde	4532	-0,21	0,00	0,00	0,00	-0,33	-0,79	-0,21	-2,44	-0,99	-0,27	-0,59	-0,76	-6,58
Rama Nueva California	748	-0,03	0,00	0,00	0,00	-0,06	-0,15	-0,03	-0,55	-0,17	-0,04	-0,10	-0,12	-1,26
Rama Sauce	2991	-0,15	0,00	0,00	0,00	-0,28	-0,55	-0,15	-1,89	-0,65	-0,22	-0,42	-0,59	-4,90
Rama Sur Alto Verde	2760	-0,14	0,00	0,00	0,00	-0,23	-0,50	-0,14	-1,69	-0,66	-0,20	-0,42	-0,54	-4,52
Total Tunuyán Inferior	63144	-2,26	0,00	0,00	-0,00	-5,23	-11,54	-2,96	-37,03	-13,34	-3,67	-6,72	-9,29	-92,05

Figura 56. Insatisfacción de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año seco (hm³)

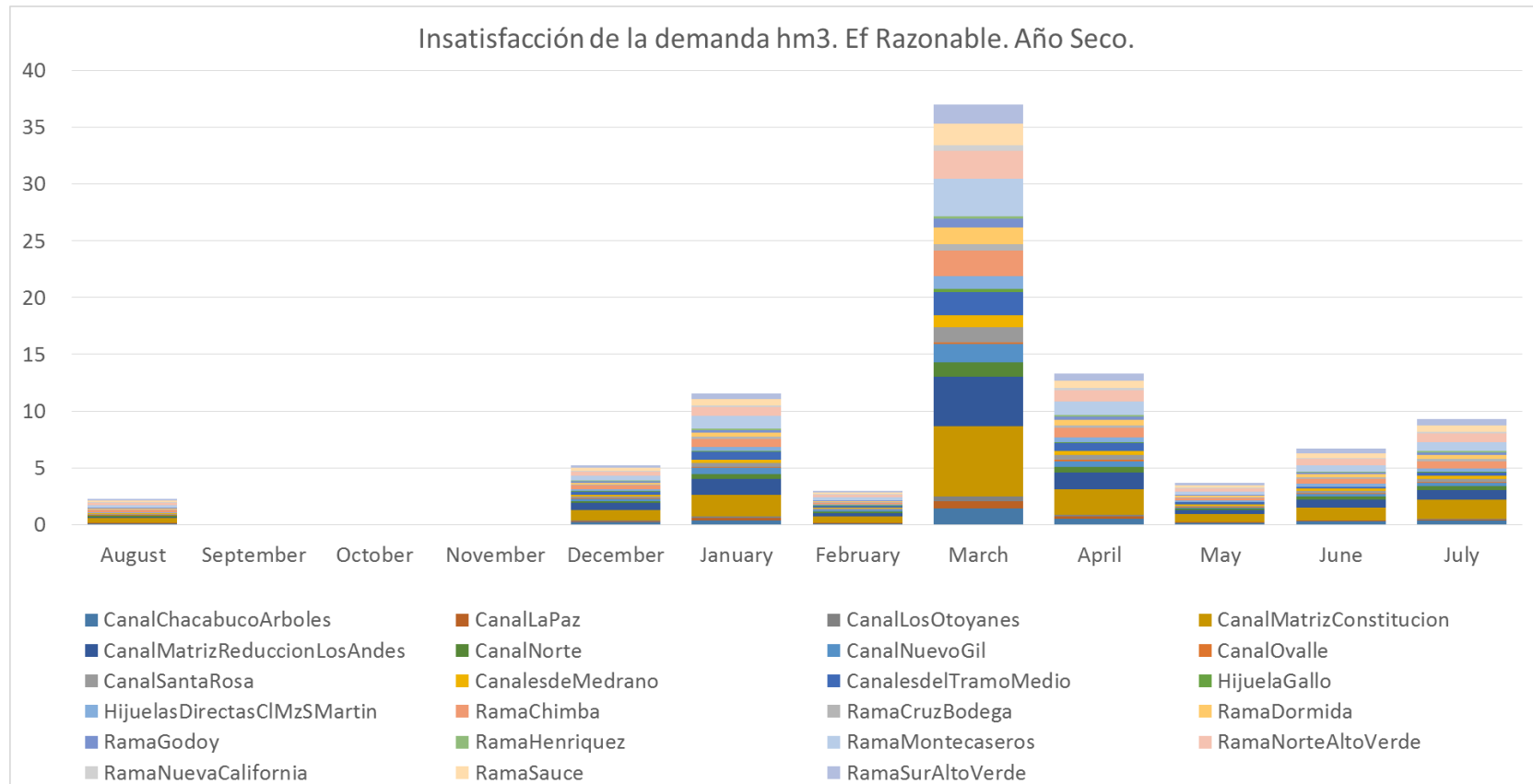


Tabla 36 Cobertura de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año Medio (hm³)

UAM	Sup Emp. Cultivada	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Oferta Disponible	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Canal Chacabuco Arboles	2185	26,22	25,15	34,40	-0,58	97,8%	8,18	100%
Canal La Paz	925	9,97	9,56	13,08	-0,22	97,8%	3,11	100%
Canal Los Otoyanes	882	7,23	6,94	9,49	-0,14	98,0%	2,26	100%
Canal Matriz Constitución	9643	119,09	114,25	156,26	-2,62	97,8%	37,17	100%
Canal Matriz Reducción Los Andes	8227	74,16	72,45	97,30	-1,57	97,9%	23,15	100%
Canal Norte	1936	23,57	22,61	30,93	-0,63	97,3%	7,36	100%
Canal Nuevo Gil	3088	26,51	25,43	34,78	-0,53	98,0%	8,27	100%
Canal Ovalle	277	3,53	3,40	4,63	-0,13	96,4%	1,10	100%
Canal Santa Rosa	1741	21,44	20,56	28,13	-0,48	97,7%	6,69	100%
Canales de Medrano	1648	19,91	19,10	26,12	-0,44	97,8%	6,21	100%
Canales del Tramo Medio	3111	34,43	33,03	45,17	-0,56	98,4%	10,75	100%
Hijuela Gallo	567	4,95	4,84	6,49	-0,10	97,9%	1,54	100%
Hijuelas Directas CI Mz S Martin	2029	22,89	21,96	30,04	-0,52	97,7%	7,15	100%
Rama Chimba	4196	40,78	39,12	53,50	-0,97	97,6%	12,73	100%
Rama Cruz Bodega	929	11,08	10,63	14,54	-0,27	97,6%	3,46	100%
Rama Dormida	1982	23,40	22,44	30,70	-0,58	97,5%	7,30	100%
Rama Godoy	1293	15,40	14,77	20,20	-0,38	97,5%	4,81	100%
Rama Henríquez	461	5,30	5,09	6,96	-0,12	97,7%	1,65	100%
Rama Montecaseros	6994	60,77	58,30	79,73	-1,33	97,8%	18,97	100%
Rama Norte Alto Verde	4532	44,97	43,14	59,00	-1,18	97,4%	14,04	100%
Rama Nueva California	748	8,75	8,39	11,48	-0,21	97,6%	2,73	100%
Rama Sauce	2991	37,27	35,76	48,91	-0,87	97,7%	11,63	100%
Rama Sur Alto Verde	2760	31,94	30,64	41,91	-0,82	97,4%	9,97	100%
Total Tunuyán Inferior	63144	673,53	647,58	883,76	-15,25	97,7%	210,23	100%

Figura 57. Cobertura de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año Medio (hm³)

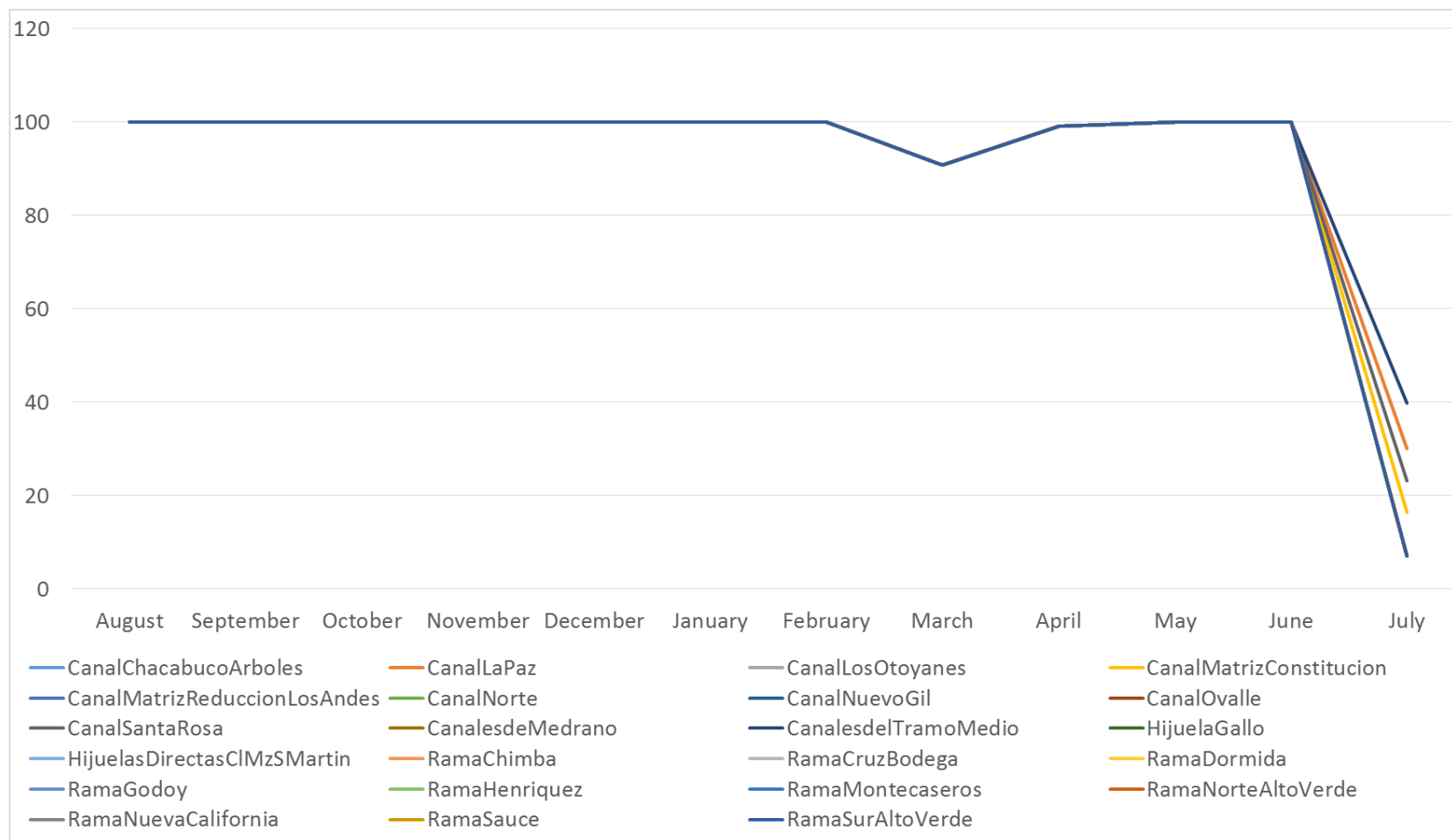
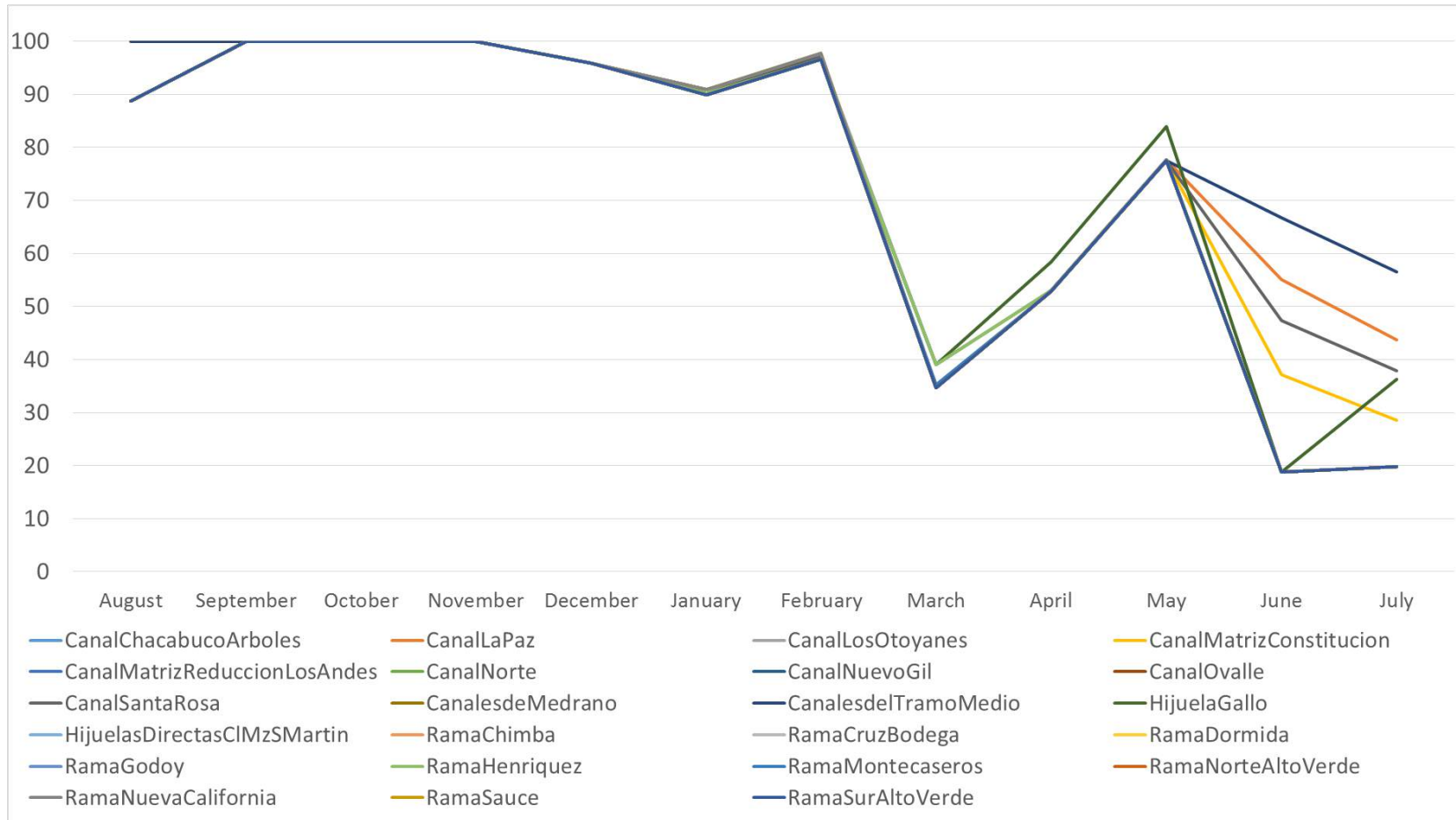


Tabla 37 Cobertura de la Demanda – Coef. De Entrega al 100%, Año Seco (hm³)

UAM	Sup Emp. Cultivada	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Oferta Disponible	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Canal Chacabuco Arboles	2185	24,09	20,20	20,93	-3,50	85,5%	-3,16	87%
Canal La Paz	925	9,94	8,34	8,64	-1,40	86,0%	-1,30	87%
Canal Los Otoyanes	882	7,49	6,28	6,51	-0,96	87,2%	-0,98	87%
Canal Matriz Constitución	9643	111,03	93,11	96,46	-15,67	85,9%	-14,57	87%
Canal Matriz Reducción Los Andes	8227	75,71	64,83	65,78	-10,22	86,5%	-9,93	87%
Canal Norte	1936	24,77	20,77	21,52	-3,49	85,9%	-3,25	87%
Canal Nuevo Gil	3088	27,42	23,00	23,82	-3,65	86,7%	-3,60	87%
Canal Ovalle	277	3,26	2,69	2,83	-0,57	82,6%	-0,43	87%
Canal Santa Rosa	1741	21,33	17,89	18,53	-3,01	85,9%	-2,80	87%
Canales de Medrano	1648	17,93	15,04	15,58	-2,57	85,7%	-2,35	87%
Canales del Tramo Medio	3111	34,24	28,71	29,75	-4,46	87,0%	-4,49	87%
Hijuela Gallo	567	5,13	4,46	4,45	-0,67	87,0%	-0,67	87%
Hijuelas Directas CI Mz S Martin	2029	20,98	17,59	18,22	-2,98	85,8%	-2,75	87%
Rama Chimba	4196	42,10	35,31	36,58	-5,77	86,3%	-5,52	87%
Rama Cruz Bodega	929	10,01	8,39	8,70	-1,47	85,3%	-1,31	87%
Rama Dormida	1982	23,23	19,48	20,18	-3,40	85,4%	-3,05	87%
Rama Godoy	1293	13,98	11,73	12,15	-2,08	85,1%	-1,83	87%
Rama Henríquez	461	4,78	4,01	4,15	-0,68	85,7%	-0,63	87%
Rama Montecaseros	6994	63,88	53,57	55,50	-8,26	87,1%	-8,38	87%
Rama Norte Alto Verde	4532	46,01	38,59	39,98	-6,58	85,7%	-6,04	87%
Rama Nueva California	748	8,69	7,29	7,55	-1,26	85,5%	-1,14	87%
Rama Sauce	2991	33,62	28,19	29,20	-4,90	85,4%	-4,41	87%
Rama Sur Alto Verde	2760	30,63	25,69	26,61	-4,52	85,2%	-4,02	87%
Total Tunuyán Inferior	63144	660,26	555,14	573,63	-92,05	86,1%	-86,63	87%

Figura 58. Cobertura de la Demanda - Coef. De Entrega al 100%, Año Seco (hm³)



8 RESUMEN EJECUTIVO

389. De acuerdo a los trabajos realizados para la concreción de esta actualización del Balance Hídrico del Tunuyán Inferior, se concluye que:

- ✓ este documento describe la actualización del Balance Hídrico de las aguas superficiales, es decir, analiza las coberturas de las demandas de las concesiones superficiales.
- ✓ se presentan los resultados de siete balances: el Balance Hídrico Actual, que considera solamente la superficie cultivada actual; y varios Balances Hídricos Prospectivos, que consideran, para Años Medios y Secos, 2 escenarios distintos: i) la totalidad de la superficie empadronada; y ii) igualando el coeficiente de entrega, de todas las categorías, a 1.0 como si fueran Derecho Definitivo.
- ✓ se han considerado escenarios de contexto de oferta y demanda hídrica basadas en el empadronamiento y uso del agua superficial de las Unidades Administrativas de Manejo (UAM).
- ✓ se definieron 23 UAM: de uso conjunto superficial y subterránea (se dotan del río y las perforaciones en aquellas propiedades que poseen); y 8 UAM con abastecimiento de agua subterránea exclusivamente.
- ✓ se ha incorporado, una descripción de la situación de disponibilidad y uso del agua subterránea, tanto en forma complementaria de las dotaciones superficiales, como en las zonas en donde se utiliza exclusivamente este recurso subterráneo
- ✓ aquellas propiedades que poseen perforación y tienen la posibilidad de complementar su dotación superficial con perforación de agua subterránea, satisfacen las demandas totales con el uso del recurso.
- ✓ la modelación de la oferta se ha realizado con los valores históricos de la Sección de Aforos de Valle de Uco, en el río Tunuyán, aguas arriba del dique Valle de Uco. Como así también los registros de caudales y modelación de los arroyos de fuente de manantial que son afluentes del Río Tunuyán. También se analiza la hidrología en la sección de aforo de Costa Anzorena y en la diferencia de embalse en el Dique El Carrizal.
- ✓ el Año Medio tiene un módulo anual medio de 27,4 m³/s, un derrame anual medio de 864 hm³.

- ✓ el Año Seco tiene un módulo anual medio de 16,0 m³/s, un derrame anual medio de 562 hm³.
- ✓ para el cálculo de la Demanda Neta de los cultivos se identificaron 8 tipos de usos representativos de la zona de estudio, mediante la utilización de la herramienta Google Earth Engine:

USO	CULTIVO DE REFERENCIA
Forestal	Álamo
Frutal	Durazno
Hortícola	Tomate / ajo
Vid	Vid
Areas urbanas	
Abandono reciente	
Abandono Antiguo	
Suelos Descubierta	

- ✓ dado que, durante estos últimos años, el DGI ha desarrollado y capacitado a profesionales en la herramienta Google Earth Engine (GGE) para la determinación de los Usos de Suelo, es posible que los actuales balances hídricos sean actualizados en menos de 5 años.
- ✓ esto también permitirá generar escenarios de mejoras en la gestión, para que los balances sean una eficiente herramienta de planificación y control, tanto para medidas estructurales, como no estructurales.
- ✓ en la determinación de la Demanda Bruta se tuvo en cuenta Demanda Neta de los cultivos y las eficiencias de conducción y aplicación, además de los usos culturales del agua.
- ✓ la eficiencia de conducción general tiene un valor de 84,2 %, resultante de un promedio ponderado de las eficiencias de conducción de cada UAM, valores que se utilizaron en la modelación de cada una de ellas.
- ✓ para la determinación de la eficiencia de aplicación o intrafinca global de todo el sistema, se tuvieron numerosos ensayos realizados, quedando en un valor de 62,1% para el escenario actual (ponderado según la superficie de cada UAM).
- ✓ se evalúan 3 indicadores básicos para definir las características de cada simulación: Insatisfacción de la Demanda, Cobertura de la Demanda y Garantía.
- ✓ la Insatisfacción de la Demanda es el volumen de agua faltante para cubrir al 100% la Demanda Bruta de los cultivos, con la oferta considerada o disponible.

- ✓ la Cobertura de la Demanda se expresa mediante dos indicadores: Cobertura por Suma de Fallos y Cobertura Global Anual.
- ✓ la Cobertura Anual Global es el cociente porcentual entre oferta anual y demanda bruta anual.
- ✓ la Cobertura por Suma de Fallos es la relación entre la diferencia de la demanda bruta y la suma de fallos mensuales, respecto de la demanda bruta e indica cuál es el porcentaje de la Demanda Bruta que ha sido efectivamente satisfecho con la oferta disponible, considerando las coberturas mensuales para cada UAM.
- ✓ la Garantía del sistema de riego está referida a la capacidad de los sistemas para satisfacer las demandas en un determinado período de tiempo. Se evalúa que durante un mes no se satisfaga el 75 % de la demanda o que, durante tres meses seguidos, o más, el valor de la disponibilidad de cada mes esté entre el 75 % y el 80 % de la demanda. Se considera una garantía aceptable, se sitúa entre el 85% y 90%.
- ✓ el resumen de resultados de la modelación de la Situación Actual es:

Balance Hídrico	Actual	
	Año Medio	Año Seco
Tipo de año de la oferta		
Volumen anual distribuido para riego	866 hm ³	635 hm ³
	14329 m ³ /ha	10507 m ³ /ha
Eficiencia	Actual	
Superficie bajo riego	60424 ha	
Demanda Bruta agrícola	950 hm ³	957 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	56 hm ³	232 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	94%	76%
Cobertura Anual Global	100%	68%
Garantía Sistema de Riego	No es aceptable	

- ✓ el resumen de resultados de la modelación de la Situación Prospectiva – Superficie Empadronada Total, es:

Balance Hídrico	Sup Total Empadronada	
Tipo de año de la oferta	Año Medio	Año Seco
Volumen anual distribuido para riego	817 hm ³	595 hm ³
	9489 m ³ /ha	6908 m ³ /ha
Eficiencia	Razonable	
Superficie bajo riego	86086 ha	
Demanda Bruta agrícola	913 hm ³	897 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	83 hm ³	287 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	91%	68%
Cobertura Anual Global	100%	65%
Garantía Sistema de Riego	No es aceptable	

- ✓ resumen de resultados de la modelación de la Situación Prospectiva – Coeficiente de Entrega al 100%, es:

Balance Hídrico	Coeficiente 100%	
Tipo de año de la oferta	Año Medio	Año Seco
Volumen anual distribuido para riego	648 hm ³	555 hm ³
	10256 m ³ /ha	8792 m ³ /ha
Eficiencia	Razonable	
Superficie bajo riego	63144 ha	
Demanda Bruta agrícola	674 hm ³	660 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	15 hm ³	92 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	98%	86%
Cobertura Anual Global	100%	87%
Garantía Sistema de Riego	Si es aceptable	No es aceptable

9 BIBLIOGRAFÍA

- Bacaro, A. y Otros; 2014. Estimación de Eficiencias de Conducción en el Río Mendoza. Departamento General de Irrigación. Mendoza.
- Bruijnzeel, L.A.; 1991. Hydrological impacts of tropical forest conversion. *Nature & Resources* 27 2):36-45.
- Chambouleyron, J., Menenti, M. Fornero, L., Morábito, J. Y Stefanini, L.; 1982. Evaluación y optimización del uso del agua en grandes redes de riego. INCyTH -IILA. Roma. Italia.
- Chambouleyron, J. Y Morábito, J.; 1982. Evaluación de riego en fincas. INCyTH CRA. Mendoza, Argentina.
- Departamento General de Irrigación; 2005. Sistema de Información para la Planificación Hídrica. Planes Directores de Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Provincia de Mendoza. Proyecto PNUD/FAO/ARG/00/008. Mendoza.
- D.B.Kraatz, Hydraulic Engineer FAO Land and Water Development Division, 1967. Irrigation Canal Lining. Food and Agriculture Organization of de United Nations Rome.
-
- Estrela, T.; 1992. Metodología y Recomendaciones para la Evaluación de Recursos Hídricos. Centro de Estudios Hidrográficos - Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Gabinete de Formación y Documentación, Madrid, España. 52 p.
- Heras, R.; 1983. Recursos Hídricos Síntesis, Metodología y Normas. Edita Cooperativa de Publicaciones del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Almagro, 42 -Madrid. 4361 p.
- Mustoni, N.; Comes, D.; Femenía, A.; 2010. Uso de Imágenes Satelitales para la gestión de los Recursos Hídricos. Unidad de SIG y Teledetección. Departamento General de Irrigación, Mendoza.
- Organización Meteorológica Mundial; 2009. Guía de Prácticas Hidrológicas (OMM No.168). Ginebra, Suiza.
- Pladeyra; 2003. Paisajes hidrológicos y balance hídrico de la cuenca Lerma Chapala, México.

- Proyecto PNUD/FAO/ARG/00/008 – DGI; 2005. Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos – Informe Principal. Volumen I. Cuenca del Río Mendoza. Mendoza, Argentina.
- Rendón, Luis.; 2003. La cuenca: sistema hidrológico o curso de agua natural. IMTA. Documento electrónico.
- Roscher, K., 1986 Irrigation Delivery Scheduling. Department of Irrigation and Civil Engineering. Agricultural University Wageningen, The Netherlands.
- Sánchez San Roman; J. 2001. El agua en el suelo. Web.usual.es/javisan/hidro/temas/T040 Sing, H.V.P. (1989. Hydrologic Systems Vol II watershed modeling Prentice Hall, New Jersey 320 pp.
- Satlari, G.; 2011. Infiltración y Erosión: sus efectos sobre la red de canales a partir de la regulación del río Mendoza. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.
- Sotelo Avila, Gilberto. Hidráulica de Canales. México, UNAM Facultad de Ingeniería. 2002
- Villodas, A. Rubén; 2008. Hidrología I. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- WEAP; 2011. User Guide. Stockholm Environment Institute.

10 SIGLAS

- ACRE Área de Cultivos Restringidos y Especiales.
- ArcGIS Software de información geográfica.
- AySAM Agua y Saneamiento Mendoza.
- ASAE American Society of Agriculture Engenners
- BPA Buenas Prácticas Agrícolas.
- CE Conductividad Eléctrica.
- CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Naciones Unidas).
- CEZA. Centro de Estudios de Zonas Áridas.
- Cl. Canal.
- COHIFE Consejo Hídrico Federal.
- COIRCO Comité Interjurisdiccional del Río Colorado.
- CONICET Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas.
- COVIAR Corporación Vitícola Argentina.
- CRA Centro Regional Andino.
- DA Demanda Agrícola.
- DGI Departamento General de Irrigación (Gobierno de Mendoza).
- DN Demanda Neta.
- DU Disponibilidad Unitaria.
- EA Eficiencia de Aplicación.
- EAP Explotación Agropecuaria.
- EC Eficiencia de Conducción.
- EMI Estrategia de Manejo Integrado.
- EPSA Estratégicas Provinciales para el Sector Agropecuario.

- ER Eficiencia Razonable.
- Eto Evapotranspiración del cultivo de referencia.
- Et Evapotranspiración.
- FAO Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FCA Faculta de Ciencias Agrarias.
- FDH Fondo de Desarrollo Hídrico.
- GEE Google Earth Engine.
- GIS Sistema de Información Geográfica.
- ha Hectáreas.
- HaSI derechos pagos o al día.
- HEC-RAS Hidrologic Engenier Center – River Analisis Sistem. Programa de Cálculo hidráulico.
- hm Hectómetros.
- IdC Inspección de Cauce.
- IDR Instituto de Desarrollo Rural
- IF Informe técnico.
- INA Instituto Nacional del Agua (Argentina).
- INDEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- INV Instituto Nacional de Vitivinicultura.
- IVAN Índice del Valor Actual Neto.
- Kc Coeficiente de cultivos.
- LR Lámina de Riego.
- MAGyP Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- MD Margen derecha.
- MI Margen izquierda

- MIRH Manejo Integrado de los Recursos Hídricos.
- M&E Monitoreo y Evaluación.
- ONG Organización No Gubernamental.
- ONU Organización de las Naciones Unidas.
- OSMSA Obras Sanitarias Mendoza S.A.
- PBG Producto Bruto Geográfico.
- Pef. Precipitación efectiva.
- PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PROSAP Programa de Servicios Agrícolas Provinciales.
- RSU Residuos Sólidos Urbanos.
- SAGPyA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.
- SAPEM Sociedad Anónima con Participación Estatal Mayoritaria.
- SECYT Secretaría de Ciencia y Técnica.
- SENASA Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.
- SEV Sondeos eléctricos verticales.
- SFR Superficie Factible de Riego.
- SIH Sistema de Información Hidronivometeorológica.
- SIPH Sistema de Información Planificación Hídrica.
- SNIH Sistema Nacional de Información Hídrica.
- SRRHH Subsecretaría de Recursos Hídricos.
- UAM Unidad Administrativa de Manejo.
- UNCuyo Universidad Nacional de Cuyo.
- UNSL Universidad Nacional de San Luis.
- UNSJ Universidad Nacional de San Juan.
- USD Dólar norteamericano.

- VAD Volumen de agua disponible.
- WEAP Software Water Evaluation And Planning.
- Wm Punto de marchitamiento.