

2021

Balance Hídrico

Río Tunuyán Superior

Actual y proyecciones

ÍNDICE

1	PREFACIO	9
2	INTRODUCCIÓN	11
2.1	ÁREA DE ESTUDIO	12
3	ASPECTOS METODOLÓGICOS	15
3.1	CONCEPTO DE BALANCE HÍDRICO Y DE CICLO HIDROLÓGICO	15
3.2	ESTRUCTURA DEL PROCESO DE ANÁLISIS	16
3.3	LA CUENCA DEL RÍO TUNUYÁN	17
3.3.1	ESQUEMA HIDROLÓGICO	19
3.4	UNIDADES DE MANEJO	23
3.4.1	UAM CON AGUA SUPERFICIAL Y USO CONJUNTO	24
3.4.2	UNIDADES ADMINISTRATIVAS DE AGUA SUBTERRÁNEA	24
3.5	DETERMINACIÓN DE LA OFERTA SUPERFICIAL	25
3.5.1	RÉGIMEN HIDROLÓGICO RIO TUNUYÁN	33
3.5.2	AÑO MEDIO	33
3.5.3	AÑO SECO	35
3.5.4	ARROYOS NIVALES Y DE VERTIENTES	35
3.5.5	AFLUENTES AL EMBALSE EL CARRIZAL	41
3.6	DETERMINACION DE LA OFERTA SUBTERRÁNEA	45
3.6.1	ANTECEDENTES DE ESTUDIOS Y ZONIFICACIÓN DE LA CUENCA	46
3.6.2	BREVE DESCRIPCIÓN HIDROGEOLÓGICA	46
3.6.3	RESERVAS PROBADAS Y PROBABLES	50
3.6.4	ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN DE NIVELES ESTÁTICOS - RESOLUCIÓN N° 673/9752	54
3.6.5	BRIGADA DE RELEVAMIENTO DE PERFORACIONES	54
3.7	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA	71
3.7.1	USOS DEL SUELO	71
3.7.2	DEMANDA NETA	75
3.7.3	DEMANDA BRUTA	83
3.8	ANÁLISIS DEL PADRÓN DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS	96
3.9	INDICADORES DE RESULTADO	100
3.9.1	INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA	100
3.9.2	COBERTURA DE LA DEMANDA	100
3.9.3	GARANTÍAS	101
4	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL ACTUAL	103

4.1	INTRODUCCIÓN.....	103
4.2	OFERTA.....	103
4.3	DEMANDA.....	103
4.4	RESULTADOS DE LA MODELACIÓN.....	107
	4.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA.....	108
	4.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA.....	108
	4.4.3 GARANTÍAS.....	113
5	ESCENARIOS PROSPECTIVOS.....	114
5.1	INTRODUCCION.....	114
6	ESCENARIO PROSPECTIVO - MAXIMO COMPROMISO.....	115
6.1	INTRODUCCIÓN.....	115
6.2	OFERTA.....	115
6.3	DEMANDA.....	115
	6.3.1 DEMANDA BRUTA AÑO MEDIO.....	116
	6.3.2 DEMANDA BRUTA AÑO SECO.....	117
6.4	RESULTADOS DE LA MODELACION.....	118
	6.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA.....	118
	6.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA.....	118
	6.4.3 GARANTÍAS.....	118
7	ESCENARIO PROSPECTIVO -COEF. ENTREGA 1.0.....	131
7.1	INTRODUCCIÓN.....	131
7.2	OFERTA.....	131
7.3	DEMANDA.....	131
	7.3.1 DEMANDA BRUTA AÑO MEDIO.....	132
	7.3.2 DEMANDA BRUTA AÑO SECO.....	133
7.4	RESULTADOS DE LA MODELACION.....	134
	7.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA.....	134
	7.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA.....	134
	7.4.3 GARANTÍAS.....	134
8	RESUMEN EJECUTIVO.....	147
9	BIBLIOGRAFÍA.....	153
10	SIGLAS.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa general de la cuenca del Río Tunuyán.....	13
Figura 2. Clasificación hidrográfica de las cuencas del Río Tunuyán	18
Figura 3. Subcuenca Tunuyán Superior – Esquema Hidrológico.....	20
Figura 4. Diferenciación de Unidades Administrativas de Manejo.....	24
Figura 5. UAM abastecidas con agua superficial.....	27
Figura 6. UAM de agua subterránea.....	30
Figura 7. Hidrograma Año Medio – Volúmenes y caudales mensuales.....	35
Figura 8. Hidrograma Año Seco – Volúmenes y caudales mensuales.....	36
Figura 9. Esquema de Agregación Arroyo La Estacada.....	38
Figura 10. Esquema de Agregación Arroyo Caroca	38
Figura 11. Esquema de Agregación Arroyo Guiñazú	38
Figura 12. Esquema de Agregación Arroyo Claro	39
Figura 13. Esquema de Agregación Arroyo San Carlos.....	39
Figura 14. Derrame Anual de Valle de Uco vs Sistema de Arroyos – Regresión.....	40
Figura 15. Hidrograma de Arroyos de origen nival	41
Figura 16. Hidrograma de Arroyos de Origen de Vertientes y Desagües	41
Figura 17. Análisis de Rippl - Curva de Masas.....	42
Figura 18. Volumen acumulado diario y caudal medio diario.	43
Figura 19. Caudales Medios Mensuales - Valle de Uco y Costa Anzorena.....	43
Figura 20. Derrames Anuales en Valle de Uco vs Costa Anzorena – Regresión.....	44
Figura 21. Zonificación de la cuenca hidrogeológica del río Tunuyán Superior.....	48
Figura 22. Esquema de reservas probadas en las distintas formaciones. UNSJ, 2013.	50
Figura 23. Pozos Activos (●) Inactivos (●) en el Valle de Uco.....	56
Figura 24. Pozos Relevados (●) y surgentes (Δ).....	57
Figura 25. Pozos Activos (●) Inactivos (●) en el Valle de Uco.....	58
Figura 26. Zona Libre Norte - Pozos Activos (●) Inactivos (●).....	59
Figura 27. Zona Libre Norte - Uso conjunto (●), exclusivo subterráneo (●).....	60
Figura 28. Zona Libre Norte - Riego gravitacional (●), presurizado (●) y mixto (●).....	61
Figura 29. Zona Libre Centro - Pozos Activos (●) Inactivos (●).....	62
Figura 30. Zona Libre Centro - Uso conjunto (●), exclusivo subterráneo (●).....	63
Figura 31. Zona Libre Centro - Riego gravitacional (●), presurizado (●) y mixto (●).....	64
Figura 32. Zona Libre Sur - Pozos Activos (●) Inactivos (●).....	65
Figura 33. Zona Libre Sur - Uso conjunto (●), exclusivo subterráneo (●).....	66
Figura 34. Zona Libre Sur - Riego gravitacional (●), presurizado (●) y mixto (●).....	67

Figura 35. Zona Libre Confinada - Pozos Activos (●) Inactivos (●).....	68
Figura 36. Zona Libre Confinada - Uso conjunto (●), exclusivo subterráneo (●).....	69
Figura 37. Zona Libre Confinada - Riego gravitacional (●), presurizado (●) y mixto (●).....	70
Figura 38. Usos actuales del Suelo según Google Earth Engine	73
Figura 39. Células de Cultivo de unidades de manejo con agua superficial.	74
Figura 40. Polígonos de Thysen sobre las áreas de manejo.	78
Figura 41. Evapotranspiración mensual Eto (mm).....	80
Figura 42. Demanda neta por Tipo de Uso	86
Figura 43. Longitud de canales e hijuelas con y sin revestimiento.	89
Figura 44. Demandas Brutas por UAM – Eficiencia actual	93
Figura 45. Demandas Brutas por Tipo Uso para la Cuenca del Río Tunuyán.....	93
Figura 46. Superficie empadronada según categoría de empadronamiento	97
Figura 47. Superficie empadronada según tipo de uso.....	98
Figura 48. Superficie empadronada total por UAM (ha).....	99
Figura 49. Demanda Bruta – Situación Actual, por UAM (hm ³)	104
Figura 50. Demanda bruta por tipo de cultivo para la eficiencia actual (hm ³).....	107
Figura 51. Insatisfacción de la Demanda, por UAM (hm ³).....	110
Figura 52. Cobertura de la demanda (%) - Situación actual, por UAM (%).....	112
Figura 53. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Medio, por UAM (hm ³)	116
Figura 54. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Medio, por Tipo Uso (hm ³)	116
Figura 55. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, por UAM (hm ³).....	117
Figura 56. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, por Tipo Uso (hm ³)	117
Figura 57. Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año medio (hm ³).....	124
Figura 58. Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año seco (hm ³).....	126
Figura 59. Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Medio (hm ³).....	128
Figura 60. Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Seco (hm ³)	130
Figura 61. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Medio, por UAM (hm ³)	132
Figura 62. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Medio, por Tipo Uso (hm ³)	132
Figura 63. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Seco, por UAM (hm ³).....	133
Figura 64. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Seco, por Tipo Uso (hm ³)	133
Figura 65. Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100% – Año medio (hm ³).....	140
Figura 66. Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100%– Año seco (hm ³).....	142
Figura 67. Cobertura de la Demanda – Derechos al 100%– Año Medio (hm ³)	144
Figura 68. Cobertura de la Demanda – Derechos al 100%– Año Seco (hm ³)	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	UAM de agua superficial – Estado de los cultivos (ha)	28
Tabla 2	UAM de agua superficial – Superficie por Categoría de Derecho (ha)	29
Tabla 3	Estado de las superficies UAM de aguas subterráneas.....	31
Tabla 4	Abastecimiento UAM según Esquema Hidrológico.....	32
Tabla 5	Est. de Aforos Valle de Uco – Río Tunuyán – Volúmenes mensuales y anuales (hm ³).....	34
Tabla 6	Caudales Medios Mensuales de Ríos y Arroyos – (m ³ /s)	37
Tabla 7	Serie de Datos incorporados al Modelo WEAP.....	37
Tabla 8	Afluentes a El Carrizal.....	42
Tabla 9	Afluentes a El Carrizal.....	43
Tabla 10	Reservas probadas y probables del Valle de Uco. UNSJ, 2013.....	51
Tabla 11	Información relevada sobre cada perforación	54
Tabla 12	Perforaciones relevadas	56
Tabla 13	Pozos activos, volumen bombeo y superficie cultivada con agua subterránea	56
Tabla 14	Plantas Potabilizadoras con abastecimiento superficial (m ³ /s).....	75
Tabla 15	Operadores de agua potable abastecidos con agua subterránea	75
Tabla 16	Usos del suelo determinados	76
Tabla 17	Evapotranspiración de referencia - Estaciones Tunuyán Superior (mm).....	80
Tabla 18	Parámetros para el cálculo de la demanda bruta	85
Tabla 19	Eficiencias de Conducción en canales del Valle de Uco	90
Tabla 20	Eficiencias de aplicación - Sistemas riego con correcta proyección y mantenimiento.....	91
Tabla 21	Desempeño de Riego en Tunuyán Superior. Resumen.....	92
Tabla 22	Eficiencias actuales y propuestas	94
Tabla 23	Superficies empadronadas y categorías de empadronamiento.....	97
Tabla 24	Demanda Bruta mensual, por UAM, Eficiencia Actual, año Medio (hm ³).....	105
Tabla 25	Demanda Bruta mensual, por UAM, Eficiencia Actual, año Medio (hm ³) – Cont.	106
Tabla 26	Insatisfacción de la Demanda – Situación Actual, por UAM (hm ³)	109
Tabla 27	Insatisfacción de la Demanda – Situación Actual, por UAM (hm ³) – Cont.....	110
Tabla 28	Cobertura de la Demanda – Situación Actual, por UAM.....	111
Tabla 29	Cobertura de la Demanda – Situación Actual, por UAM – Cont.	112
Tabla 30	Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Medio, para UAM (hm ³).....	119
Tabla 31	Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Medio, para UAM (hm ³) – Cont.	120
Tabla 32	Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, para UAM (hm ³).....	121
Tabla 33	Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, para UAM (hm ³) – Cont.	122
Tabla 34	Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año medio (hm ³).....	123

Tabla 35	Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año medio (hm ³) – Cont.	124
Tabla 36	Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año seco (hm ³).....	125
Tabla 37	Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año seco (hm ³) – Cont.	126
Tabla 38	Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Medio (hm ³).....	127
Tabla 39	Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Medio (hm ³) – Cont.....	128
Tabla 40	Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Seco (hm ³)	129
Tabla 41	Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Seco (hm ³) – Cont.....	130
Tabla 42	Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Medio, para UAM (hm ³)	135
Tabla 43	Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Medio, para UAM (hm ³) – Cont.....	136
Tabla 44	Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Seco, para UAM (hm ³)	137
Tabla 45	Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Seco, para UAM (hm ³) – Cont.....	138
Tabla 46	Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100%- Año medio (hm ³).....	139
Tabla 47	Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100%- Año medio (hm ³).....	140
Tabla 48	Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100%- Año seco (hm ³).....	141
Tabla 49	Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100%- Año seco (hm ³)- Cont.	142
Tabla 50	Cobertura de la Demanda – Derechos al 100%- Año Medio (hm ³)	143
Tabla 51	Cobertura de la Demanda – Derechos al 100%- Año Medio (hm ³) – Cont.....	144
Tabla 52	Cobertura de la Demanda – Derechos al 100%- Año Seco (hm ³)	145
Tabla 53	Cobertura de la Demanda – Derechos al 100%- Año Seco (hm ³) – Cont.....	146

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. Sobre la base de los estudios que se han realizado anteriormente, respecto de la situación y las necesidades de las cuencas, el objetivo general de la presente actualización del Balance Hídrico, es 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 generar información y convertirse en herramienta fundamental, que el Departamento General de Irrigación (DGI) utiliza para planificar y evaluar la disponibilidad hídrica a nivel provincial.
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 Superior, 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 Valle de Uco, y de los distintos arroyos nivales y de vertientes, en particular.
5. La Ley General de Aguas que data de 1884, establece como deberes del Departamento General de Irrigación (DGI) el determinar la cantidad de agua de los ríos provinciales, a través de “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 lleva registros y estadísticas de los distintos ríos de la Provincia, modernamente se interpreta que el “aforo del río” 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 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 pasa 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), con 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 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.

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

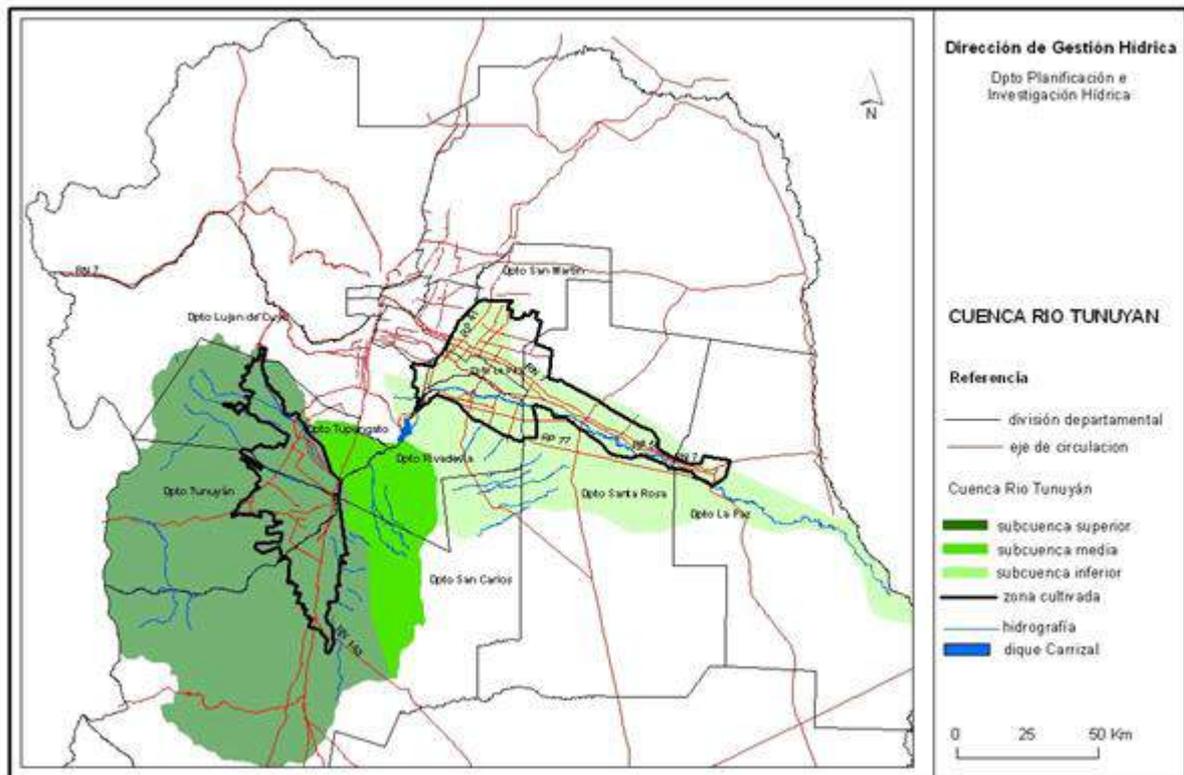
13. Como breve descripción del área de estudio, es importante mencionar que, para realizar un balance entre oferta y demanda, es necesario referirlo a una cuenca. En el caso del río Tunuyán se presentan singularidades que es necesario resaltar.

14. La cuenca posee dos áreas desarrolladas bien definidas y que administrativamente están subdivididas en Subdelegaciones de Aguas, la del Río Tunuyán Superior e la del Tunuyán Inferior. Ambas Subdelegaciones comparten el embalse regulador estacional El Carrizal.

15. La hidrogeología de toda esta cuenca es compleja, ya que tiene diversas fuentes de recarga, tanto de las cordilleras Principal y Frontal; de los arroyos de origen nival y de las distintas zonas bajo riego.

16. La cuenca del río Tunuyán, abarca una superficie de 18.954 km², localizada en la zona centro norte y centro de la provincia de Mendoza (Figura 1).

Figura 1. Mapa general de la cuenca del Río Tunuyán



17. Comprende los departamentos de Tunuyán, San Carlos, Tupungato, Luján de Cuyo, Rivadavia, Junín, San Martín, Santa Rosa y La Paz. Los tres primeros corresponden a la subcuenca del Tunuyán Superior y el resto a la Subdelegación del río Tunuyán Inferior.

18. El cauce de este río presenta un recorrido que nace en los glaciares de la cordillera principal, en la vertiente sur-Oeste del Volcán Tupungato, atraviesa el Valle de Uco, transpone la Sierra de las Huayquerías y se extingue en la depresión o llanura de travesía del este mendocino.

19. Al norte limita con la cuenca del río Mendoza; al sur, con la cuenca del río Diamante; el límite oeste está conformado por la divisoria de aguas con la República de Chile. El límite este es el río Desaguadero.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1 CONCEPTO DE BALANCE HÍDRICO Y DE CICLO HIDROLÓGICO

20. 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.

21. 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).

22. 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.

23. 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, la zona de riego, un acuífero, etc.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. 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

28. 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 aguas del río Tunuyán;
3. revisión y actualización de empadronamientos que se abastecen con aguas de ríos y arroyos de origen nival: Yaucha, Aguanda, Grande, Villegas, Olmos y Las Tunas;
4. revisión y actualización de los empadronamientos abastecidos por aguas de manantial: arroyos Guiñazú, Salas, Claro y Negro;
5. revisión y actualización de los empadronamientos que alumbran aguas subterráneas.

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

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

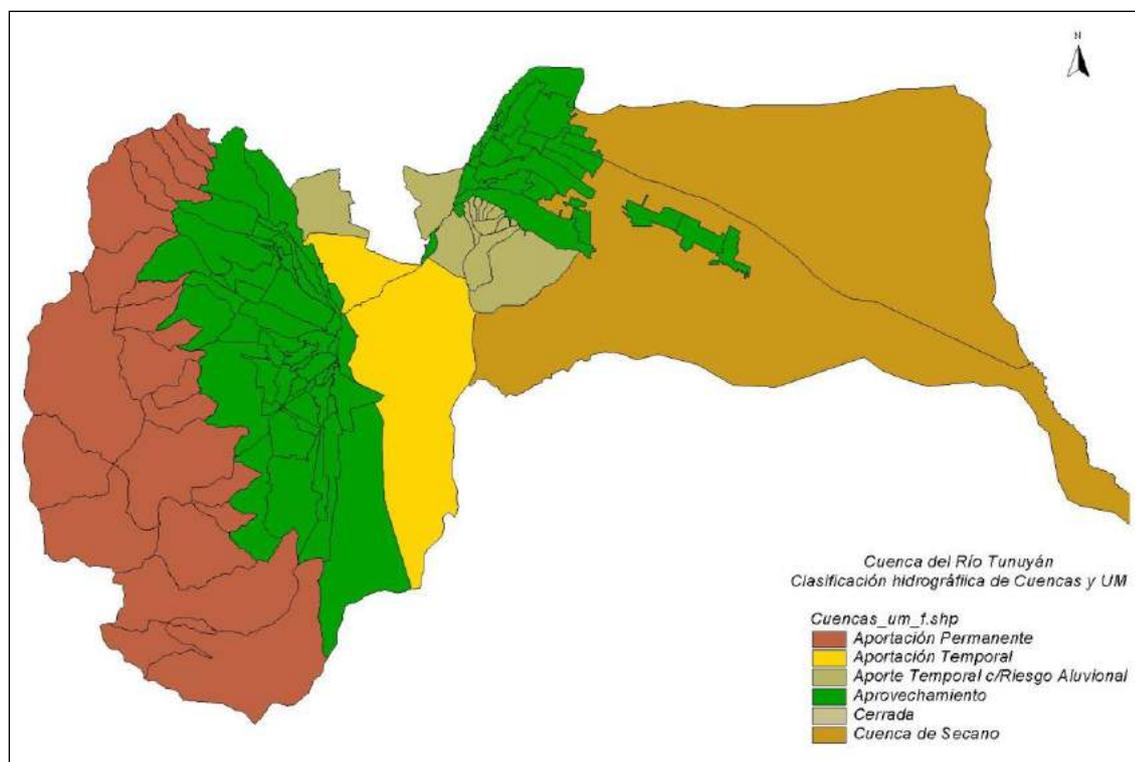
31. También se hace una exploración en escenarios prospectivos de cambios sobre la superficie cultivada considerada a futuro.

3.3 LA CUENCA DEL RÍO TUNUYÁN

32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. 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 pedemontanas o Huayquerías. Por último, el límite Sur está dado por la divisoria de cuenca con el río Diamante.
36. 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)
37. 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 nival, con neta variación entre los caudales de invierno y verano.

Figura 2. 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.

38. 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.

39. 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 consideran para el cálculo). 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

40. 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.

41. Con el objetivo de aportar a su entendimiento, se visualiza un esquema que representa el modelo conceptual del funcionamiento hidrológico del sistema (Figura 3).

42. 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.

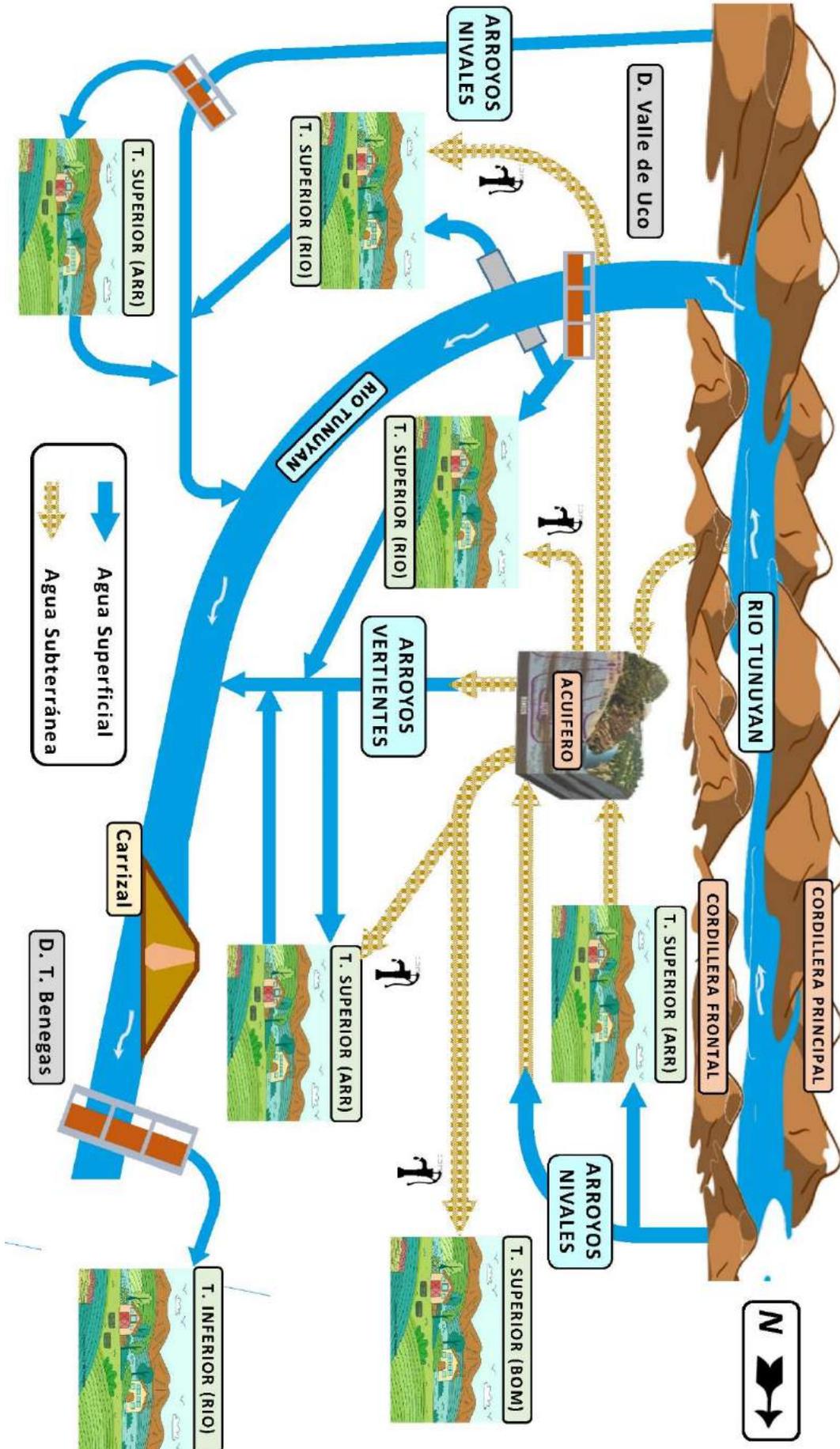
43. Desde este sector corre hacia el sur por un estrecho valle intermontano de las dos cordilleras nombradas y deja el ambiente de montaña con rumbo al este, en la confluencia con los ríos Salinillas y Colorado. Fuera de los cordones montañosos, tiene una traza con dirección noreste, hasta que llega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

44. 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)**].

45. 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 3. Subcuenca Tunuyán Superior – Esquema Hidrológico



46. 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 49).

47. 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).

48. 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.

49. 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.

50. 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).

51. Obviamente, de estos arroyos de vertientes, antes que descarguen los escurrimientos al río, se abastecen distintas zonas de riego [**T. SUPERIOR (ARR)**].

52. 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.

53. 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.

54. 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.

55. 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.

56. 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).

57. 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.

58. 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**].

59. 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.

60. 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.

61. 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.

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

63. 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

64. 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.

65. 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.

66. 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).

67. Existen algunas excepciones donde, por su modalidad de operación del sistema o por la característica heterogénea de algunas Inspecciones, se las desagregó en unidades menores. Por último, se definieron unidades que no poseen derecho de riego o su fuente de abastecimiento es exclusivamente subterránea.

68. 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.

69. 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.

70. Atendiendo a que pueden tener distintas fuentes de provisión de agua, se consideran en el presente estudio: 1) río; 2) arroyos con origen de fusión nival; y 3) arroyos originarios de manantiales, y en consecuencia en este trabajo tienen distinto tratamiento. Las de aguas subterráneas, se han clasificado según el método de extracción, tal como se ve en el esquema siguiente:

Figura 4. Diferenciación de Unidades Administrativas de Manejo



3.4.1 UAM CON AGUA SUPERFICIAL Y USO CONJUNTO

71. 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 o de arroyos, conducidos por la red de canales e hijuelas hacia las parcelas, con derecho y permisos de riego.

72. 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 Valle de Uco. La Figura 5, ubica espacialmente estas unidades.

73. 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.

74. En la tabla de la Tabla 1, se muestra el estado de abandono/cultivo de estas UAM y en la 0 las superficies empadronadas por Categoría de Derecho.

3.4.2 UNIDADES ADMINISTRATIVAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

75. Las unidades de manejo subterráneas se han definido en base a: i) tipo de extracción, o sea, 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.

76. Es decir que, en este documento, se ha adoptado el criterio de subdividir el área de estudio desde un punto de vista agronómico, aun cuando los estudios emprendidos en 2013 y 2014 en convenio con la UNSJ buscan delimitar subcuencas hidrogeológicas.

77. 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.

78. De todo el trabajo de clasificación, quedaron definidas 19 unidades de manejo con derechos superficiales, 17 unidades de agua subterránea, 7 sitios de demanda poblacional y el sitio de demanda agrícola que representa a la cuenca administrativa del Tunuyán Inferior.

79. La Figura 6, ubica espacialmente estas unidades y en la Tabla 3 se detallan las superficies abandonadas y cultivadas.

80. En la Tabla 4 se muestran todas las UAM y el origen de su abastecimiento, de acuerdo a lo explicado en el Esquema Hidrológico. Cabe aclarar que aparece una clasificación Tupungato, que son UAM que son abastecidas por aguas de los arroyos nivales, como de los de vertientes.

3.5 DETERMINACIÓN DE LA OFERTA SUPERFICIAL

81. 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. 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 como pobres y secos.

82. 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.

83. 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.

84. El comienzo del año hidrológico puede variar entre una región y otra, incluso dentro de un mismo país o 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).

85. 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 1 de agosto de un año al 31 de julio del siguiente.

Figura 5. UAM abastecidas con agua superficial

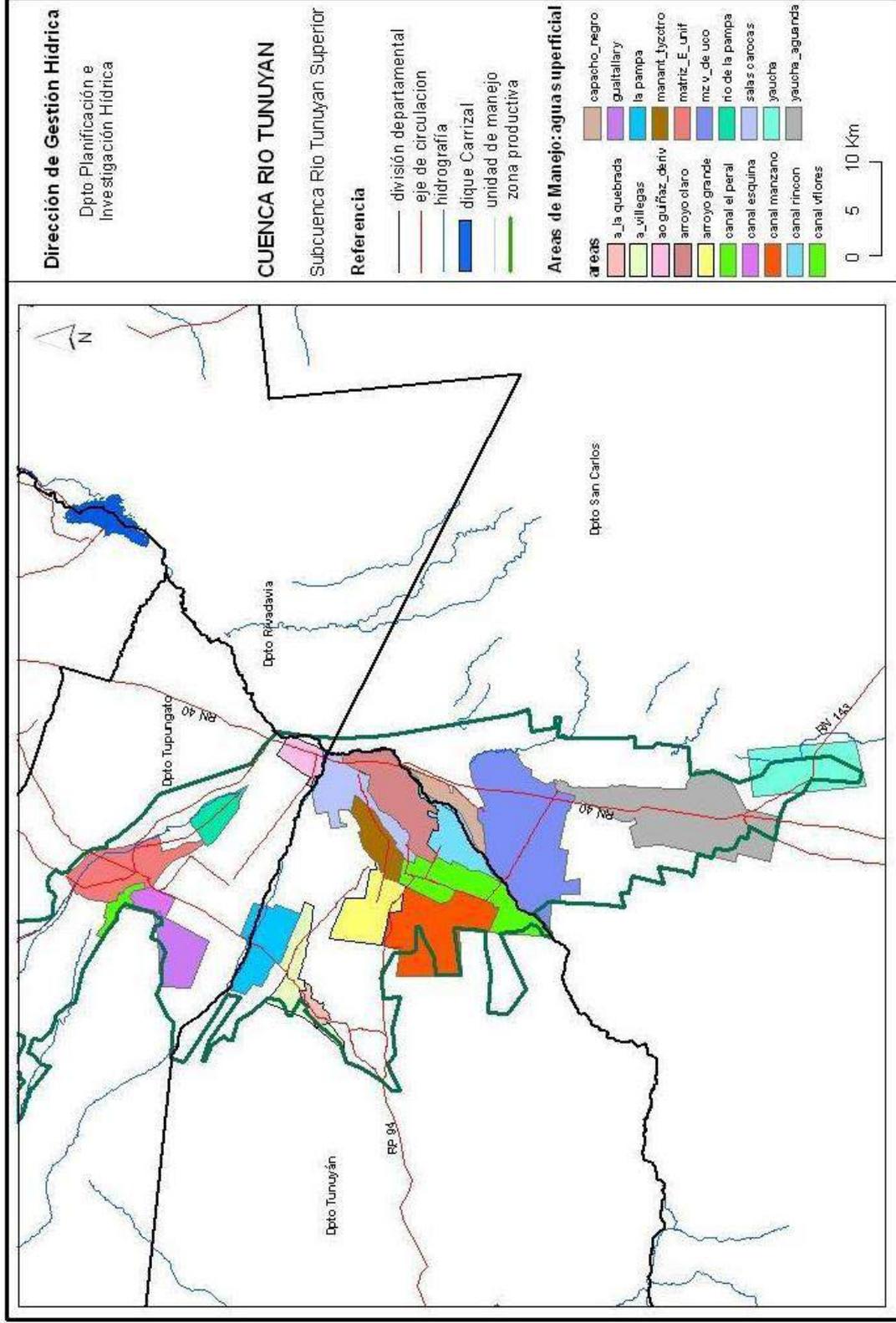


Tabla 1 UAM de agua superficial – Estado de los cultivos (ha)

UAM	Suelo Descubierta	Cultivado
Arroyo Canal La Quebrada	12	274
Arroyo Claro	419	1419
Arroyo Grande	314	1323
Arroyo Guñazú Derivado	174	911
Arroyo Rio La Pampa o Salto	90	868
Arroyo Salas Caroca	106	1332
Arroyo Villegas	207	1009
Canal Capacho	16	576
Canal El Peral Unificado	31	696
Canal Esquina Unificado	218	989
Canal Manzano	707	2088
Canal matriz Valle De Uco	2549	10728
Canal Rincón	580	782
Canal Vista Flores	202	1894
Estancia Silva	216	2264
Hijuela Gualtallary	862	903
Hijuela La Pampa	374	924
La Carrera		2882
La Remonta	259	2127
Manantiales Tunuyán Zona Centro	24	555
Matriz Este Unificado	175	4087
Yaucha Aguanda Unificado	1935	5997
TOTAL	9470	44628

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

UAM	Poblac.	Definitivo	Desagüe	Dominio Privado	Eventual	Permiso Precario	Permiso Temporario	Sobrantes	Uso Publico	Total General
A° Claro		1783		804	146	25			104	2864
A° Grande	8	1028		129	87	188			17	1457
A° Guiñazú derivados						1098				1098
A° Salas Caroca		1558	20	1064	95	18			62	2816
A° Villegas		265		1098	18	72			5	1457
Canal A° La Quebrada		105			89	7				201
Canal Capacho		420			212	393			5	1030
Canal El Peral		273			11	11				294
Canal Esquina		816			103	438	666		2	2025
Canal Manzano		2192			116	12			22	2341
Canal Matriz Valle Uco		8231	2217		942	1030		28	184	12633
Canal Rincón		805			17	11				833
Canal Vista Flores		1811			264	14			41	2131
Estancia Silva		101			255	603	260			1219
Hijuela Gualtallary		31								31
Hijuela La Pampa		80			200	286				566
La Carrera		1407		1540	7	3202				6157
La Remonta		2595							7	2602
Manantiales de Tyan. zona Centro		385	365	1054	69	65			40	1978
Matriz Este unificado	197	1869	413		651	182			36	3347
Río de La Pampa o salto				99	3	828				930
Sin inspección		47			54	67				168
Yaucha				453						453
Yaucha Aguanda Unificada		6058		64	768	234		52	93	7269
Total general	204	31860	3015	6305	4106	8785	926	80	619	55901

Figura 6. UAM de agua subterránea

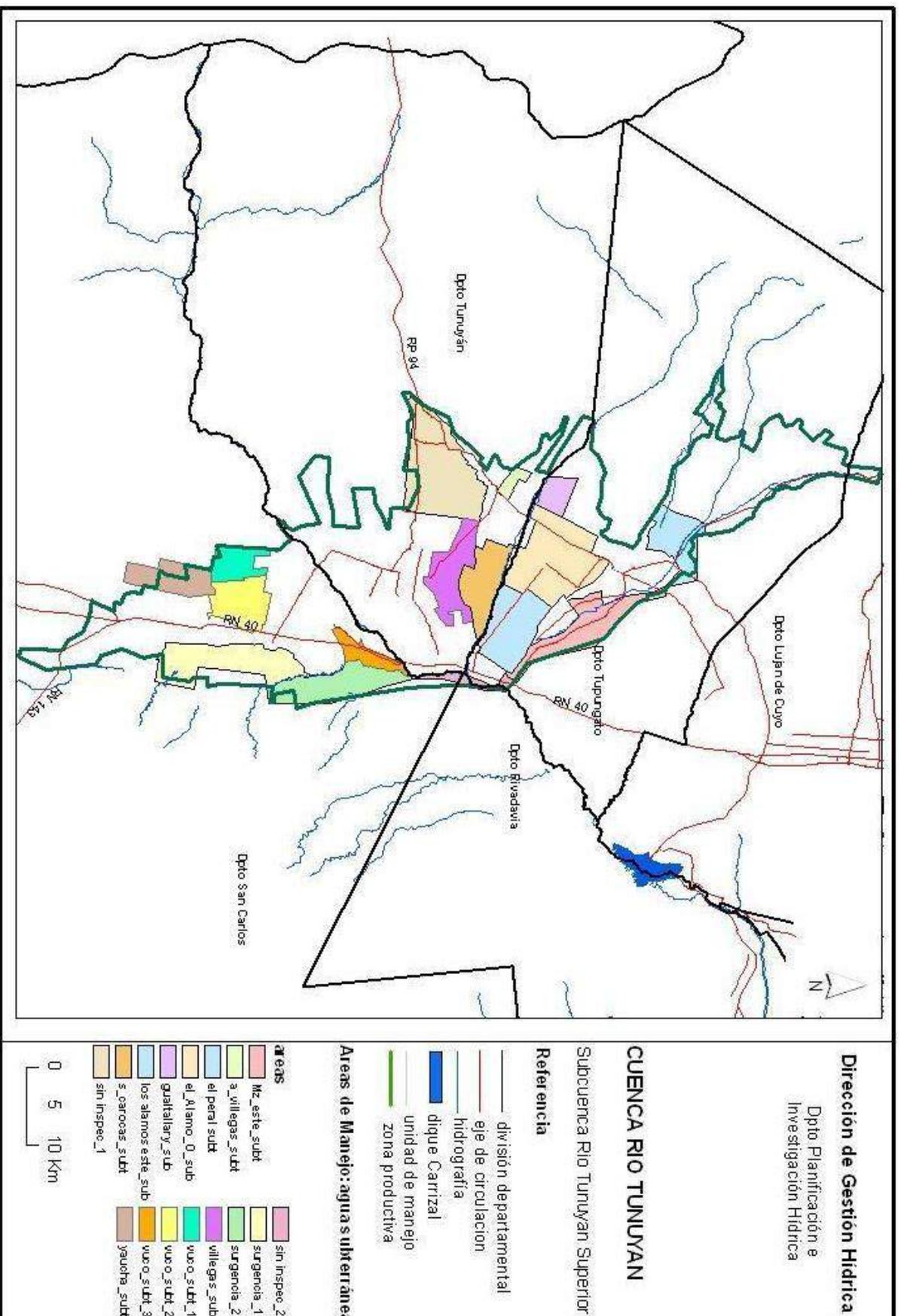


Tabla 3 Estado de las superficies UAM de aguas subterráneas

Unidad de Manejo	Superficie Abandonada	Superficie Cultivada
Aguanda Subterráneo	282	363
A° Grande Subterráneo	918	3.964
A° Villegas Subterráneo	382	1.551
El Álamo E	3.249	1.945
El Álamo O	848	6.498
El Peral Subterráneo	515	1.430
Gualtallary Subterráneo	40	13
La Pampa Subterráneo	914	3.116
Matriz E Subterráneo	879	2.914
Sin inspección 1	521	1.365
Sin inspección b	2	8
Surgencia 1	2.253	2.680
Surgencia 2	1.812	1.089
Valle de Uco Subterráneo 1	97	620
Valle de Uco Subterráneo 2	1.470	1.240
Valle de Uco Subterráneo 3	608	1008
Yaucha Subterráneo	1.122	1.873
SUBTOTAL	15.911	31.678

Tabla 4 Abastecimiento UAM según Esquema Hidrológico

Unidad de Manejo	Esquema	Unidad de Manejo	Esquema
Arroyo Claro	Arroyo Manantial	Pareditas Subterráneo	Subterráneo
Arroyo Salas Caroca	Arroyo Manantial	Aguanda Subterráneo	Subterráneo
Arroyo Guñazú Derivado	Arroyo Manantial	Yaucha Subterráneo	Subterráneo
Manantiales Tunuyán Zona Centro	Arroyo Manantial	Valle Uco Subterráneo 1	Subterráneo
Yaucha Aguanda Unificado	Arroyo Nival	Valle Uco Subterráneo 2	Subterráneo
La Remonta	Arroyo Nival	Surgenia 1	Subterráneo
Arroyo Grande	Arroyo Nival	Surgenia 2	Subterráneo
Arroyo Canal La Quebrada	Arroyo Nival	Valle Uco Subterráneo 3	Subterráneo
Arroyo Villegas	Arroyo Nival	La Pampa Subterráneo	Subterráneo
Estancia Silva	Arroyo Nival	Arroyo Grande Subterráneo	Subterráneo
La Carrera	Arroyo Nival	Gualtallary Subterráneo	Subterráneo
Canal matriz Valle de Uco	Rio Tunuyán	El Álamo Este	Subterráneo
Canal Rincón	Rio Tunuyán	Zapata Subterráneo	Subterráneo
Canal Vista Flores	Rio Tunuyán	El Álamo Oeste	Subterráneo
Canal Manzano	Rio Tunuyán	Peral Subterráneo	Subterráneo
Canal Capacho	Rio Tunuyán	Hijuela La Pampa	Tupungato
		Arroyo Rio La Pampa o Salto	Tupungato
		Canal Esquina Unificado	Tupungato
		Matriz Este Unificado	Tupungato
		Canal El Peral Unificado	Tupungato
		Hijuela Gualtallary	Tupungato

86. 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.

87. 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).

88. 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 RIO TUNUYÁN

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

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

91. 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 5.

92. 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

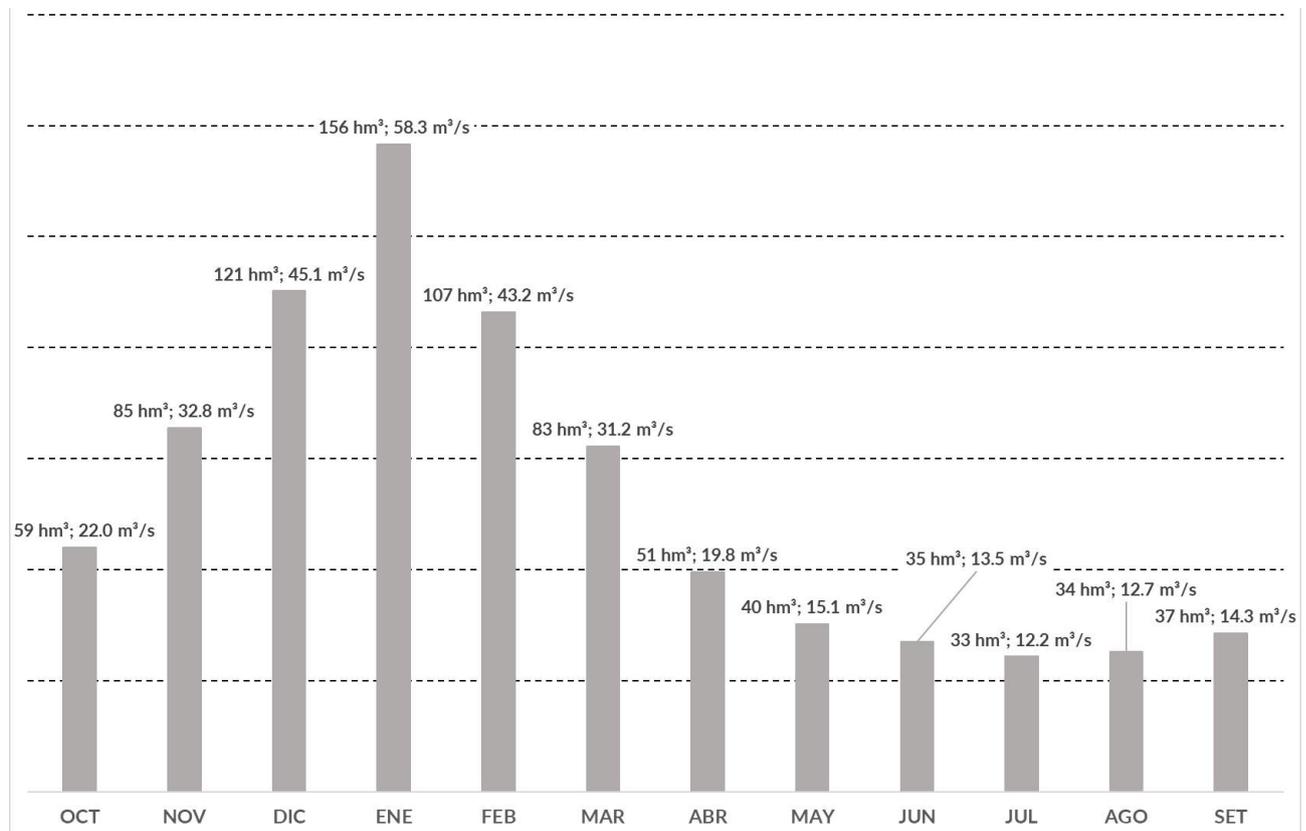
93. El hidrograma del “año medio” ha sido calculado como el promedio de los valores mensuales, de los años hidrológicos que tuvieron un comportamiento Medio, en caudal y volumen anual, en las dos últimas décadas.

Tabla 5 Est. de Aforos 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	1091
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	1263
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	1041
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	1706
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	1001
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	1014
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	1016
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	1526
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	1019
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	1032
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	1458
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	1398
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	1000
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	1019
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	1042
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	1201
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	1264
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	1510
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	1162
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	1113
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

94. En la modelación de la oferta, para un año medio se utilizaron los hidrogramas de la Figura 7, con un módulo anual medio de 26.4 m³/s, un derrame anual medio de 842 hm³.

Figura 7. Hidrograma Año Medio – Volúmenes y caudales mensuales



3.5.3 AÑO SECO

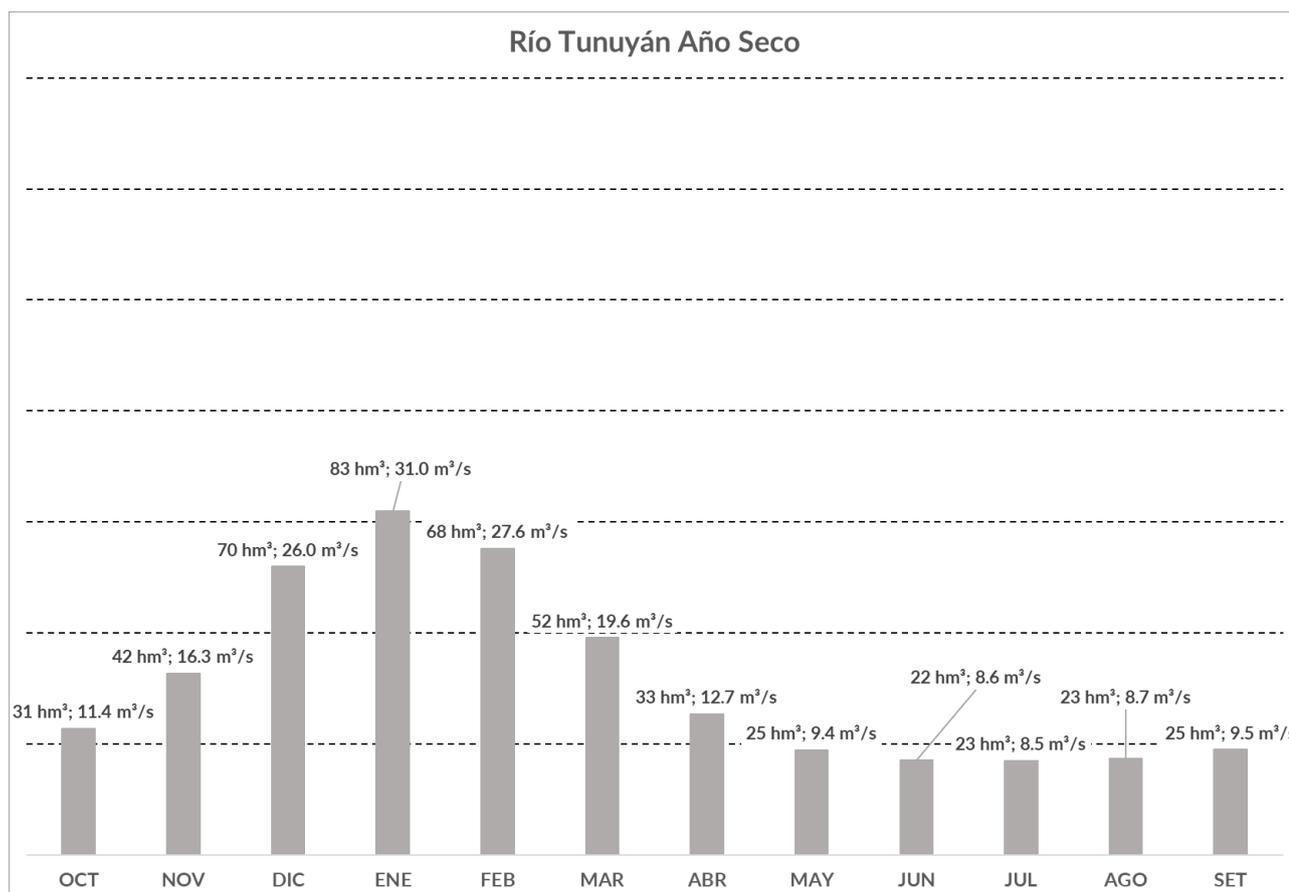
95. El hidrograma del “año seco” ha sido calculado como el promedio de los valores mensuales, de los años hidrológicos que tuvieron un comportamiento de año Seco, en caudal y volumen anual, en las dos últimas décadas.

96. En la modelación de la oferta, para un año seco se utilizaron los hidrogramas de la Figura 8, con un módulo anual medio de 15.8 m³/s, un derrame anual medio de 496 hm³.

3.5.4 ARROYOS NIVALES Y DE VERTIENTES

97. 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 6 y en la 0 las series utilizadas.

Figura 8. Hidrograma Año Seco – Volúmenes y caudales mensuales



98. 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.

99. 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.

100. 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.

101. Los arroyos de vertientes que ingresan por margen izquierda del Río Tunuyán son: el Claro, el Salas Caroca, Guiñazú y La Estacada. Entre la Figura 9 y la Figura 11 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.

Tabla 6 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 7 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]

Figura 9. Esquema de Agregación Arroyo La Estacada

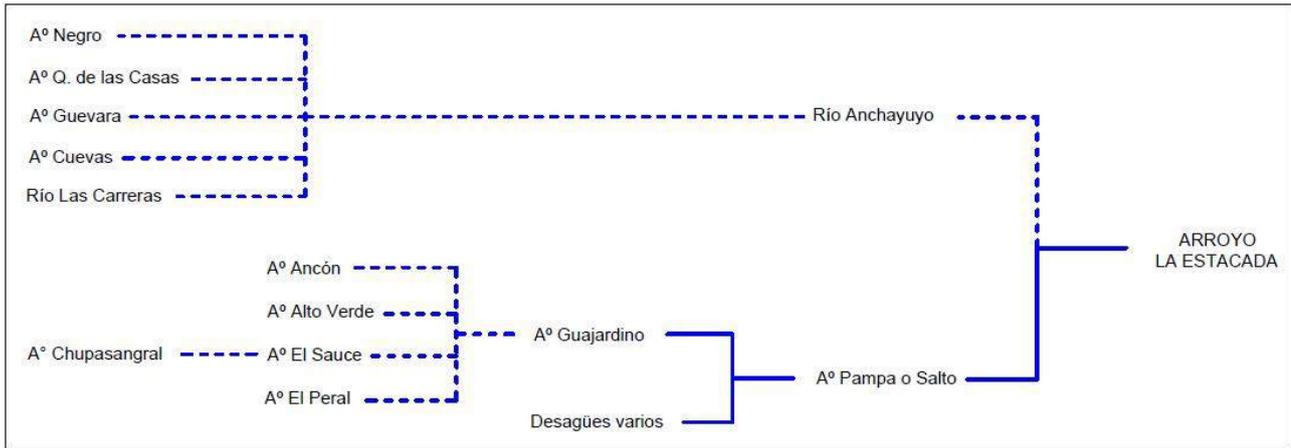


Figura 10. Esquema de Agregación Arroyo Caroca

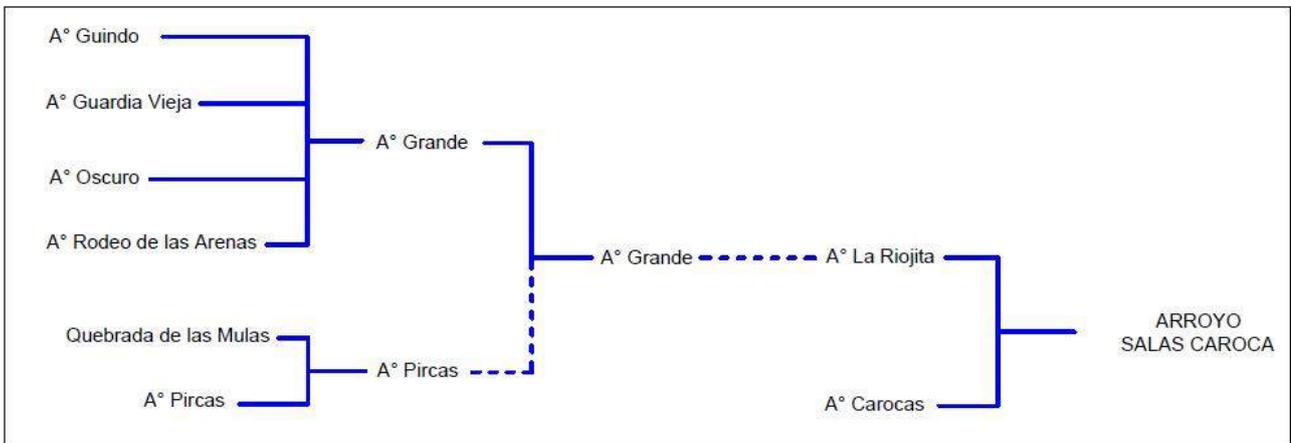


Figura 11. Esquema de Agregación Arroyo Guiñazú

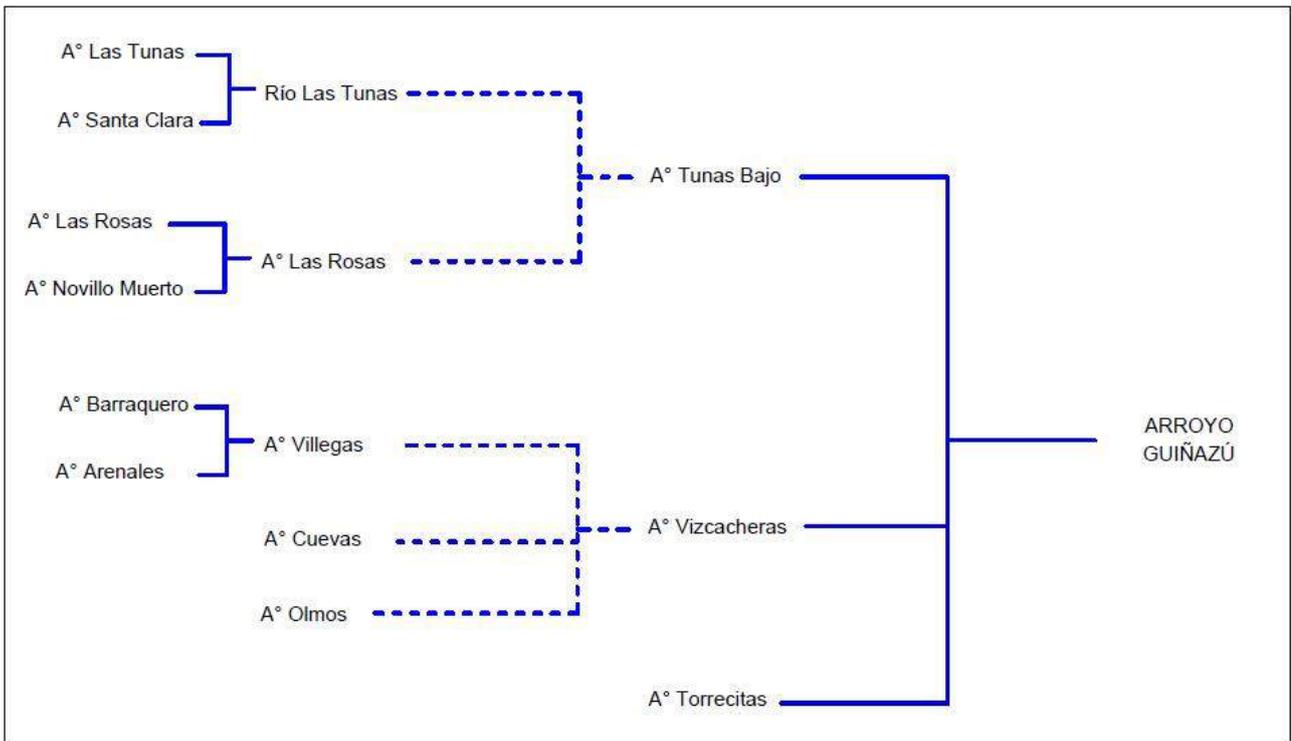
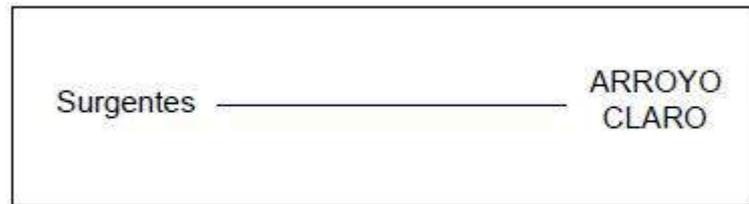
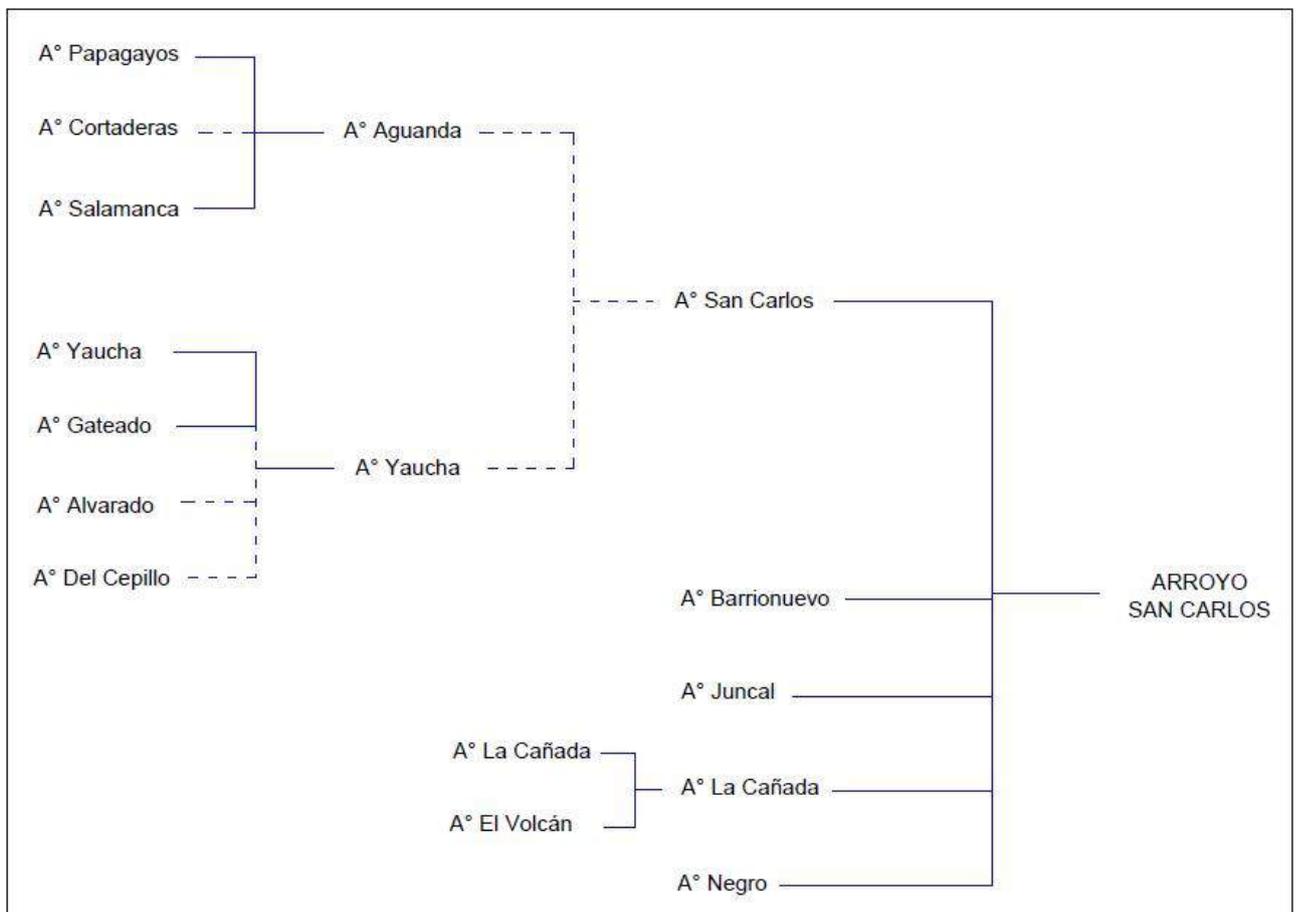


Figura 12. Esquema de Agregación Arroyo Claro



102. Por margen derecha, los caudales afluentes al río son aportados, principalmente, por el Arroyo San Carlos (Figura 13)

Figura 13. Esquema de Agregación Arroyo San Carlos



103. 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.

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

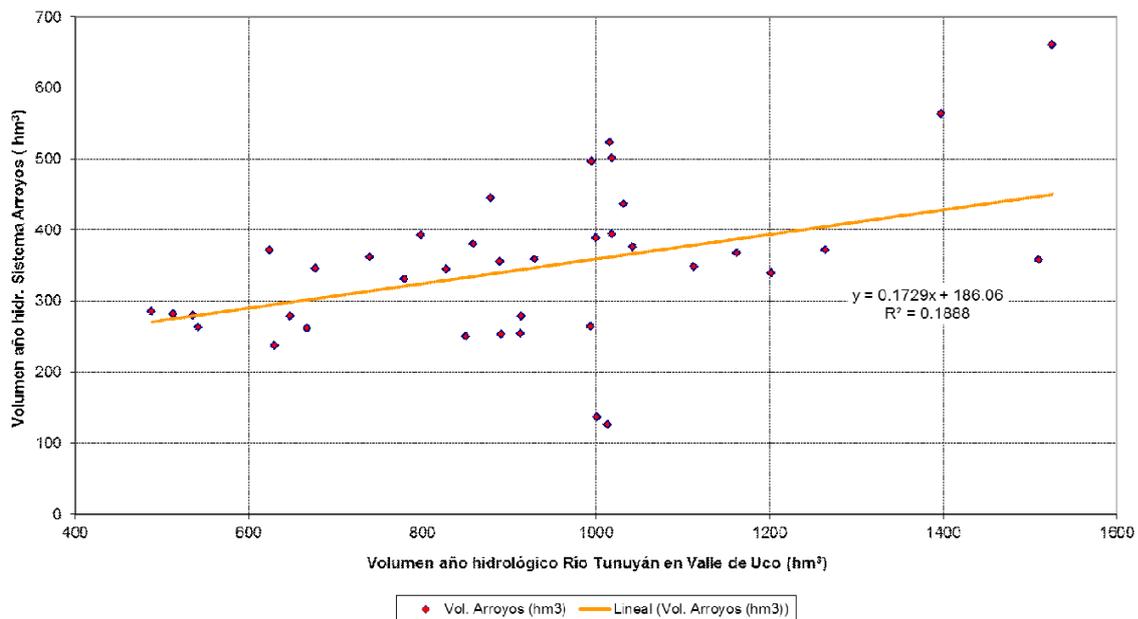
$$AC = RTVDU - DDVDU + SA$$

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

105. 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 14).

Figura 14. Derrame Anual de Valle de Uco vs Sistema de Arroyos – Regresión.



106. 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.

107. 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. Los siguientes gráficos muestran los hidrogramas anuales de los arroyos, tanto de origen nival (Figura 15) como los que tienen origen en los desagües de los sistemas de riego del Tunuyán Superior y/o vertientes (Figura 16). La diferencia de la relación Q_{pico}/Q_{base} y la fecha de ocurrencia de los máximos entre ambos tipos de escurrimiento es evidente en los gráficos mencionados.

Figura 15. Hidrograma de Arroyos de origen nival

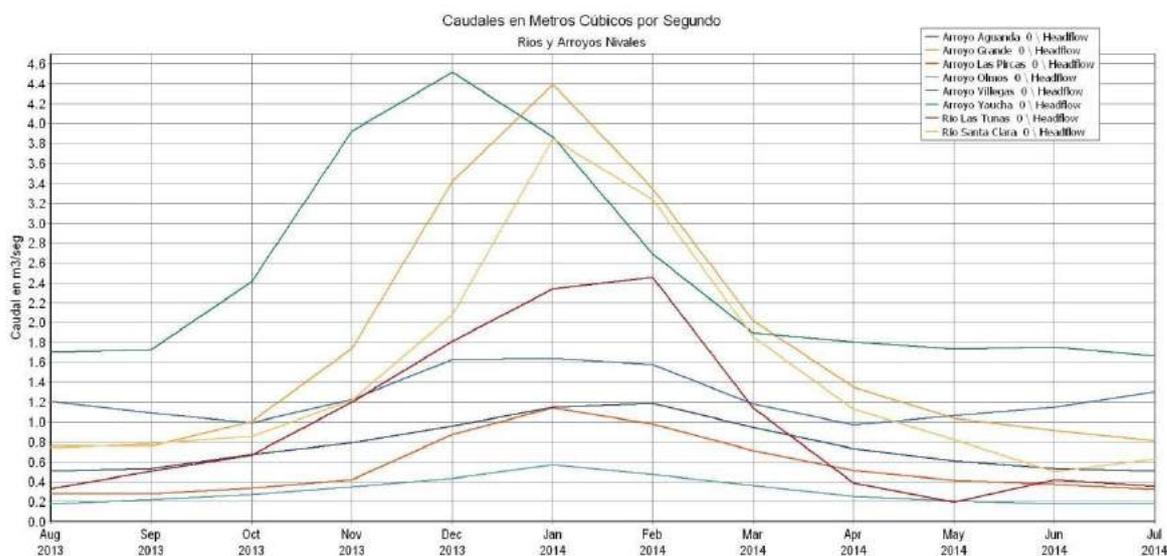
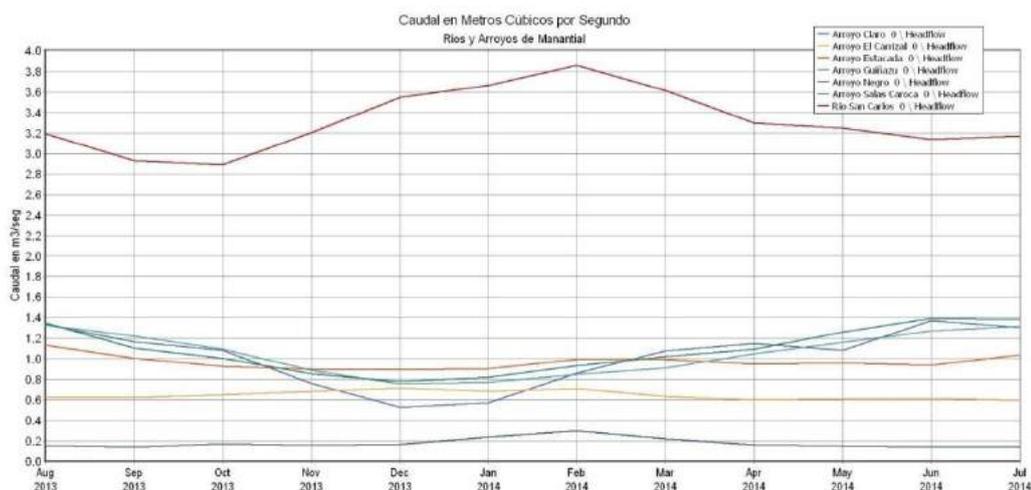


Figura 16. Hidrograma de Arroyos de Origen de Vertientes y Desagües



3.5.5 AFLUENTES AL EMBALSE EL CARRIZAL

108. 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.

109. Se destaca que el Aforador Costa Anzorena es el punto de control o cierre de la subcuenca bajo estudio en este informe y está ubicado agua 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 cuál descarga directamente sus aguas al espejo homónimo.

110. La Tabla 8 presenta los caudales característicos y la estadística hidrológica, clásica para estos afluentes.

Tabla 8 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 caract. Máximo: rebasado 355 días/año
Q _{cM}	3%	94.4	Q caract. Sequía: rebasado 10 días/año
Q _{AB}	entre 75% - 95%	17.1	Q. car. aguas bajas (Q medio c/excedencias entre el 75% y 95%)
Q _{AM}	entre 25% - 75%	28.2	Q. car. aguas medias (Q medio c/excedencias entre el 25% y 75%)
Q _{AA}	entre 5% - 25%	54.7	Q. car. aguas altas (Q medio c/excedencias entre el 5% y 25%)
Q _{max}		281.1	Q. max. medio diario
Q _{min}		0.0	Q. min. medio diario
Q _{ma}		34.2	Q medio anual
s		22.9	Desv. Estándar
CV		67%	Coef. Variación

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

Figura 17. Análisis de Ripl - Curva de Masas.

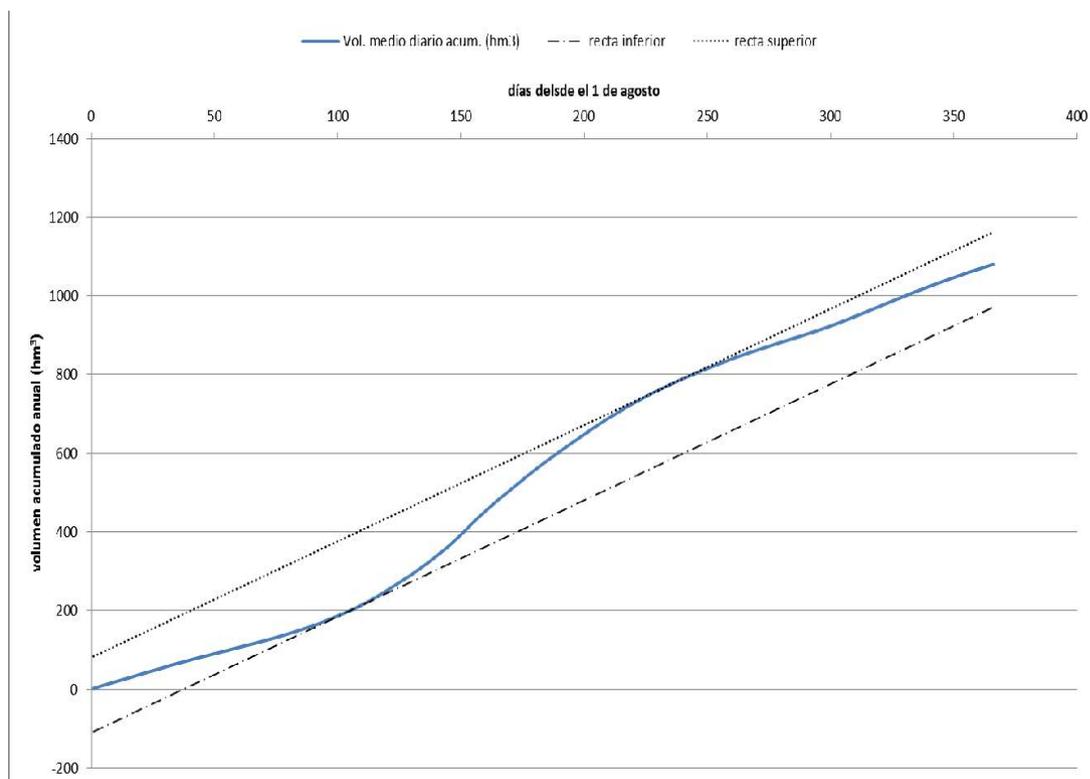
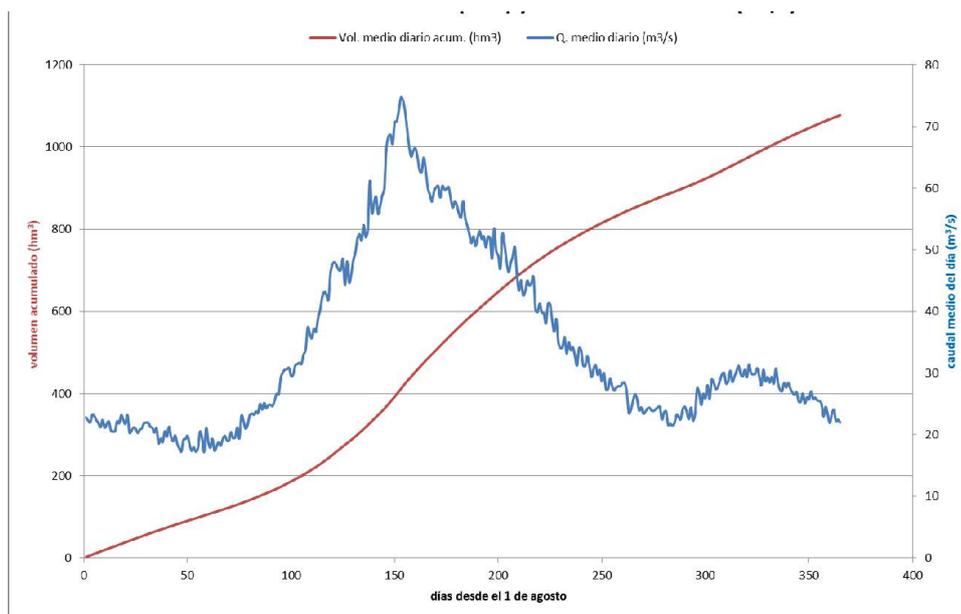


Tabla 9 Afluentes a El Carrizal

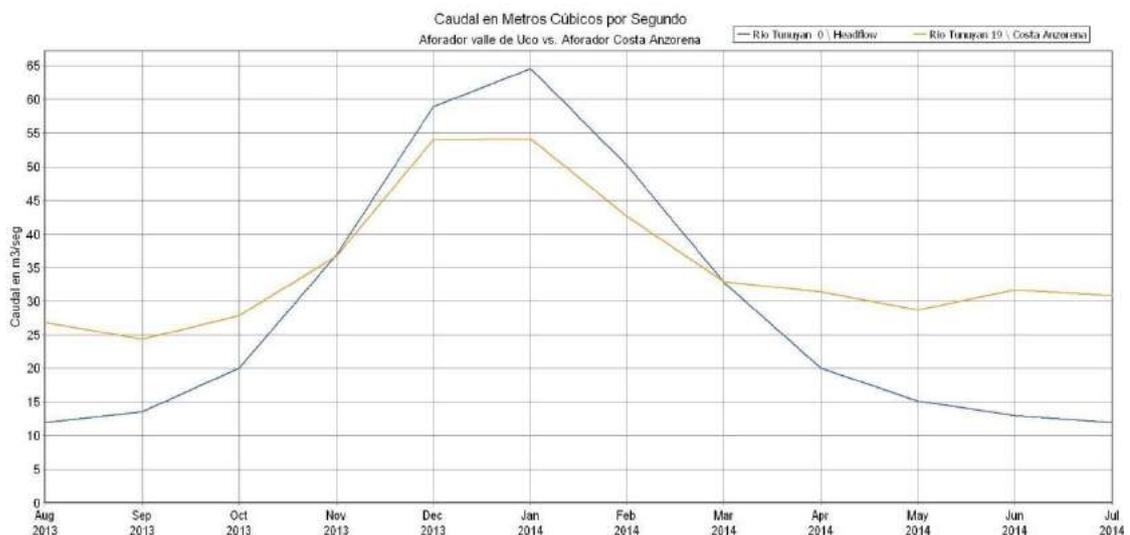
Parámetros hidrológicos	Datos
Caudal medio anual	34.20 m ³ /s
Pendiente	2.95
Volumen hidrológico de diseño de embalse para caudal constante igual a la media de los afluentes	191 hm ³
Intervalo de aguas altas	125 días

Figura 18. Volumen acumulado diario y caudal medio diario.



112. En la Figura 19 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} .

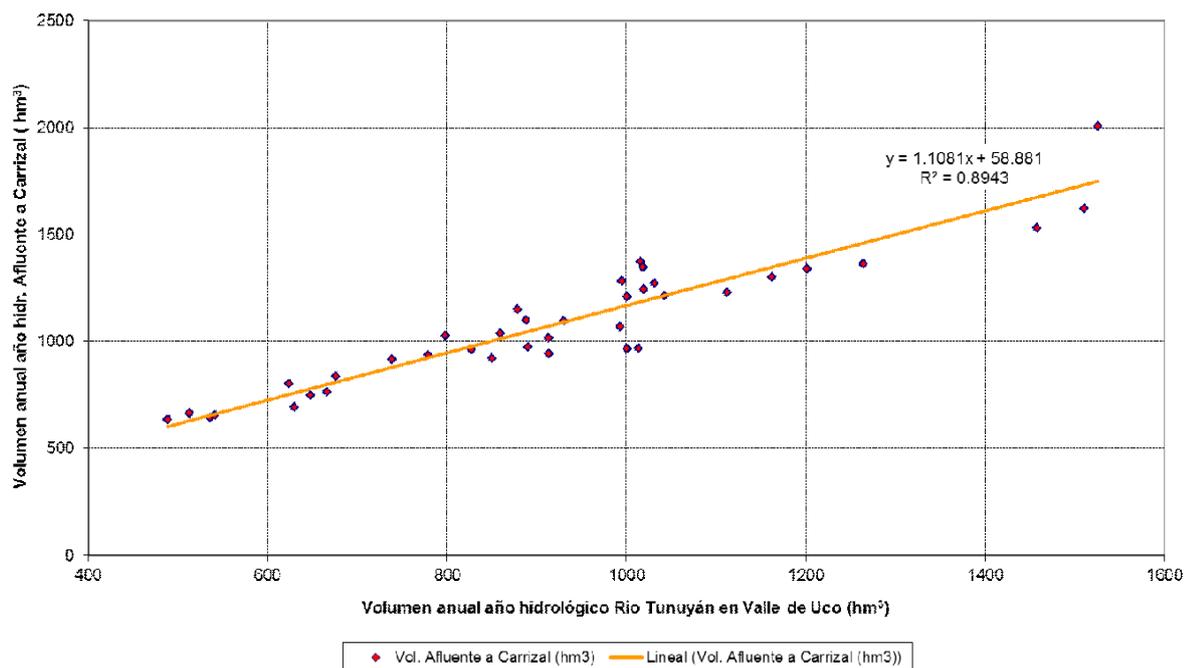
Figura 19. Caudales Medios Mensuales - Valle de Uco y Costa Anzorena.



113. En la Figura 20 se aprecia la buena correlación que existe entre los caudales de las dos secciones de aforos.

114. 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 20. Derrames Anuales en Valle de Uco vs Costa Anzorena – Regresión.



115. 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.

116. 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.

117. 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.

118. 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.

119. 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.

120. 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.

121. 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.

122. A efectos de ajustar el balance a las concesiones derivadas de ríos y arroyos originados por fusión nival, en esta etapa de análisis no han sido consideradas las unidades de manejo que se nutren de los arroyos de manantiales ya que, si bien se puede estimar la demanda de las mismas, no se puede estimar el derrame real de los arroyos a dichas unidades para satisfacer estas demandas. Esto es porque los arroyos nacen de manantiales a lo largo de su cauce y, a medida que va aflorando agua, se va derivando en hijuelas que nacen a lo largo de su recorrido. Ello hace muy difícil medir el volumen de agua destinado a la unidad de manejo.

123. El único dato que se tiene medido de estos arroyos es la salida del arroyo de la unidad de manejo, que se transforma en un aporte, un afluente al río Tunuyán. Las unidades de manejo cuyo balance no se analiza en esta etapa en el modelo WEAP por esta razón son: Arroyo Salas Caroca, Arroyo Claro, Arroyo Guiñazú y Manantiales de Tunuyán Zona Centro. En cambio, y como se ha mencionado, sí se tienen en cuenta su aporte como afluentes que componen el río Tunuyán.

3.6 DETERMINACION DE LA OFERTA SUBTERRÁNEA

124. En el presente apartado se procede a realizar una descripción de la oferta hídrica subterránea en la Cuenca Centro o acuífero del Rio Tunuyán en su tramo superior. Dicha descripción está basada en los estudios de antecedentes más relevantes de los últimos años. Se presenta también un análisis sobre la evaluación de la variación de niveles estáticos en la cuenca en función de los lineamientos de la normativa vigente, así como también se presentan los resultados del relevamiento de perforaciones que extraen agua en la cuenca.

3.6.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS Y ZONIFICACIÓN DE LA CUENCA

125. A continuación, se detallan los antecedentes más relevantes de los últimos años con respecto al conocimiento del acuífero del río Tunuyán en su tramo superior.

- Resolución 722/11 Sup. – Declaración de Restricción de construcción de nuevas perforaciones en el Valle de Uco por el plazo de 5 años.
- Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca del Río Tunuyán Superior. Universidad Nacional de San Juan, marzo 2014.
- Ejecución de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en la Cuenca del Valle del Toba. Universidad Nacional de San Juan, diciembre 2014.
- Resolución 1221 /16 Sup. Prorroga la restricción de construcción de nuevas perforaciones en el Valle de Uco por el plazo de 5 años, primera zonificación de la Cuenca Centro.
- Estudio Hidrogeológico, Depresión de Tunuyán, Sector Tupungato. Universidad Nacional de San Luis, marzo 2017.
- Mapa de Disponibilidad de Aguas Subterráneas aprobado por Resolución 1541/17 Sup.
- Resolución 1050/ 21. Declara la restricción de construcción de nuevas perforaciones en las zonas libre norte, libre sur y libre confinado de la cuenca

3.6.2 BREVE DESCRIPCIÓN HIDROGEOLÓGICA

126. La cuenca hidrogeológica del Valle de Uco también denominada Cuenca Hidrogeológica Mendoza Centro, ubicada en la región centro-oeste de la Provincia de Mendoza, abarca fracciones de los departamentos de San Carlos, Tunuyán y Tupungato. Dicha cuenca ocupa una superficie geográfica de 3.180 km² y presenta una forma alargada en sentido norte-sur adosada al borde oriental de la cordillera de Los Andes por unos 140 km.

127. La zona de estudio cuenta con numerosos estudios técnicos hidrogeológicos. Entre los más importantes se destaca el Informe Técnico N°15 del Instituto Nacional del Agua (IT-15 INA) y los estudios realizados por la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) en 2013. El IT-15 recopila estudios de varios años anteriores al 2002, mientras que la UNSJ realizó una actualización de la información de la cuenca 10 años después. En marzo de 2017 se termina un estudio de actualización hidrogeológica en la zona norte del Valle (Tupungato), el cual fue desarrollado por la Universidad Nacional de San Luis (UNSL). Este estudio desarrolló un Modelo Conceptual Hidrogeológico en el cual se confirma que esta zona presenta un fuerte condicionamiento estructural a escala local.

128. Teniendo estos antecedentes como referencia se desarrolla el modelo conceptual de la cuenca hidrogeológica, se establece un valor de Reservas Subterráneas y se estiman consumos y variaciones de almacenamiento, información de relevancia para la gestión del recurso.

129. Luego del análisis de los antecedentes y sobre todo a partir de la última actualización realizada por la UNSJ se podría establecer el siguiente modelo hidrogeológico conceptual para la cuenca de Valle de Uco.

130. En la zona existen al menos dos niveles acuíferos, un nivel superior o de acuífero libre y un nivel inferior de características confinadas. (Ver Figura 21)

131. El acuífero superior se encuentra en toda la extensión de la cuenca hidrogeológica, siendo explotado preferentemente en el sector oeste (W) de la misma. El acuífero inferior o confinado se desarrolla preferentemente en el sector oriental de la cuenca (E) siendo explotado en casi toda su extensión. Esta diferenciación permite definir claramente un sector límite entre acuífero libre y confinado.

132. Los acuíferos se desarrollan en distintas unidades geológicas, cada una de ellas le confiere al acuífero características hidráulicas independientes. Es así que tenemos acuíferos Cuaternarios, Terciarios en la Formación Mogotes y Terciarios en la Formación Río de los Pozos.

133. La base hidrogeológica de la cuenca está dada por dos situaciones, en algunos casos la base hidrogeológica la constituyen los sedimentos finos de la Formación Río de los Pozos (Basamento Conductivo) y en otros casos las rocas cristalinas del Proterozoico y Paleozoico que constituyen la Cordillera Frontal (Basamento Resistivo).

134. Existe una zona donde los acuíferos confinados presentan presiones hidrostáticas elevadas que ocasionan surgencia importantes, esto sucede preferentemente en el Este de la cuenca.

135. La zona de recarga, es decir, el sitio donde el agua se infiltra y comienza a formar parte del sistema acuífero, se localiza al Oeste del Valle. El proceso de infiltración se produce principalmente por 3 procesos: infiltración por ríos y arroyos, infiltración en las parcelas regadas e infiltración en los canales de riego.

- Infiltración por ríos y arroyos: constituye la principal vía de recarga. Se desarrolla en los abanicos aluviales modernos, como es el caso del abanico del río Las Tunas.

Figura 21. Zonificación de la cuenca hidrogeológica del río Tunuyán Superior



- Infiltración en las parcelas regadas: la infiltración del agua a nivel de parcela, o flujo de retorno, constituye el segundo proceso en importancia para la recarga, estimándose en un 45 % del total aplicado para riego.
- Infiltración en los canales de riego: la infiltración en los canales de riego (principales, secundarios y prediales) carentes de revestimiento, conforma la tercera vía en importancia respecto a la recarga, alcanzando un 17 % del agua circulante.

136. El flujo subterráneo presenta dirección noroeste/sureste y suroeste/noreste, desarrollando una característica forma de embudo.

137. La descarga del acuífero se produce, en primer lugar, de manera natural, a través del río Tunuyán en su extremo oriental, así como también a partir de arroyos efluentes (que incluso aportan sus aguas de origen subterráneo a los canales de riego); y en segundo lugar, por explotación a través de bombes y a partir de las surgencia en pozos que explotan el segundo nivel.

138. La profundidad del nivel freático y el gradiente hidráulico son muy variables dependiendo de la ubicación en la cuenca. La primera puede superar los 100 m en el Oeste y disminuye considerablemente hacia el Este. El gradiente hidráulico es pronunciado en los bordes occidentales y disminuye hacia la zona oriental.

139. Los recursos hídricos superficiales y subterráneos interactúan entre sí en forma natural. Según la relación entre zonas de recarga, tránsito y descarga, la cuenca presenta tres subcuencas principales. Estas subcuencas están relacionadas directamente a la red hidrográfica superficial. Es así que de Norte a Sur se diferencian:

- la zona de Tupungato al Norte (ZONA NORTE) con una recarga principal de los ríos Las Tunas y Anchayuyo
- la zona de influencia del río Tunuyán y Grande en el sector central (ZONA CENTRO)
- la zona de influencia de los Arroyos Yaucha y Aguanda sobre el departamento de San Carlos (ZONA SUR).

140. De acuerdo al desarrollo estratigráfico vertical, la cuenca puede subdividirse en dos grandes sectores, un área de acuífero libre al Oeste, y un área de acuífero libre-confinado al Este.

141. Basados en la aplicación del modelo conceptual del acuífero se definieron para la Cuenca de Valle de Uco 4 ZONAS HOMOGENEAS que conducen a la sectorización de la misma según sus características hidrogeológicas y de explotación; y que son de aplicación

directa en la gestión actual del recurso hídrico subterráneo permitiendo diferenciar sectores que requieren mayor protección de aquellos menos vulnerables: ZONA NORTE, ZONA CENTRO, ZONA SUR y ZONA LIBRE-CONFINADO.

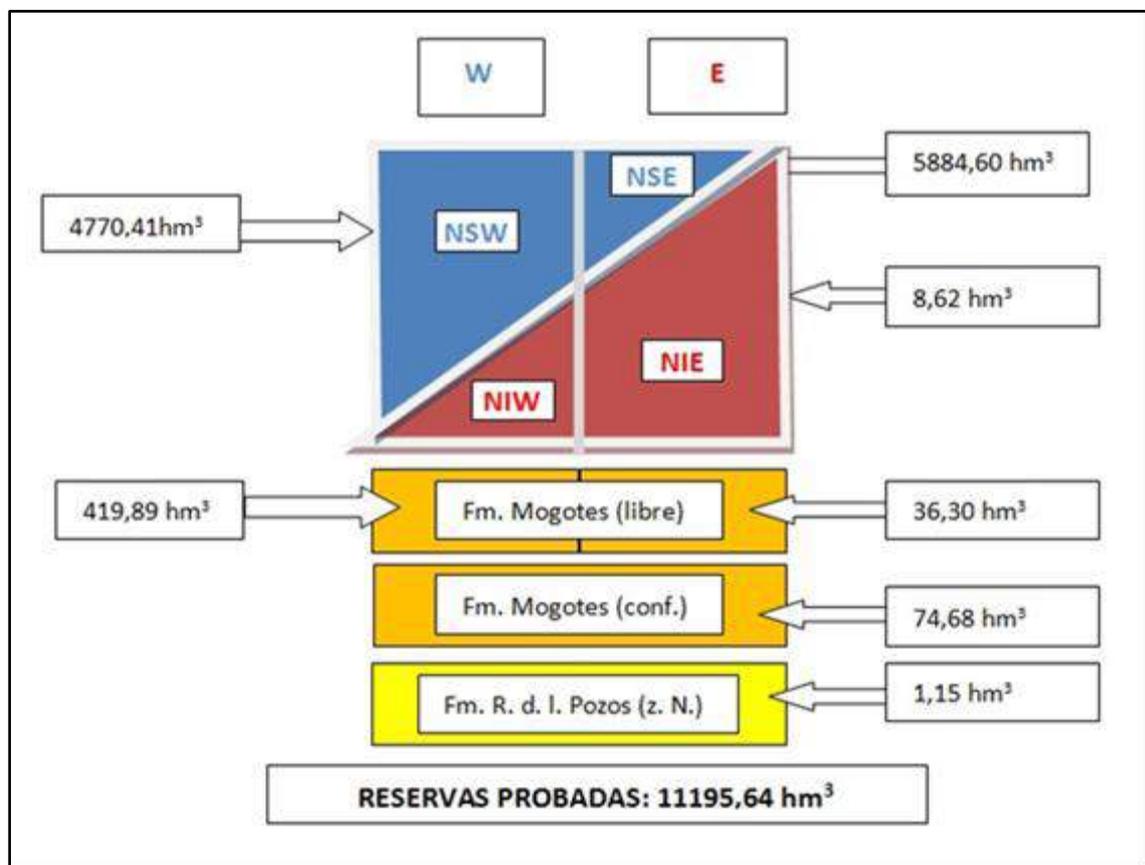
142. A continuación, se presentan las imágenes que ilustran los resultados del relevamiento de perforaciones realizado en la cuenca, detallándose también, para cada una de las zonas de la cuenca:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Pozos relevados • Pozos surgentes • Pozos activos / inactivos • Pozos activos / inactivos | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de fuente hídrica de la propiedad: subterránea exclusiva o mixta (uso conjunto superficial y subterráneo) • Tipo de riego de la propiedad: gravitacional, presurizado o mixto |
|--|---|

3.6.3 RESERVAS PROBADAS Y PROBABLES

143. Luego del análisis interpretativo de los estudios antecedentes se detalla a continuación el cálculo realizado para la estimación de las reservas para cada formación, de acuerdo al esquema de la Figura 22.

Figura 22. Esquema de reservas probadas en las distintas formaciones. UNSJ, 2013.



3.6.3.1 Reservas Probadas

144. Corresponde al volumen de agua extraíble de un acuífero considerándolo como tal desde la superficie freática hasta la superficie conformada por todas las bases de pozos (ver Tabla 10).

Área Libre (W): referido al área W de la cuenca.

Unidad Acuífera:

- Cuaternario **NSW**
- Formación Mogotes **NSW**

Área Confinada (E): referido al área E de la cuenca.

Unidad Acuífera:

- Cuaternario **NSE**
- Cuaternario **NIE**
- Formación Mogotes **NI**
- Formación Mogotes **NIE**
- Formación Río de los Pozos

3.6.3.2 Reservas Probables

145. Ellas corresponden al volumen de agua almacenado por debajo del nivel de base de las perforaciones hasta el techo de la formación Río de los Pozos para el caso del Cuaternario, y así siguiendo con las formaciones infrayacentes. Los resultados finales se presentan en la tabla de Tabla 10.

Tabla 10 Reservas probadas y probables del Valle de Uco. UNSJ, 2013

Reserva	Zona	Superficie	Unidad Acuífera	Volumen	Porosidad	Volumen Disponible	
Probadas	W	192 096 ha	Cuaternario (NSW)	53 005 hm ³	0.09000	4 770 hm ³	11 300 hm ³
			Mogotes (15% del Total) (NSW)	6 406 hm ³	0.06555	420 hm ³	
	E	86 282 ha	Cuaternario (NSE)	65 384 hm ³	0.09000	5 885 hm ³	
			Cuaternario (NIE)	8 620 hm ³	0.00100	9 hm ³	

Reserva	Zona	Superficie	Unidad Acuífera	Volumen	Porosidad	Volumen Disponible	
			Fm Mogotes (NIW)	36 298 hm ³	0.00100	36 hm ³	
			Fm Mogotes (NIE)	224 013 hm ³	0.00066	147 hm ³	
			Rio de los Pozos (Zona Norte)	7 661 hm ³	0.00015	1 hm ³	
Probables	W	192 096 ha	Cuaternario	177 282 hm ³	0.09000	15 955 hm ³	16 900 hm ³
			Fm Mogotes	480 028 hm ³	0.00100	480 hm ³	
	E	86 282 ha	Cuaternario	80 035 hm ³	0.00100	80 hm ³	
			Fm Mogotes	351 068 hm ³	0.00066	230 hm ³	
			Rio de los Pozos	830 468 hm ³	0.00015	125 hm ³	
Totales							28 200 hm³

146. Analizando el resultado del Volumen de Agua Disponible que resulta de la suma del volumen de agua disponible en acuífero libre y confinado, las Reservas Probadas alcanzan aproximadamente los 11270 hm³. Si a este valor se le suma los aproximadamente 16900 hm³, correspondientes a las Reservas Probables, se alcanza un total de reservas probadas y probables de agua subterránea del Valle de Uco en el orden de los 28200 hm³. Este valor es muy inferior (un tercio) de los 95.000 hm³ de volumen de agua total almacenada estimados por INA (2000).

147. Estas diferencias de reservas volumétricas estimadas se producen porque en el estudio elaborado por la UNSJ, en 2013, se calculó un volumen de agua para cada formación considerando su coeficiente de almacenamiento, en cambio el INA (2000) englobó el total de las formaciones en un solo paquete denominado Acuífero Cuaternario y adoptó un alto valor de porosidad.

3.6.4 ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN DE NIVELES ESTÁTICOS - RESOLUCIÓN N° 673/97

148. De acuerdo a lo enunciado en la Ley 4.036, art 3, "El Departamento General de Irrigación debe inventariar y evaluar en forma permanente los recursos hídricos subterráneos, tanto cuantitativamente como cualitativamente y practicar anualmente el balance hidrológico de las cuencas superficiales y subterráneas".

149. La medición anual de niveles estáticos es parte fundamental de la evaluación del estado de los acuíferos y de la determinación de sus condiciones de explotación. Esta información es fundamental para la aplicación de la Resolución N° 673/97 en la cual se especifica los parámetros técnicos de carácter cuantitativo y cualitativo a partir de los cuales el Superintendente General de Irrigación podrá declarar áreas de Prohibición y/o Restricción de construcción de nuevas perforaciones. Estos parámetros responden a una metodología a través de la cual se puede constatar la alteración del equilibrio del balance hidrológico por

descenso de niveles estáticos o desmejoramiento en la calidad de sus aguas conforme a lo estipulado en la Ley de Aguas Subterráneas N° 4035 en el artículo n° 23.

150. Se cumple al mismo tiempo con lo establecido por la Resolución N° 1541/17 de Superintendencia que en su artículo n°2 ordena, “evaluar la evolución de los niveles interanuales a fin de evitar situaciones críticas que comprometan las explotaciones actuales”.

151. Las mediciones anuales se ejecutan con los acuíferos en “reposo” o épocas de mínimo bombeo, coincidentes con los meses invernales de junio a agosto. Las campañas de medición se ejecutan desde 1972. Por lo tanto, se dispone de series cronológicas extensas y muy consistentes que permiten ejecutar análisis estadísticos que le confieren mayor certidumbre. Se realiza también una permanente evaluación de la representatividad de la red de monitoreo para garantizar que los cambios que ocurren en la cuenca se vean reflejados en los procesos de monitoreo.

152. La red de monitoreo de niveles estáticos de los acuíferos de la provincia está formada por 890 perforaciones distribuidas en los distintos acuíferos. Para el Valle de Uco (Cuenca Centro – Tramo Superior del Río Tunuyán) la red cuenta con 177 perforaciones.

153. En función los criterios definidos en la Resolución N° 673/97 se procede a analizar si corresponde la declaración de alguna de las siguientes situaciones:

1. Declaración de prohibición de construcción de perforaciones (resol. 673/97 HTA art. 2°)
2. Declaración de restricción de construcción de perforaciones (resol. 673/97 HTA art. 3°)

154. De la evaluación de los resultados de la campaña de medición de niveles estáticos realizada para el acuífero del Valle de Uco para el corriente año y de la aplicación de la metodología definida en la Resolución N° 673/97 para cada una de las subcuencas del acuífero se determina que:

- Ninguna de las zonas del acuífero encuadra en la declaración de prohibición de construcción de nuevas perforaciones.
- Todas las zonas del acuífero se encuadran en la declaración de restricción de construcción de nuevas perforaciones.

155. La cueca se encuentra bajo una declaración de restricción de construcción de nuevas perforaciones establecida mediante la resolución N°722/11, prorrogada mediante la resolución N°1221/16 por 5 años, vigente hasta el mes de septiembre de 2021 y prorrogada

por resolución 1050/ 21 que declara la restricción de construcción de nuevas perforaciones en las zonas libre norte, libre sur y libre confinado de la cuenca.

3.6.5 BRIGADA DE RELEVAMIENTO DE PERFORACIONES

156. En el marco del proceso de reordenamiento de los procedimientos técnico administrativos que está desarrollando el Departamento General de Irrigación, se dictó la Resolución N° 898/17 de Superintendencia.

157. Dicha resolución, en su artículo n°2, instruye a las áreas legales y técnicas de Superintendencia a realizar una revisión de las solicitudes de permiso de perforación pendientes de resolución. Solicita también la elaboración de un plan de posibles soluciones en el marco de la Ley N° 4035 y el Informe sobre Planificación del Agua Subterránea realizado por la Secretaría de Gestión Hídrica.

158. Por los motivos expuestos, se decidió realizar un relevamiento de las perforaciones de alta registral en el sistema.

Tabla 11 Información relevada sobre cada perforación

Datos registrales (verificación)	Ubicación (coordenadas)
Uso (verificación)	Activo: si/no
Equipamiento: tipo de bomba, transformador, medidor	Caudalímetro: si/no
Piezómetro: si/no	Surgente: si/no
Superficie de la propiedad	Superficie Cultivada
Superficie empadronada (derecho de riego superficial)	% de riego por pozo
% de riego por derecho superficial	Tipo de Cultivos
Superficie por tipo de cultivos	Tipo de riego
Superficie según tipo de riego	Reservorio: si/no

159. Para llegar a los resultados buscados, se realizó una serie de procesamientos y análisis de la información recopilada:

- ✓ Determinación de la superficie cultivada con aguas subterráneas (exclusiva y mixta)
- ✓ Identificación de las perforaciones inactivas y activas por propiedad
- ✓ Identificación de las perforaciones surgentes
- ✓ Identificación de los tipos de cultivos
- ✓ Identificación de los tipos de riego
- ✓ Identificación de tipo de fuente hídrica

- ✓ Estimación de los volúmenes bombeados

160. Además, del relevamiento de los pozos se desprenden las siguientes líneas de trabajo a futuro:

- ✓ Revisión de las redes de monitoreo de la cuenca (calidad y cantidad)
- ✓ Determinación de la surgencia total de la cuenca
- ✓ Generación de escenarios sobre tecnificación del riego
- ✓ Evaluación de la dinámica de los acuíferos en cada una de las zonas de la cuenca (oferta y demanda)
- ✓ Planificación sobre uso conjunto de agua superficial y agua subterránea

161. A partir de los datos de las perforaciones relevadas en Valle de Uco se inició el proceso de revisión en detalle de las perforaciones de uso agrícola. En este proceso se han revisado y evaluado técnicamente más de 500 piezas administrativas y a más de 150 perforaciones se les ha otorgado la concesión definitiva del uso del agua.

3.6.5.1 Análisis de los resultados de la Brigada de Relevamiento de Perforaciones

162. Del relevamiento de perforaciones se desprende la siguiente información sobre el estado de la demanda del agua subterránea en la cuenca.

- ✓ Propiedades visitadas: 1.925
- ✓ Perforaciones de Alta registral: 2.536
- ✓ Perforaciones relevadas: 2.482 (98%)
- ✓ Perforaciones no encontradas: 54 (2%)

163. Como referencia se indica que para el Balance Hídrico del año 2015 se había realizado una estimación de extracción del agua subterránea basada en las demandas de los cultivos que dependen de esta fuente hídrica del orden de 478 hm³/año, considerando una superficie de 35.000 hectáreas bajo riego exclusivo de aguas subterráneas más la superficie de uso conjunto donde el agua subterránea complementa la oferta superficial.

Tabla 12 Perforaciones relevadas

Perforaciones	De las perforaciones relevadas	2.482	
	Uso Agrícola	2.187	88%
	Otros Usos	295	12%
	De las perforaciones agrícolas	2.187	
	Activos	1766	81%
	Inactivos	322	19%
Superficie	Superficie total cultivada con Agua Subterránea	44.632 ha	
	Superficie con Agua Subterránea exclusiva	33.077	74%
	Superficie cultivada fuente mixta (subterránea + superficial)	11.537	26%
Superficie/método de riego	Superficie riego <i>Presurizado</i>	28.047	63%
	Superficie riego Gravitacional	16.585	37%
Volúmen	Volúmen anual bombeado	441 Hm ³ /año	

164. Los valores que se obtuvieron por los dos métodos son similares lo que indica que el valor estimado para el bombeo de agua del acuífero es suficientemente robusto para ser considerado adecuado.

165. En la Tabla 13 se presenta para cada una de las zonas del acuífero del Valle de Uco la cantidad de perforaciones agrícolas que se encuentran activas y extrayendo agua del acuífero. Se detalla también el volumen bombeado por dichas perforaciones en cada una de las zonas del acuífero y la cantidad de hectáreas que se riegan con agua subterránea.

Tabla 13 Pozos activos, volumen bombeo y superficie cultivada con agua subterránea

	Zona Libre Norte	Total Libre Centro	Zona Libre Sur	Zona Libre Confinado	Total
Perforaciones Activas	256	171	143	1.196	1.766
Perforaciones Inactivas	29	22	41	230	322
Volumen de Bombeo (hm ³ /a)	94	66	36	245	441
Superficie Cultivada (ha)	10.346	7.870	3.684	22.732	44.632

Figura 23. Pozos Activos (●) Inactivos (●) en el Valle de Uco

Figura 24. Pozos Relevados (●) y surgentes (▲)

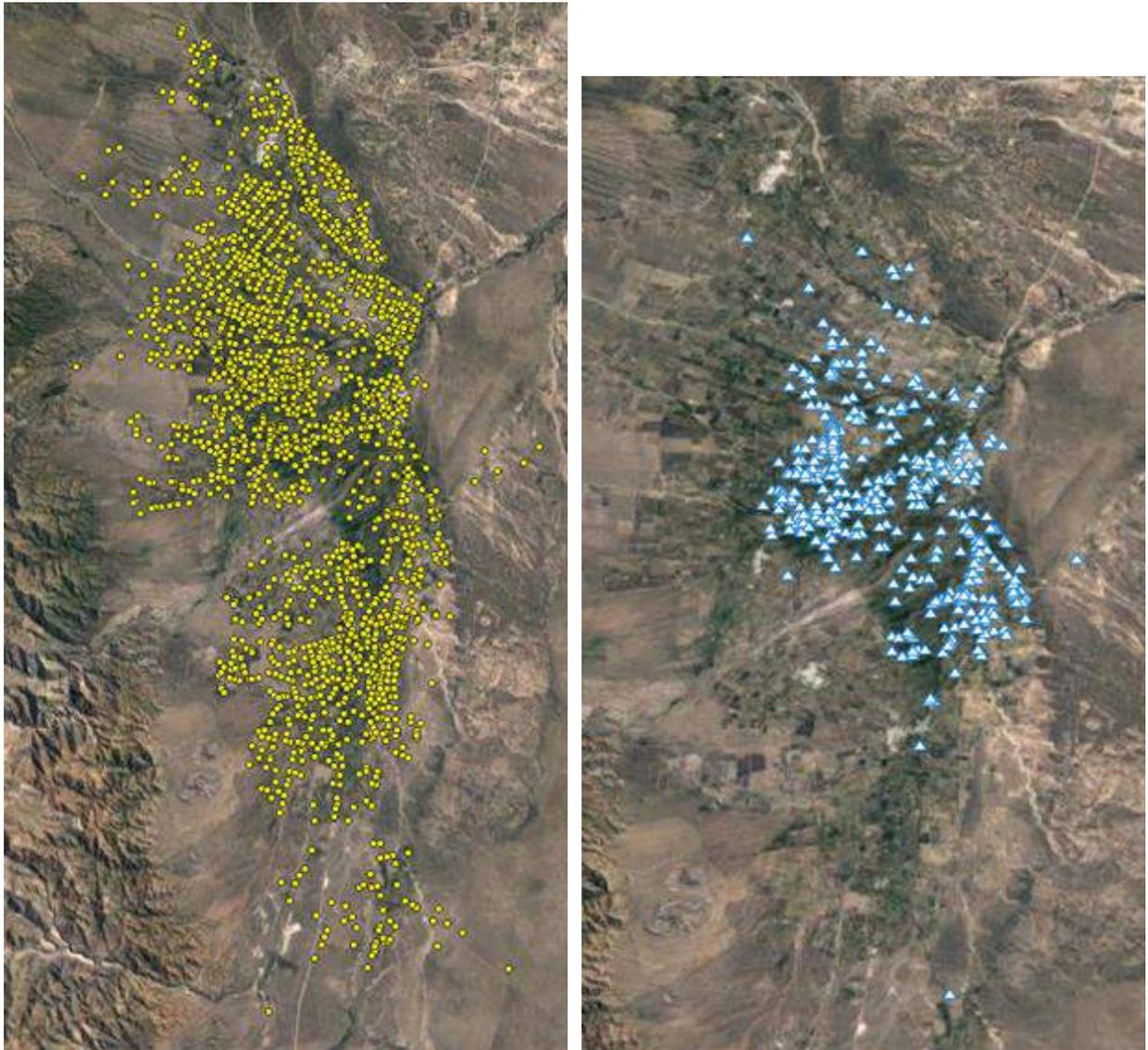
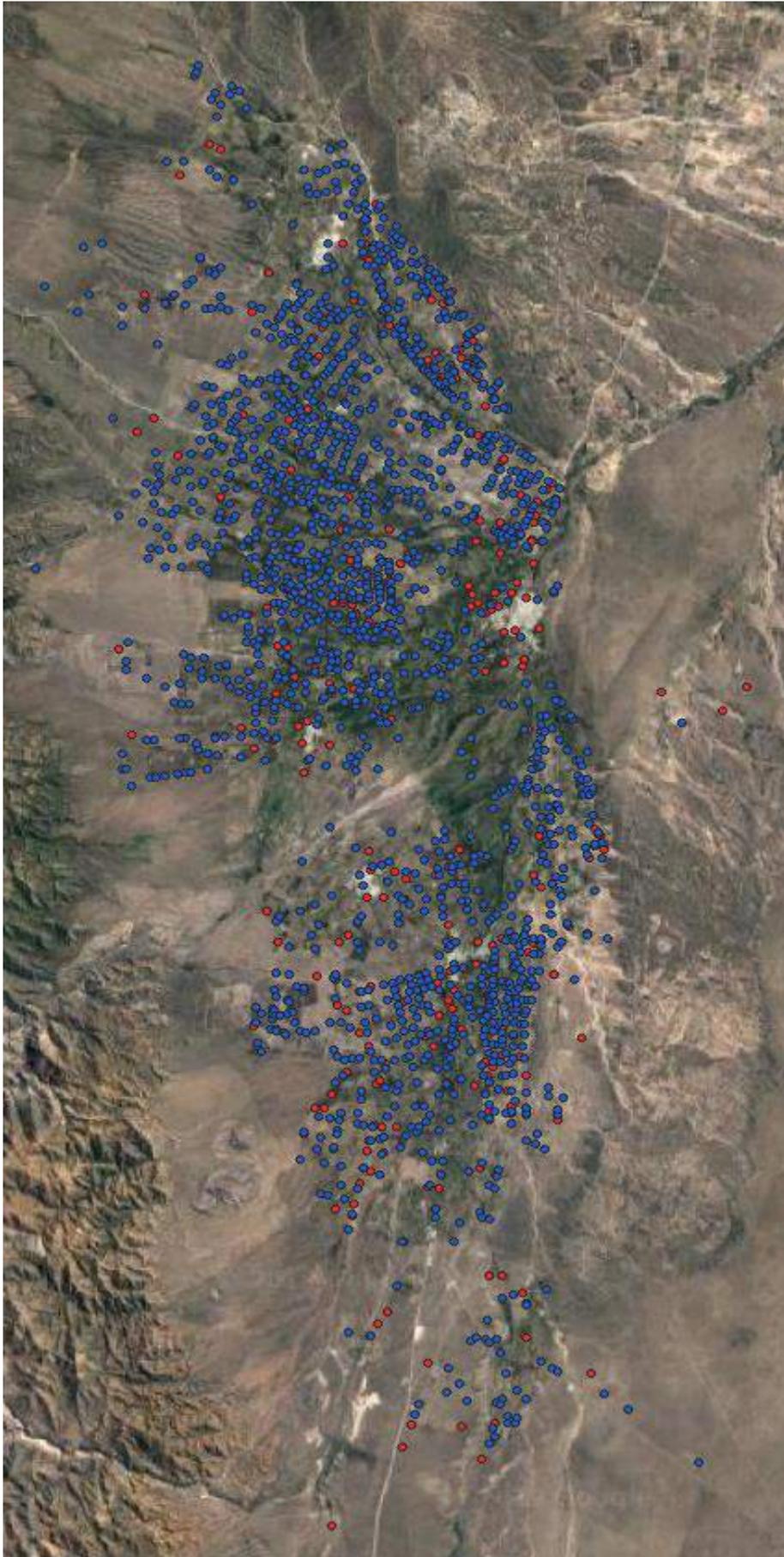


Figura 25. Pozos Activos (●) Inactivos (●) en el Valle de Uco



166. Se detalla también para cada una de las zonas de la cuenca:

- Pozos activos / inactivos
- Tipo de fuente hídrica de la propiedad: subterránea exclusiva o mixta (uso conjunto superficial y subterráneo)
- Tipo de riego de la propiedad: gravitacional, presurizado o mixto

Figura 26. Zona Libre Norte - Pozos Activos (●) Inactivos (●)

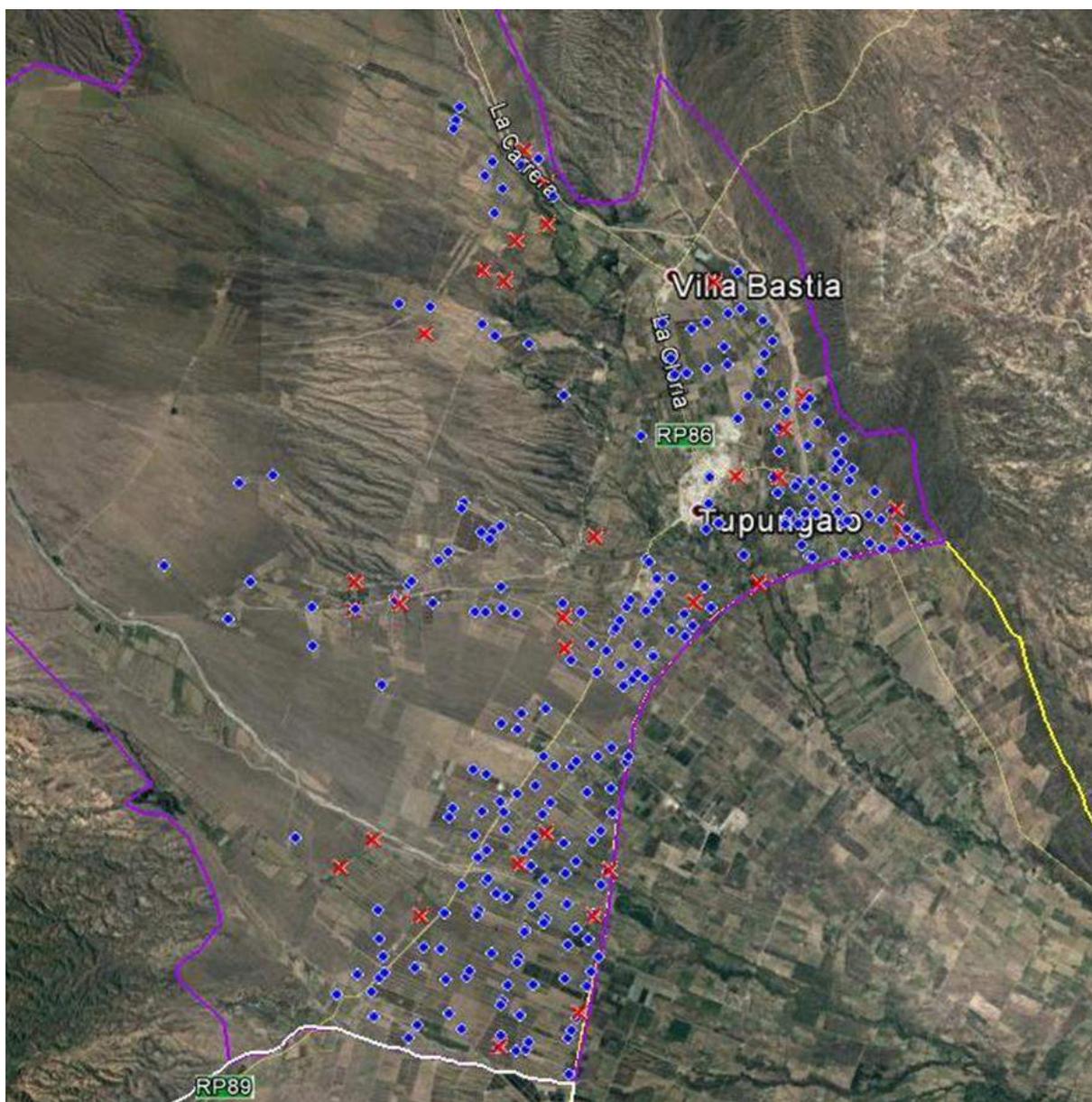


Figura 27. Zona Libre Norte - Uso conjunto (●), exclusivo subterráneo (●)

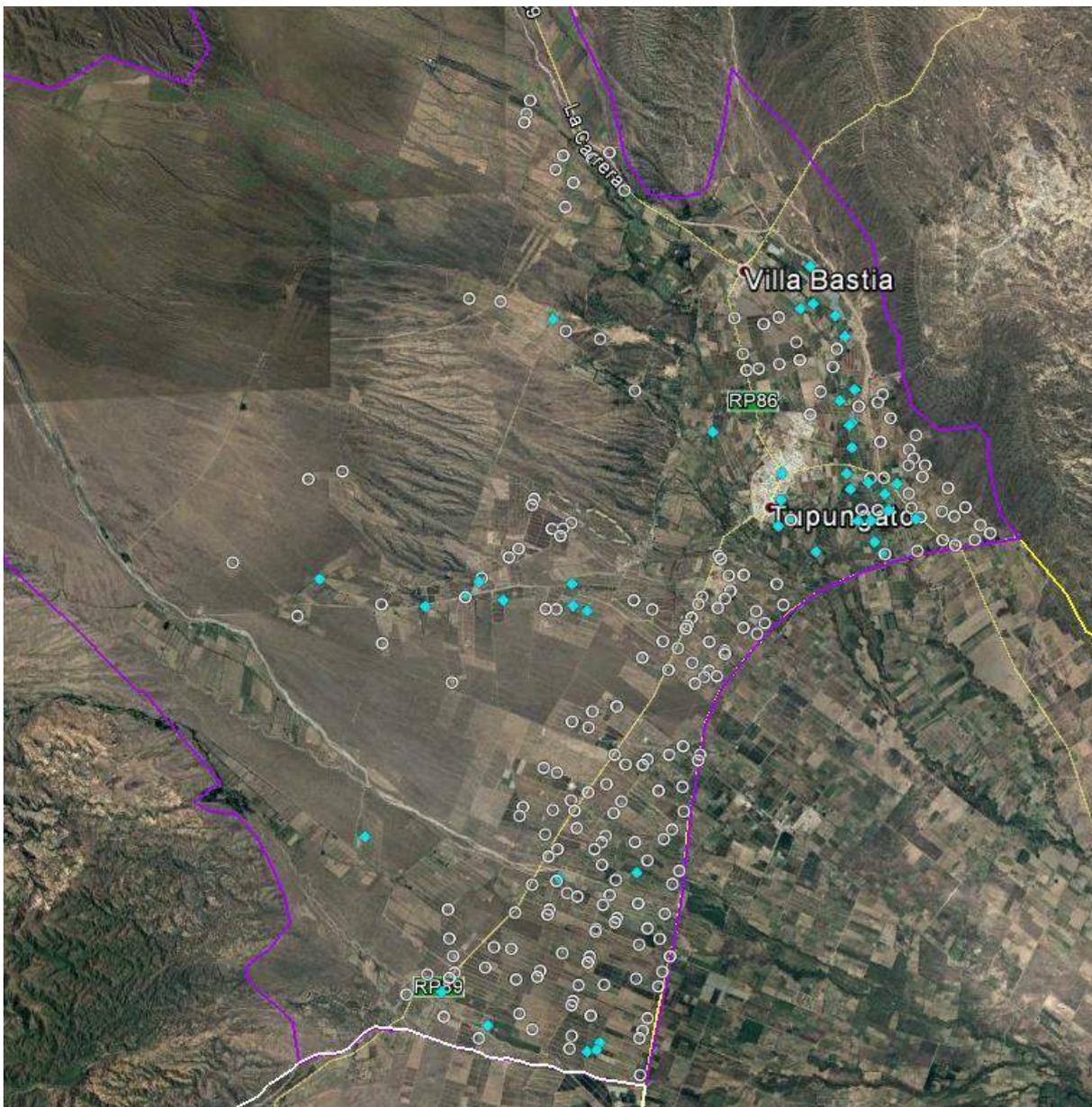


Figura 28. Zona Libre Norte - Riego gravitacional (●), presurizado (●) y mixto (●)

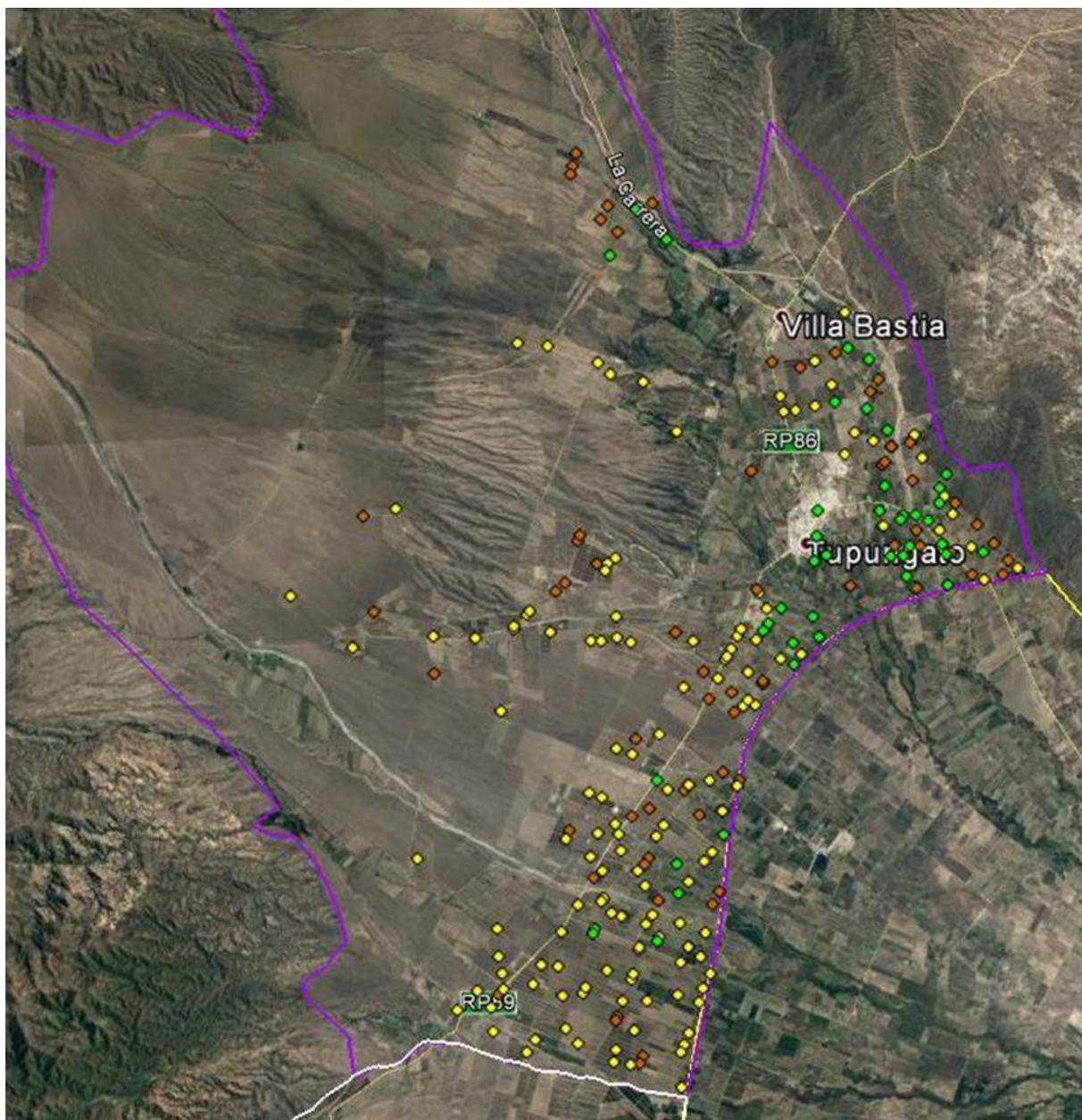


Figura 29. Zona Libre Centro - Pozos Activos (●) Inactivos (●)

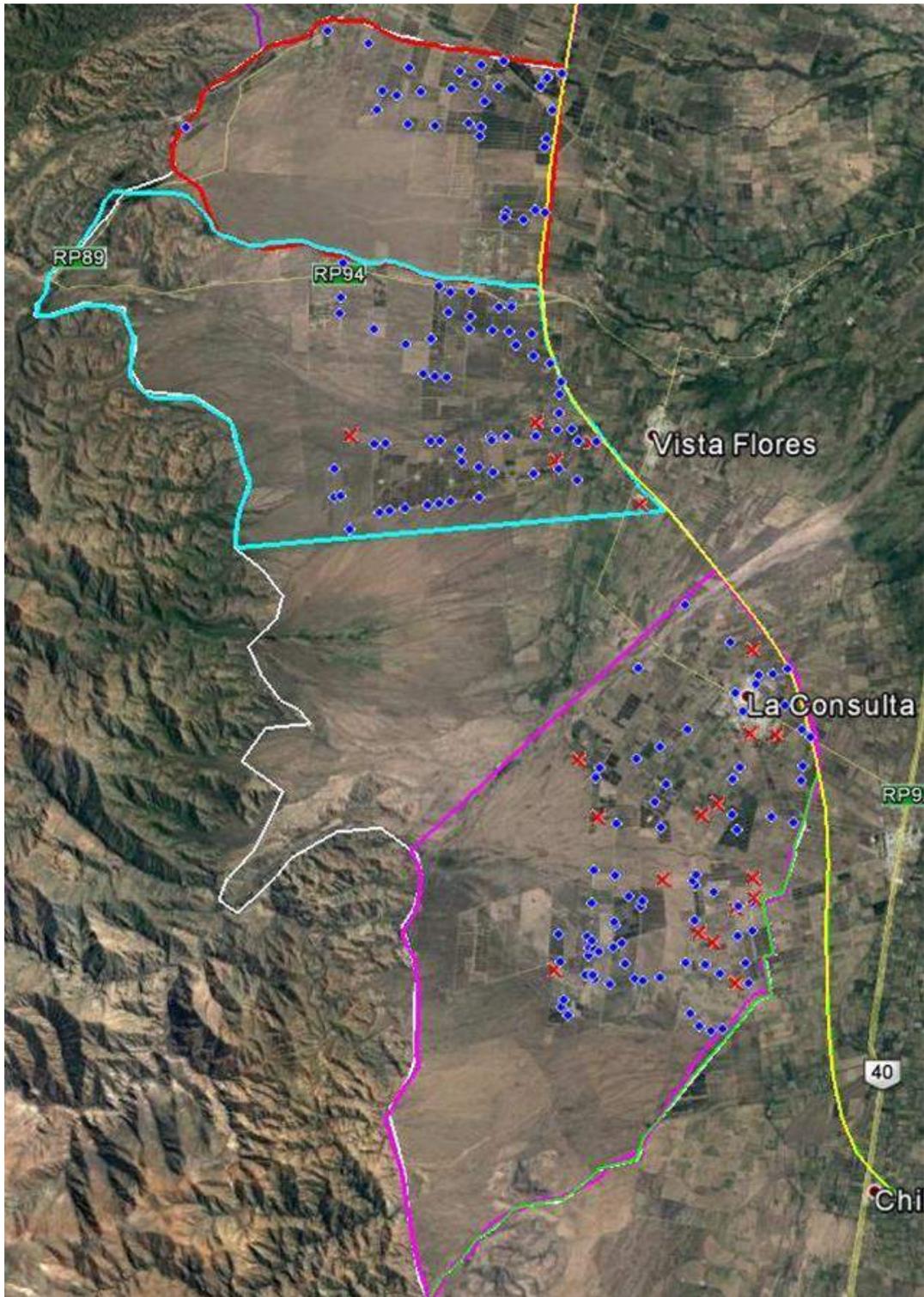


Figura 30. Zona Libre Centro - Uso conjunto (●), exclusivo subterráneo (●)

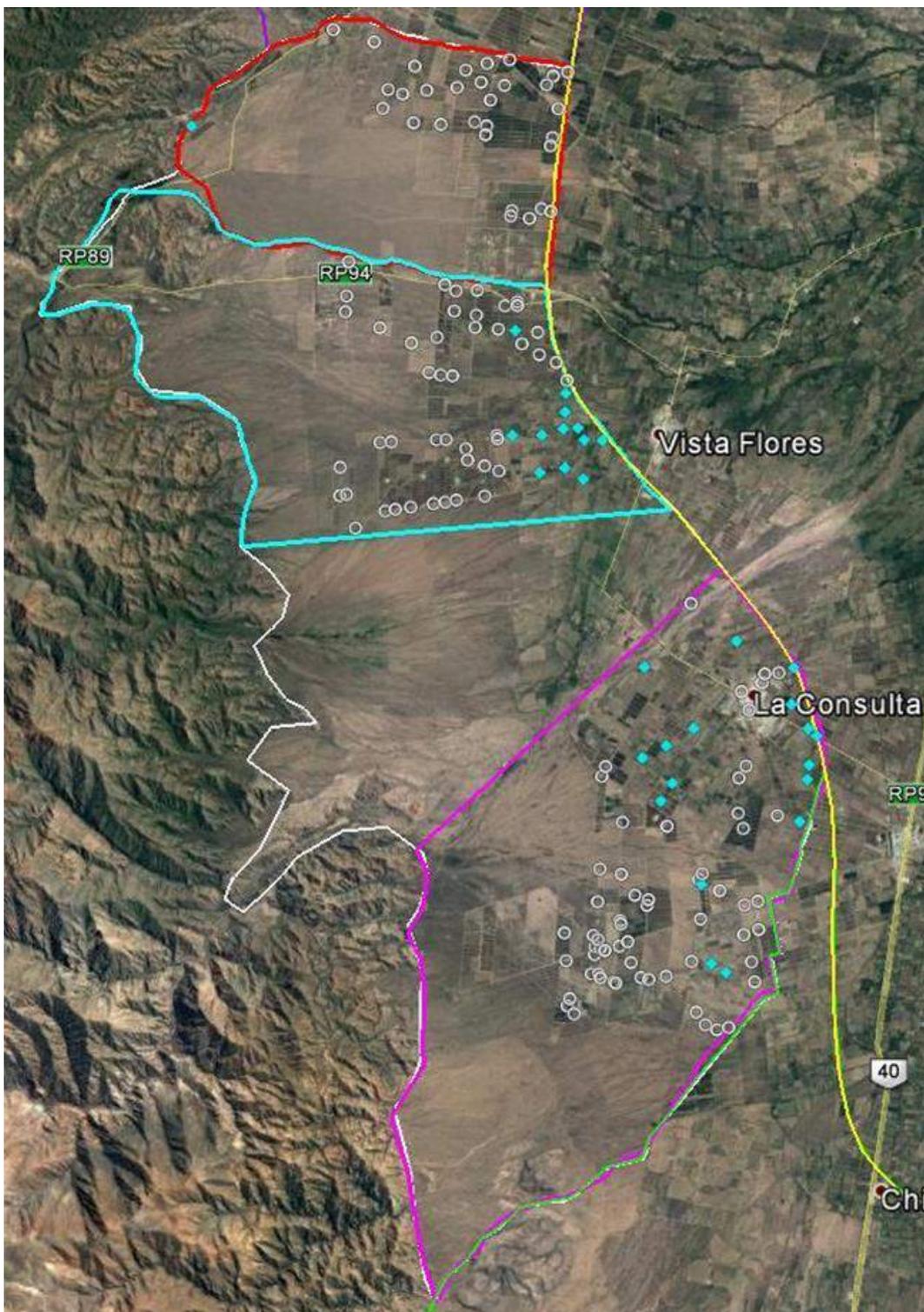


Figura 31. Zona Libre Centro - Riego gravitacional (●), presurizado (●) y mixto (●)

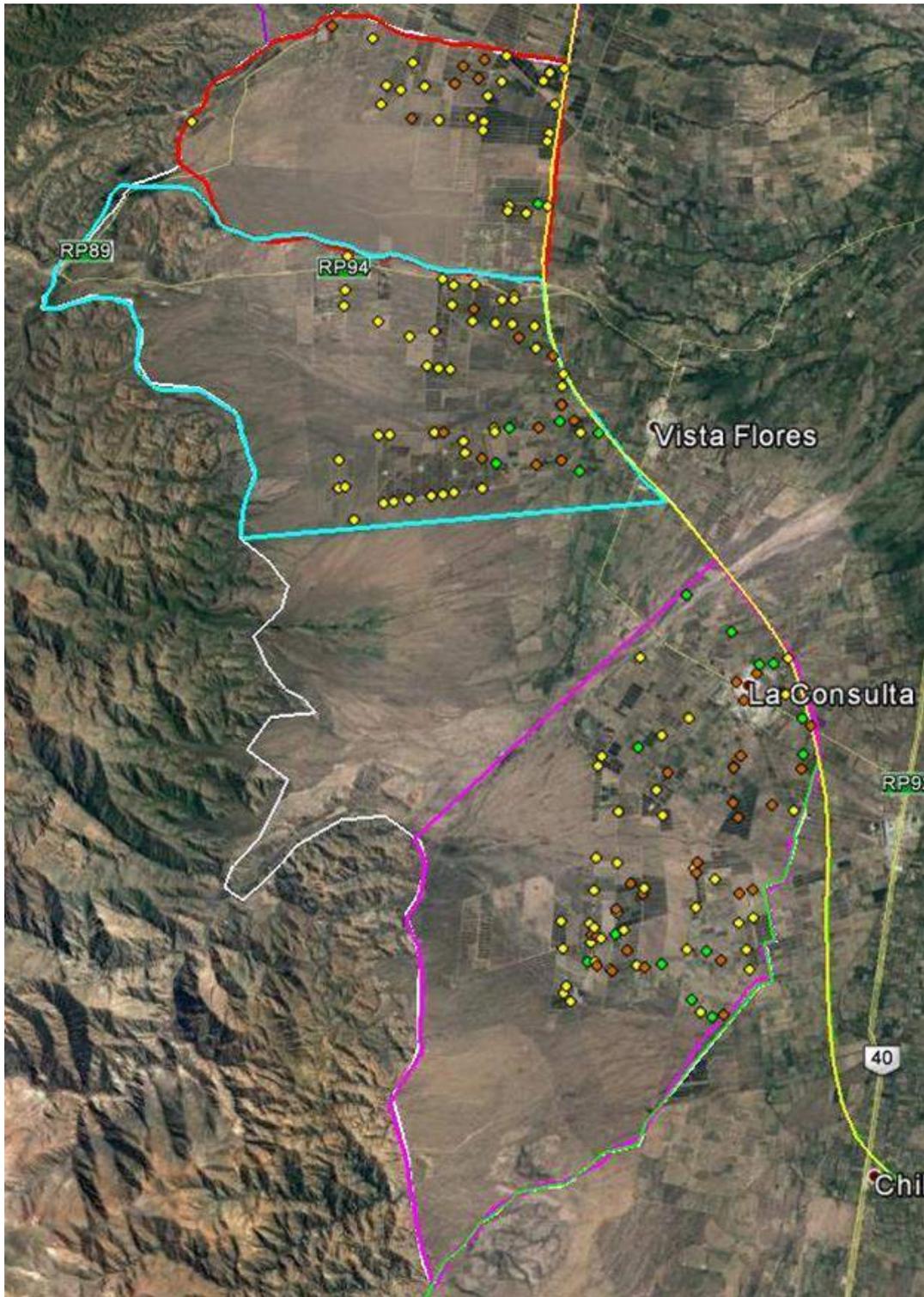


Figura 32. Zona Libre Sur - Pozos Activos (●) Inactivos (●)

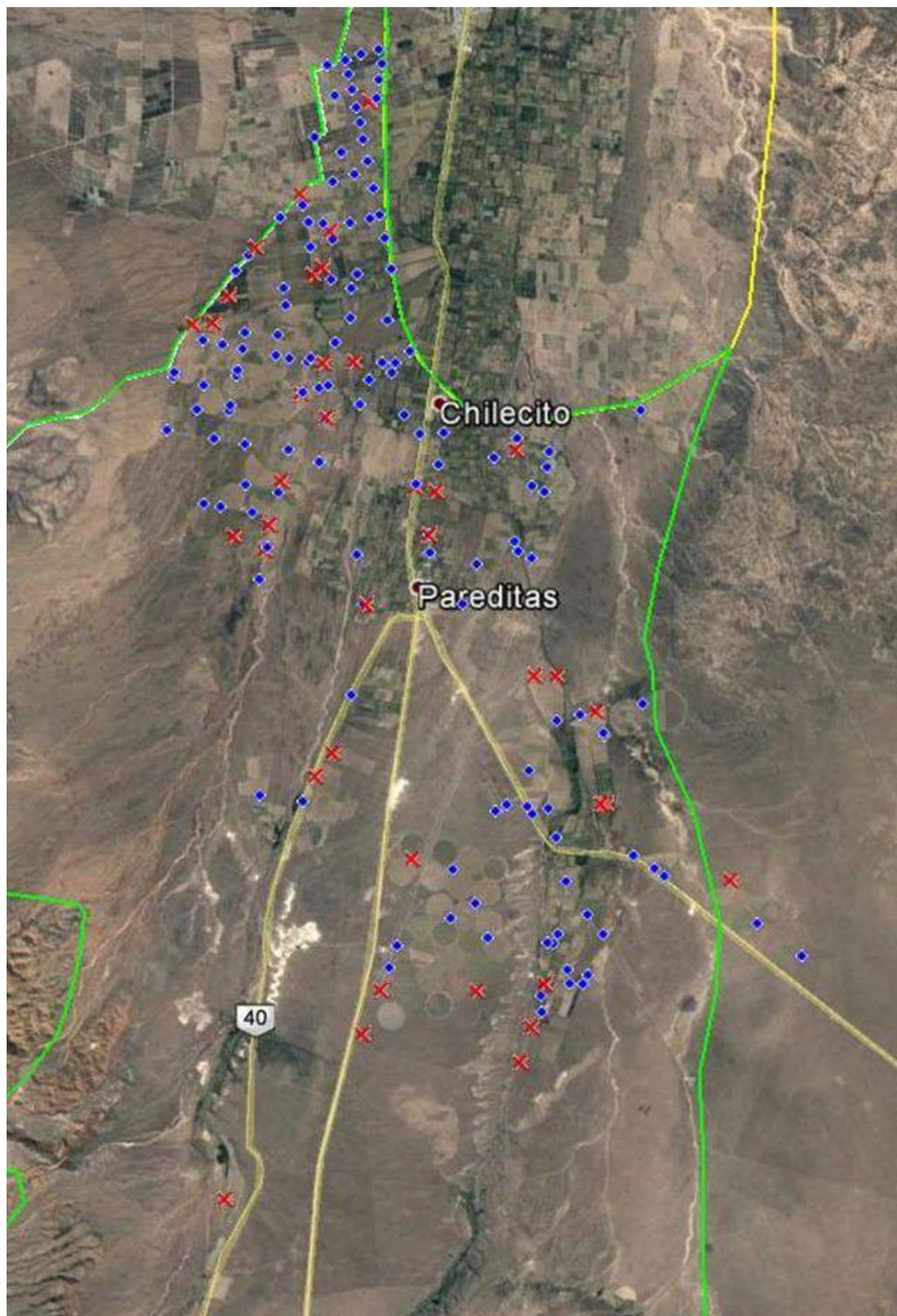


Figura 33. Zona Libre Sur - Uso conjunto (●), exclusivo subterráneo (●)

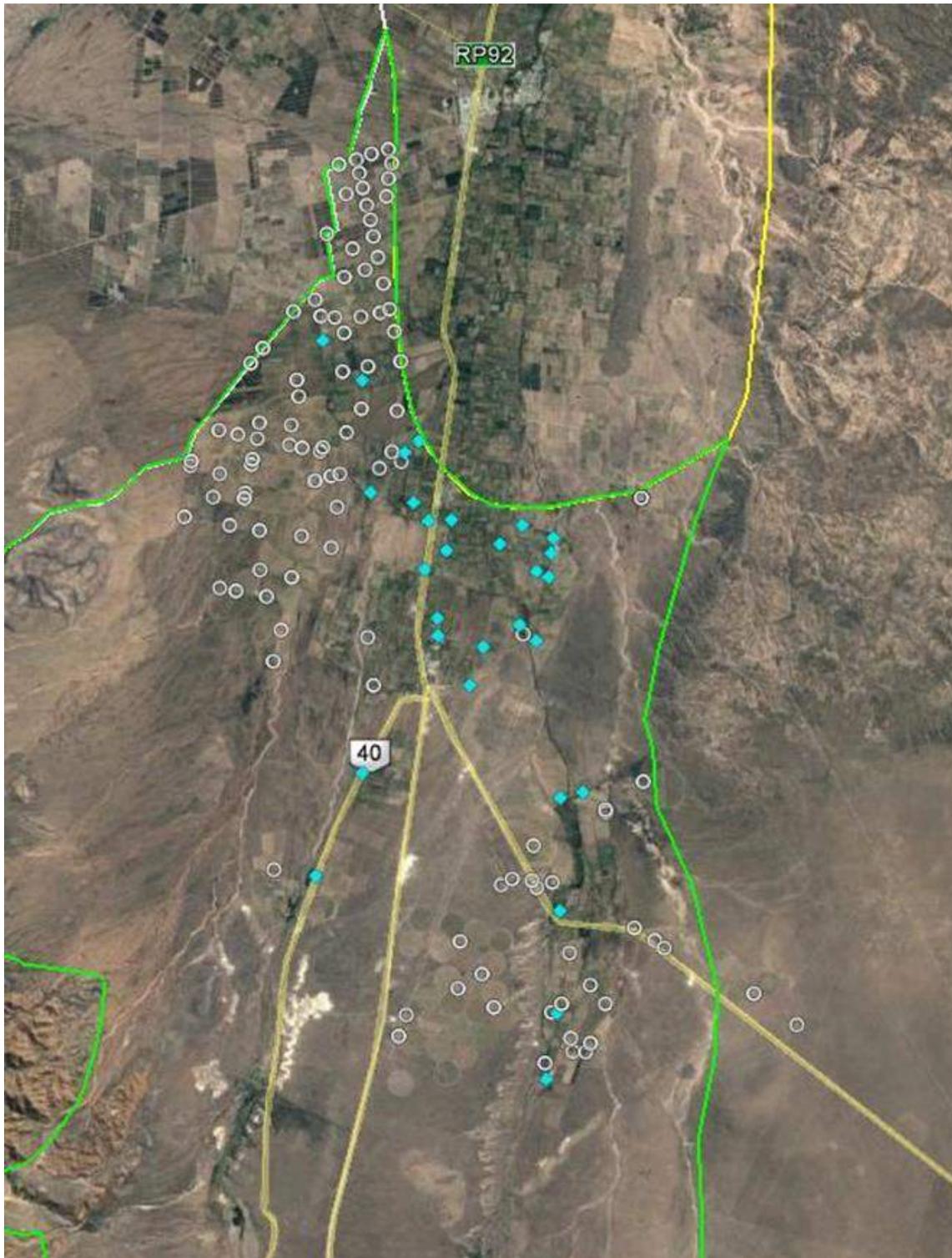


Figura 34. Zona Libre Sur - Riego gravitacional (●), presurizado (●) y mixto (●)

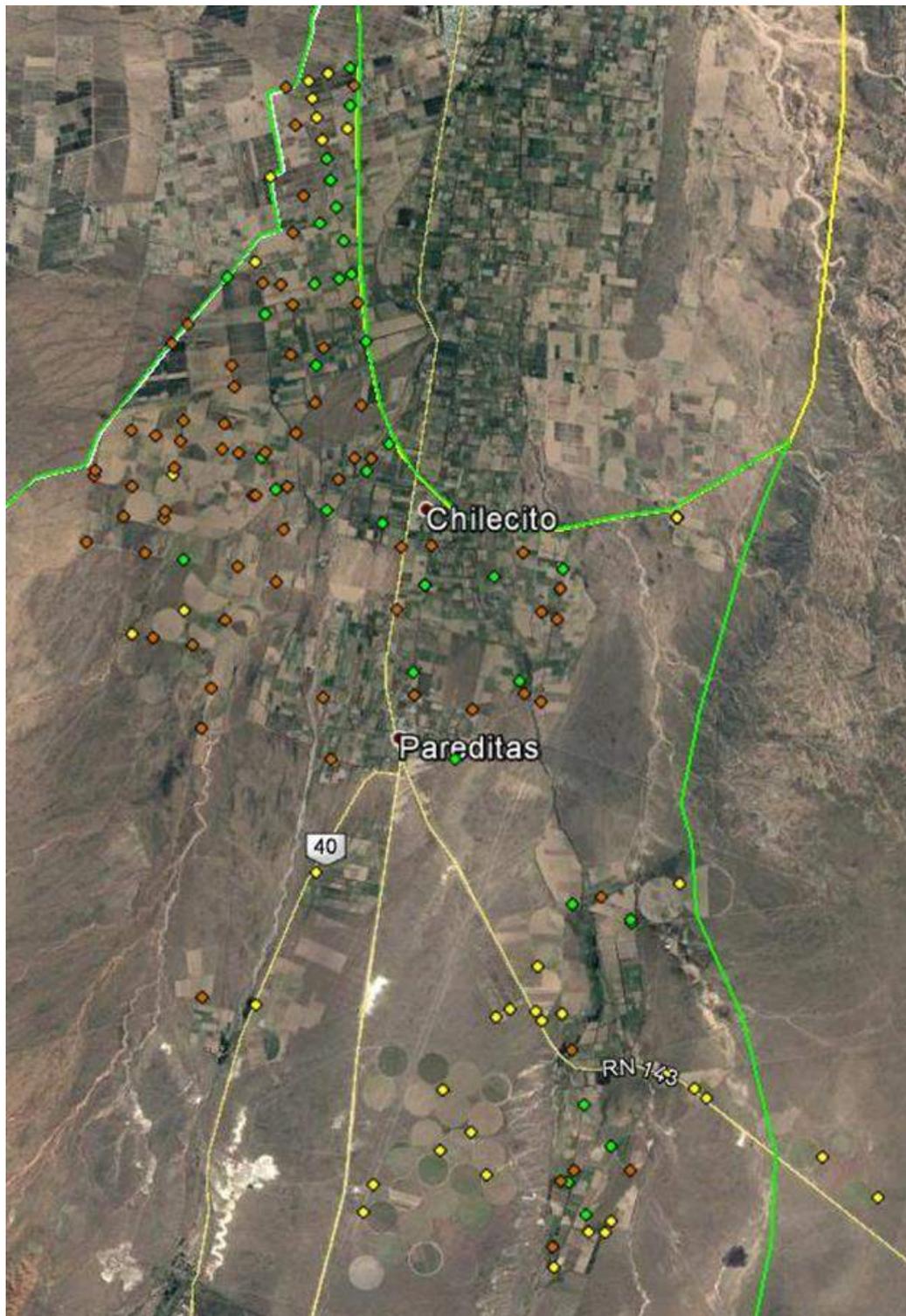


Figura 35. Zona Libre Confinada - Pozos Activos (●) Inactivos (●)

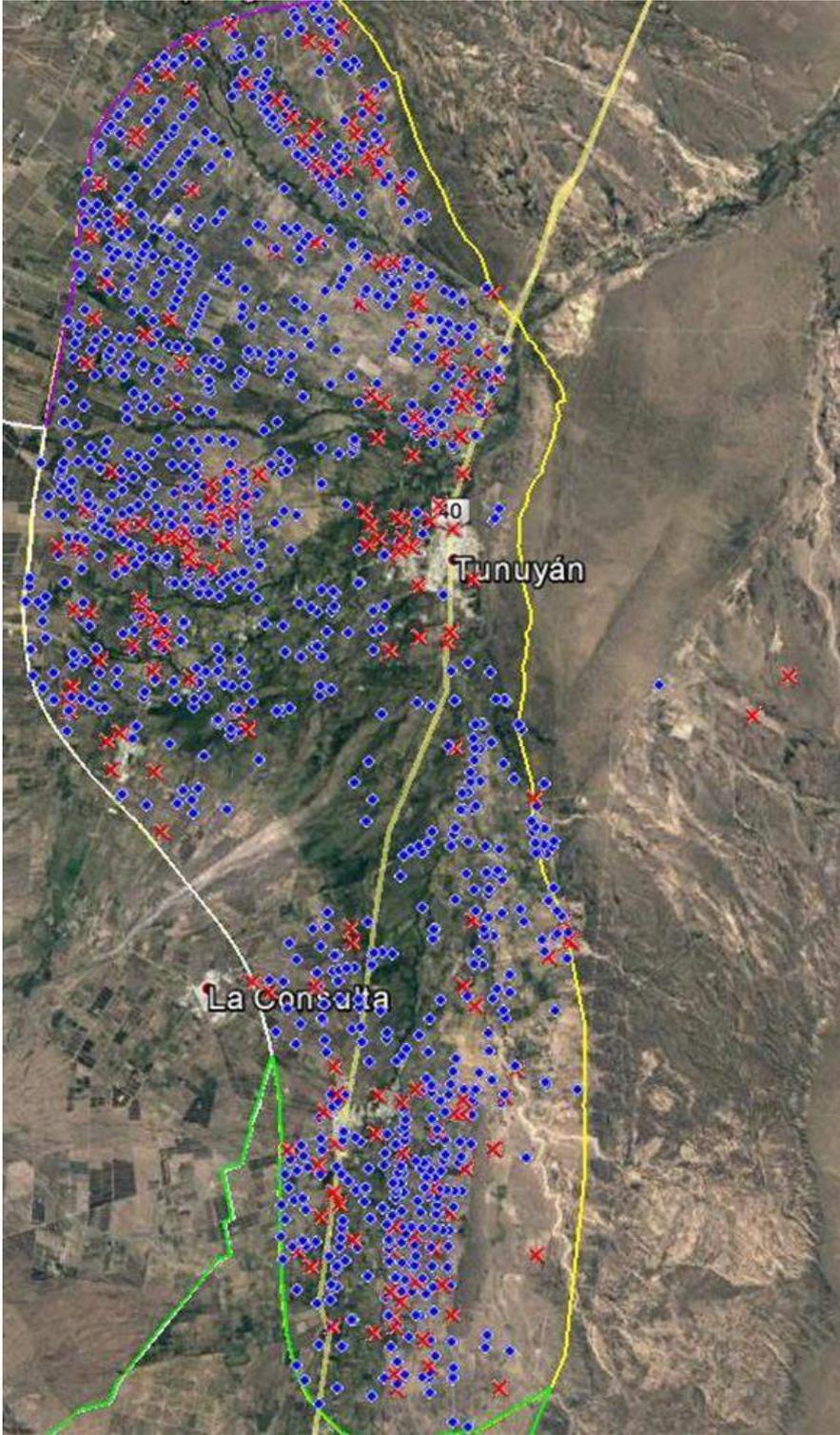


Figura 36. Zona Libre Confinada - Uso conjunto (●), exclusivo subterráneo (●)

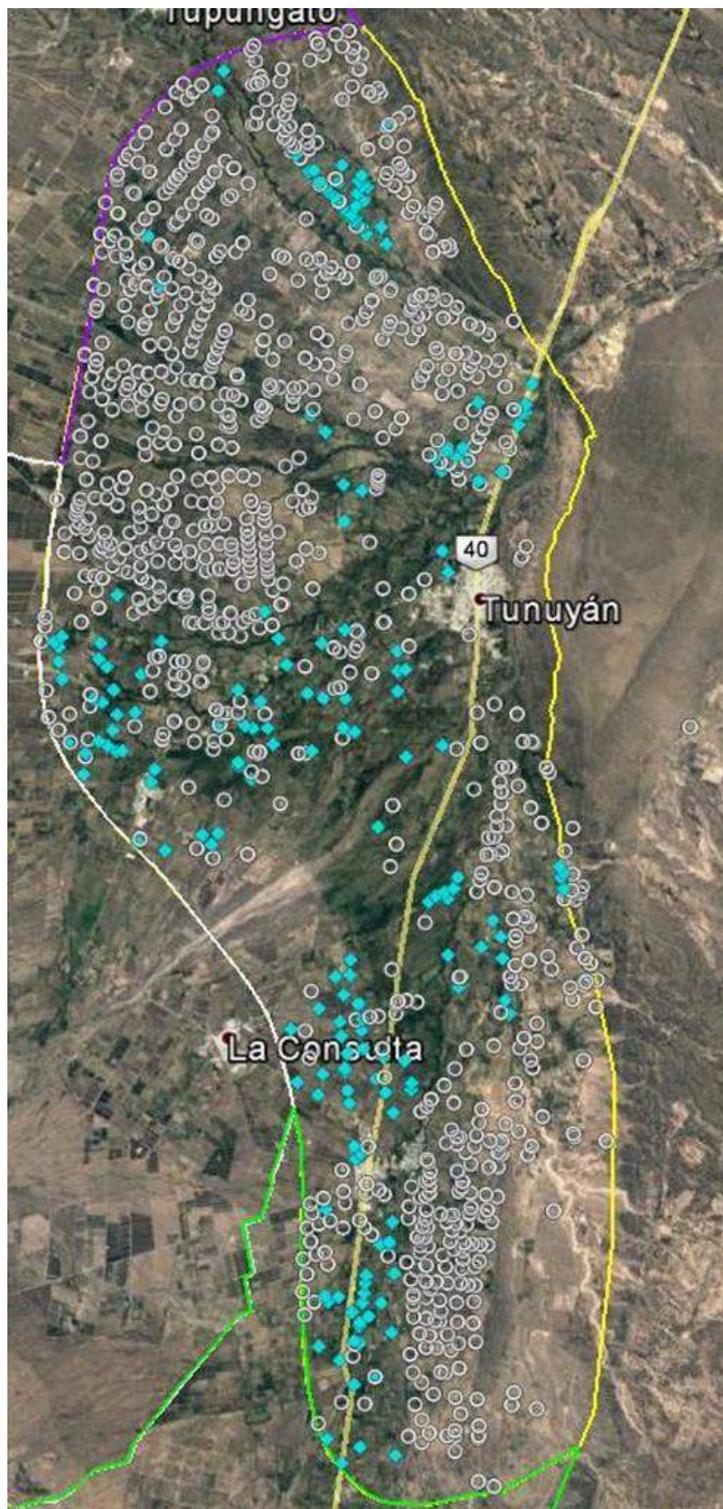
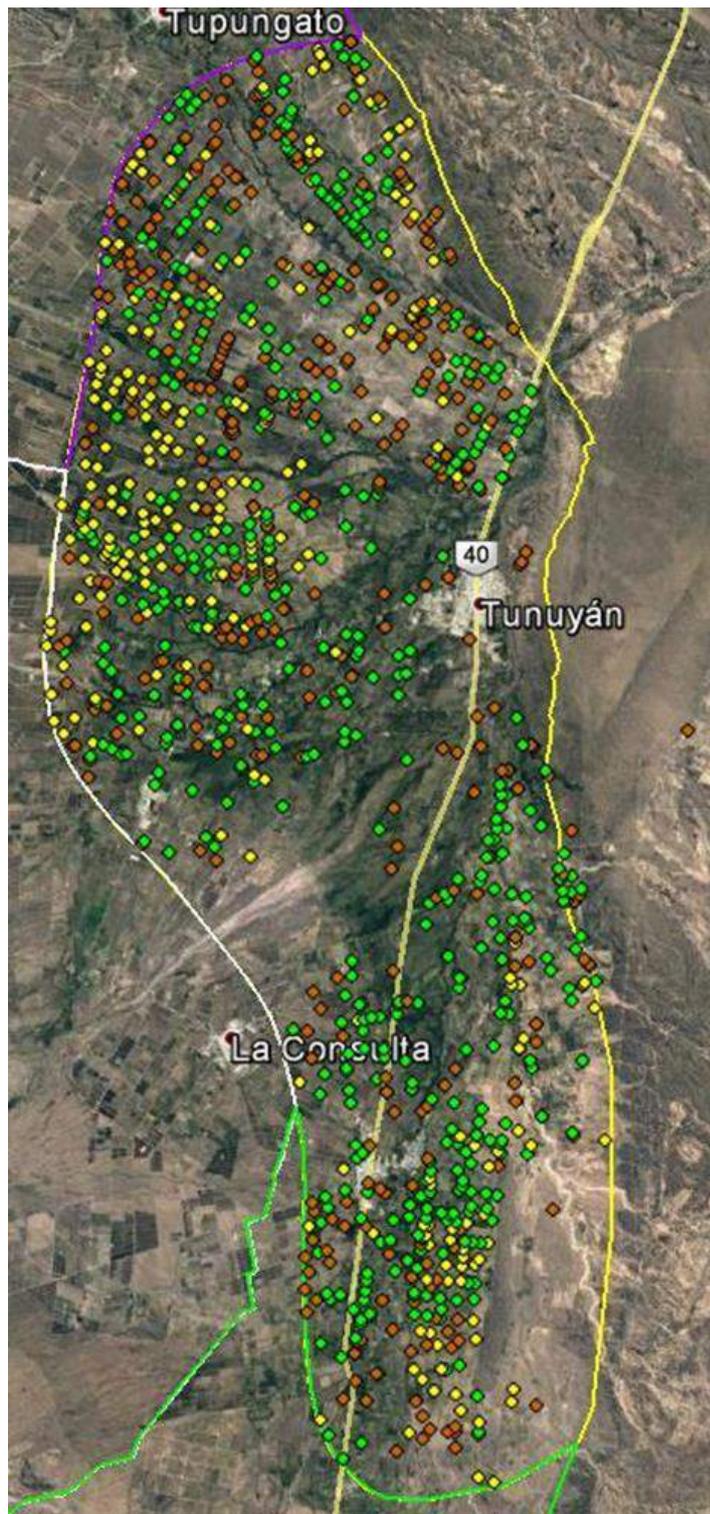


Figura 37. Zona Libre Confinada - Riego gravitacional (●), presurizado (●) y mixto (●)



3.7 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

167. 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 eficiencias, tanto de aplicación en finca (de riego) y como de conducción en la red de distribución, obteniendo de esta manera la demanda bruta que deberían cubrir las dotaciones de riego.

168. 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.

169. 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.

170. 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

171. Para la definición de los usos del suelo en la primera edición del Balance Hídrico del Tunuyán Superior (2014), se realizó una comparación entre la interpretación visual de imágenes Quick Bird, contrastado con una interpretación radiométrica de una imagen Landsat disponible, siguiendo la metodología propuesta por el SIPH (Sistema de Información para la Planificación Hídrica) y utilizado en el DGI. Se concluyó que la interpretación visual de la imagen Q_Bird de alta definición fue mucho más rica en información y en el detalle a la hora de definir las células de cultivos por unidad de manejo. A raíz de estos estudios preliminares se decidió utilizar la metodología de interpretación visual con imágenes de alta definición.

172. Para el presente análisis de actualización del balance hídrico se utilizó y desarrollo una nueva metodología para el DGI. Ampliamente utilizado, 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 puede implicar la realización de actualizaciones de los balances hídricos en tiempos menores a los actuales.

173. 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 el INTA, IDR, DCC, CONICET, FCA y DGI. Cada una de ellas aportó con su expertís y trabajo, logrando que esta herramienta sea aplicable a los fines de cada una de estas organizaciones.

174. Esta metodología se basa en el análisis radiométrico de imágenes satelitales Landsat o Séntinel. GEE permite el desarrollo local de algoritmos y firmas espectrales que describen a las coberturas de suelo por zonas. Incluso, a la cuenca del Tunuyán Superior, luego de las validaciones realizadas, se las subdividió en 8 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, lo que hace que un uso del suelo se exprese espectralmente diferente en las distintas zonas.

175. 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.

176. 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 grado de utilización de derechos de riego consiguiendo un muy buen nivel de detalle en la clasificación de usos del suelo.

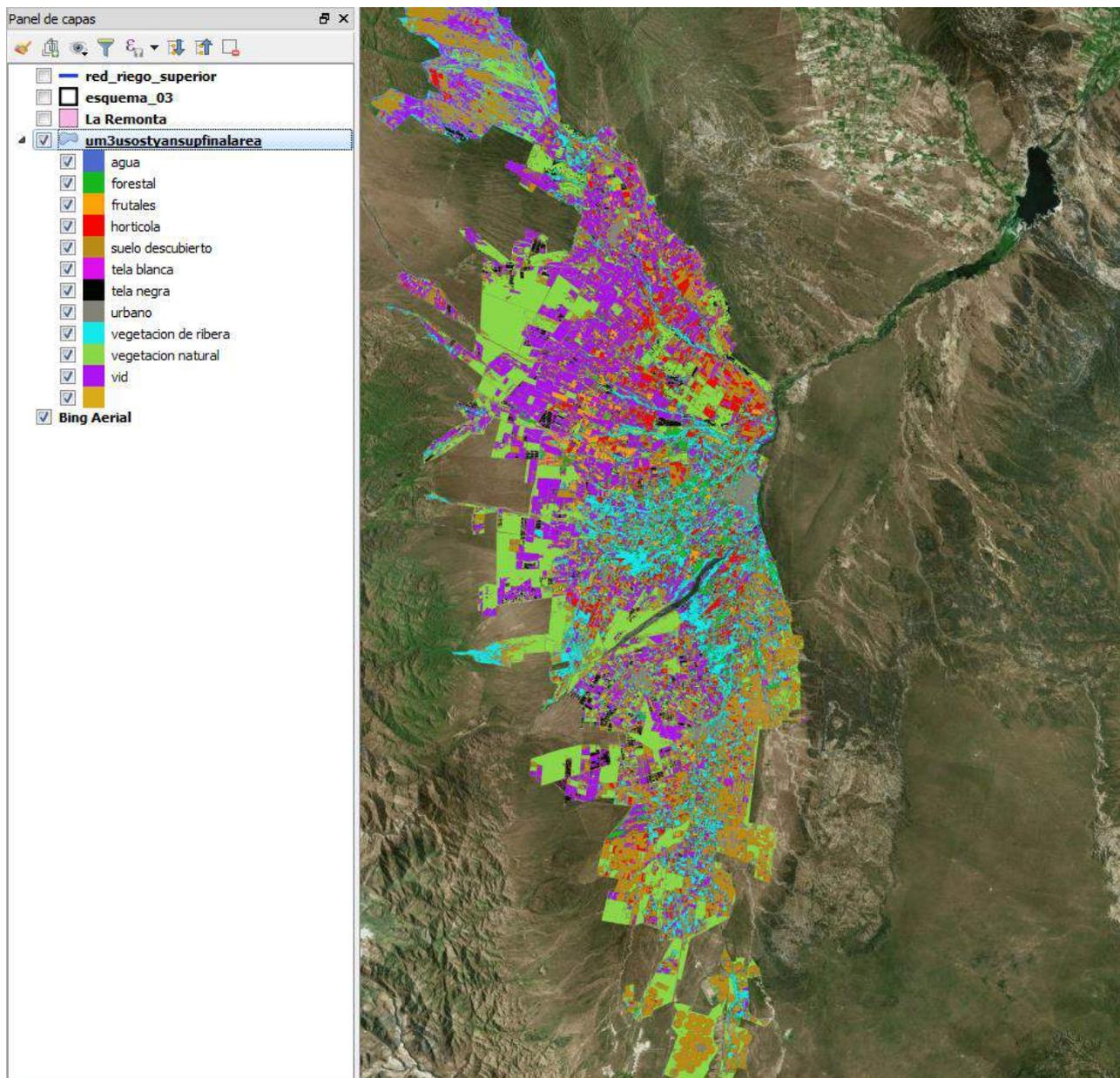
177. Los resultados son fundamentales para la evaluación de usos empadronados y como contraste del grado de satisfacción de las demandas agrícolas calculadas con el Modelo WEAP.

178. Los usos agrícolas del suelo que se determinaron a través de la interpretación por GEE fueron: Vid, Frutales, Hortícolas, Forestales, Pasturas y Suelo Descubierto. Una validación a campo 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 38.

179. 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.

180. 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.

Figura 38. Usos actuales del Suelo según Google Earth Engine

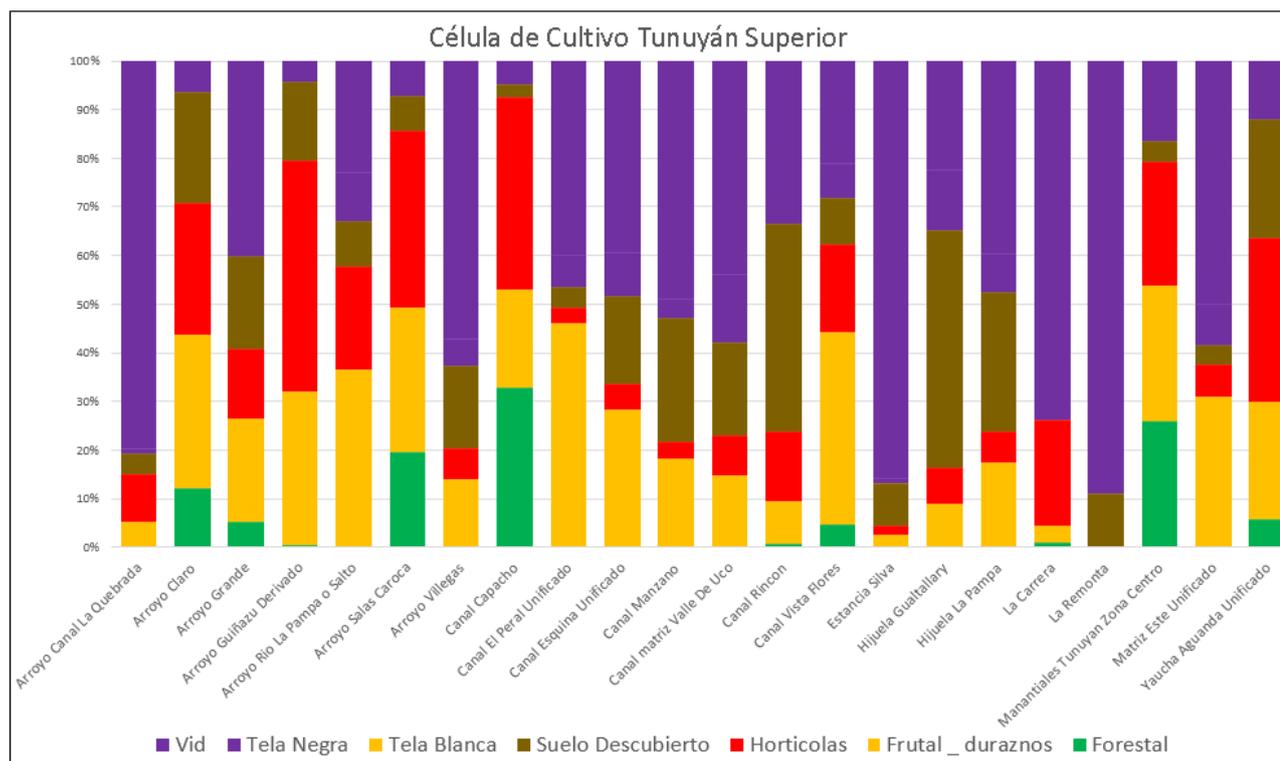


3.7.1.1 Caracterización de la matriz agrícola

181. 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.

182. Las células de cultivo son muy dispares entre las UAM, como se aprecia en la Figura 39, la que permite visualizar el predominio de vid y frutales, y también se advierten las unidades de manejo donde las hortalizas adquieren importancia en su superficie.

Figura 39. Células de Cultivo de unidades de manejo con agua superficial.



3.7.1.2 Caracterización de los Usos No Agrícolas

183. Como se mencionó en el capítulo correspondiente al padrón de aguas superficiales, el 96% del recurso está destinado a la agricultura.

184. El uso público que se ha identificado es el riego del arbolado público (1,2 %) de los distintos centros urbanos, y los refuerzos de verano (1,5%) que suplementan las dotaciones de riego. Los usos recreativos están dedicados al riego de parques y jardines (0.5%), de modo tal que los empadronamientos dedicados al riego suman más del 99%.

185. Los otros usos del agua, como el piscícola, (0,03 %, considerado además como no consuntivo) y el abastecimiento de población (0,7 %), completan, entre otros, el cuadro de demandas superficiales.

186. Los abastecimientos de población de aguas superficiales más importantes se surten de manantiales son La Remonta para La Consulta y El Peral, para Tupungato. En cambio, el abastecimiento del resto de la población del Valle de Uco, se realiza a través de aguas superficiales y perforaciones administradas por diferentes operadores.

187. En lo que respecta al abastecimiento poblacional con aguas superficiales, se enumeran los organismos potabilizadores y los consumos anuales en la tabla de la Tabla 14.

Tabla 14 Plantas Potabilizadoras con abastecimiento superficial (m³/s)

PLANTAS	CAUDAL
AySAM Planta Potabilizadora La Remonta	1.576.800
Servicio Municipal Manzano Histórico	788.000
Servicio Municipal Vertiente El Peral	1.260.000
Servicio Municipal Vertiente San José	1.240.000
Unión Vecinal Arroyo Grande	40.000
Unión Vecinal Valle del Sol y Nieve	33.360
Total	4.938.160

188. La mayoría de las plantas potabilizadoras se surten con aguas subterráneas, con distintos operadores según se observa en detalle de tabla de la Tabla 15.

Tabla 15 Operadores de agua potable abastecidos con agua subterránea

Departamento	Nº perforaciones	Operador
San Carlos	8	AySAM SAPEM
Tunuyán	7	OSM SA
Tupungato	2	Servicio Municipal
San Carlos	4	Gestión Comunitaria
Tunuyán	18	Gestión Comunitaria
Tupungato	7	Servicio Municipal

3.7.2 DEMANDA NETA

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

190. En primer lugar, se calcula la evapotranspiración de referencia de la región en la que se está trabajando, la cual se calcula a partir de la información agroclimática (temperaturas del aire máxima, media y mínima; humedad relativa, máxima, media y mínima; velocidad del viento; radiación solar).

191. Luego, para determinar la necesidad de cada cultivo, para cumplir con su ciclo vital (demanda neta del cultivo), se afecta el valor de la evaporación de referencia zonal por unos coeficientes de cultivos “kc”.

192. 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).

193. 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).

194. 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.

195. 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.

196. 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.

197. Como metodología para la definición de los usos del suelo se ha utilizado la herramienta Google Earth Engine. El DGI viene realizando, en convenio con el INTA y participación del IDR, un desarrollo de teledetección a través de la herramienta mencionada. Este método permite realizar una interpretación de los usos del suelo de manera rápida, lo que permite además ir analizando los cambios que se van produciendo en esta materia con mayor celeridad que con la metodología aplicada en la primera versión del Balance (interpretación visual).

198. Se establecieron 8 tipos de usos representativos de la zona de estudio (Tabla 16).

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

Tabla 16 Usos del suelo determinados

USO	CULTIVO DE REFERENCIA
Forestal	álamo
Frutal	duraznero
Hortícola	tomate
Vid	Vid
Áreas urbanas	
Suelo descubierto	
Abandono reciente	
Abandono antiguo	

3.7.2.1 Características agroclimáticas

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

201. 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.

202. El procesamiento de la información agroclimática de las cinco 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 Superior. Las estaciones son Agua Amarga, El Peral, La Consulta, Tunuyán y Tres Esquinas (Valle de Uco).

203. En la Figura 40, se muestran los polígonos de Thiessen correspondientes a las distintas estaciones meteorológicas, y las UAM como fondo de mapa.

204. 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.

205. 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.

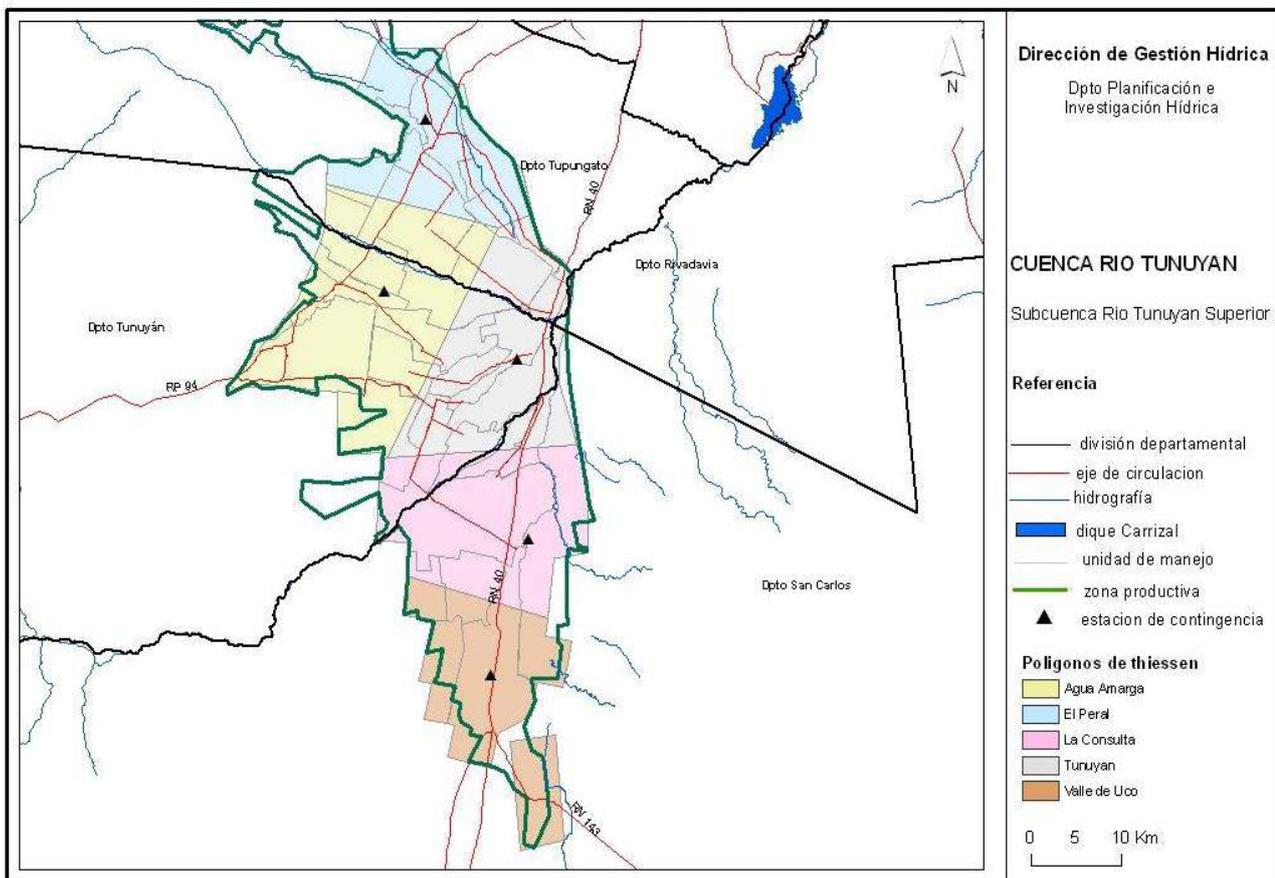
206. En el proceso de actualización se mantuvieron los polígonos establecidos y se actualizaron las series de datos de las estaciones que caracterizan a cada polígono.

207. 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 información obtenida.

Figura 40. Polígonos de Thysen sobre las áreas de manejo.



3.7.2.2 Evapotranspiración del Cultivo de Referencia

208. 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.

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

210. El software utilizado fue “ET_o Calculator v3.2” diseñado y provisto por FAO. Utilizan como inputs los datos de las estaciones meteorológicas con frecuencias diarias para el período 2000-2018. En la tabla de la Tabla 17 se presentan los valores obtenidos.

211. En Figura 41 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.

3.7.2.3 Necesidades de riego

212. Cuando se riega un cultivo, se repone el agua que ha consumido desde el último riego. Esa agua corresponde a:

- 1) La que se agrega al suelo para que éste quede en “capacidad de campo” y permita que el agua sea absorbida por las raíces de las plantas. De esa agua una parte se consume porque:
- 2) La que absorben las raíces de las plantas para transpirar.
- 3) Se evapora del suelo a la atmósfera.
- 4) La que se “pierde” por percolación y por escurrimiento al pie del cultivo.

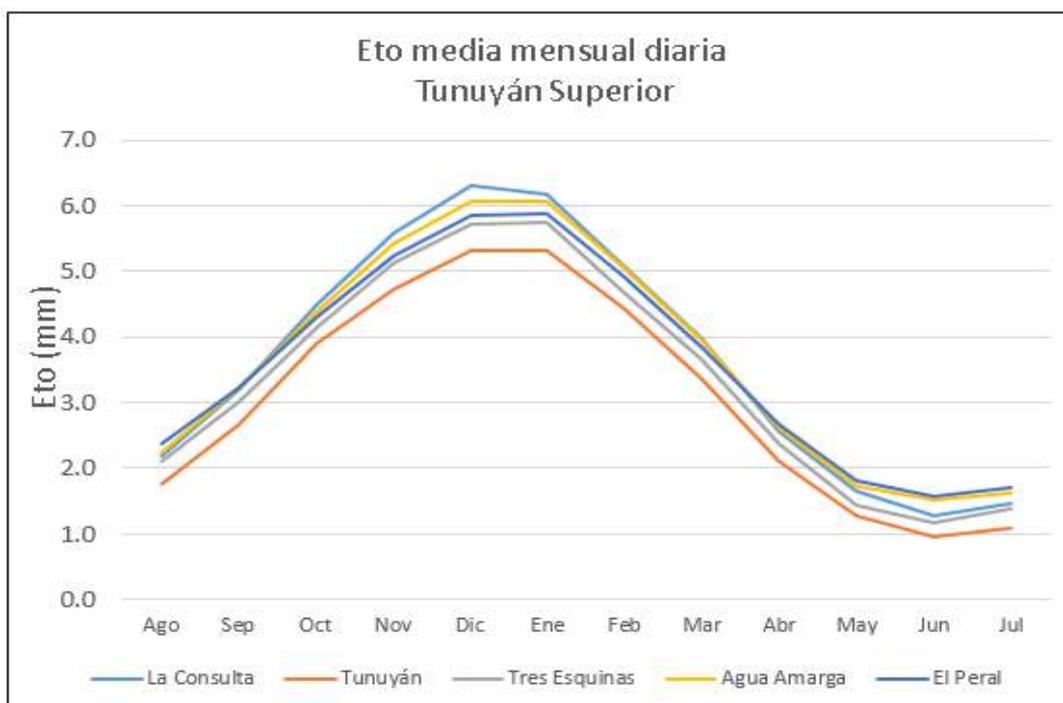
213. La primera corresponde a la evapotranspiración del cultivo. La segunda se considera en la eficiencia de riego parcelaria para obtener la demanda bruta de los cultivos y en las necesidades. Culturales como el lavado de suelo y balance salino

214. 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.

Tabla 17 Evapotranspiración de referencia - Estaciones Tunuyán Superior (mm)

Mes	La Consulta	Tunuyán	Tres Esquinas	Agua Amarga	El Peral
Ago	2.2	1.8	2.1	2.3	2.4
Sep	3.2	2.7	3.0	3.2	3.2
Oct	4.5	3.9	4.1	4.4	4.3
Nov	5.6	4.7	5.1	5.4	5.2
Dic	6.3	5.3	5.7	6.1	5.8
Ene	6.2	5.3	5.7	6.1	5.9
Feb	5.1	4.4	4.7	5.1	4.9
Mar	4.0	3.4	3.7	4.0	3.9
Abr	2.6	2.1	2.4	2.6	2.7
May	1.7	1.3	1.4	1.7	1.8
Jun	1.3	0.9	1.2	1.5	1.6
Jul	1.4	1.1	1.4	1.6	1.7
Total general	3.6	3.1	3.4	3.6	3.6

Figura 41. Evapotranspiración mensual Eto (mm)



215. A partir de los datos meteorológicos procesados de la DCC se obtuvo la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ETo) para las cinco estaciones (Figura 41).

216. En el balance hídrico anterior (2014), se redefinieron los siguientes usos del suelo: Vid, Frutal, Forestal, Hortícola, Pasturas y Suelo Descubierto.

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

218. 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.

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

220. 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 en 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 por un corto 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.

221. 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.

222. La secuencia de trabajo fue la siguiente:

- 1) Determinación de la Evapotranspiración de Referencia (ET_o) para cada estación agrometeorológica a través del software ET_o Calculator.
- 2) Determinación de los parámetros de cultivo necesarios para la carga del software CROPWAT y sus correspondientes coeficientes de cultivo (k_c). 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 (E_tc) por estación a partir de la ecuación:

$$Etc = Eto * kc$$

Donde:

- E_tc evapotranspiración del cultivo
- E_to evapotranspiración del cultivo de referencia
- K_c 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

223. Consideraciones importantes:

- 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 Superior.

224. 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.), los usos culturales del agua para riego.

3.7.3 DEMANDA BRUTA

225. 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.

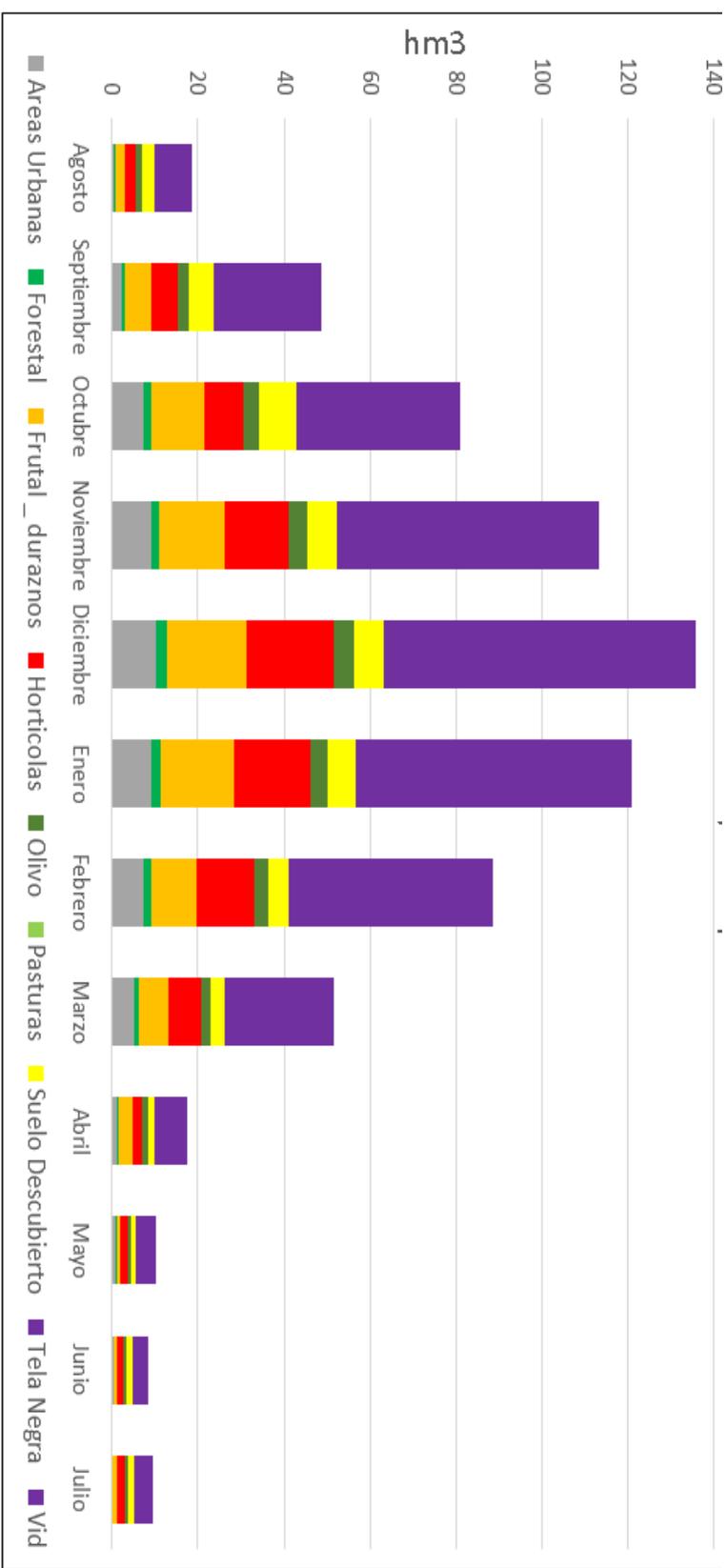
226. De estos conceptos se desprende que la demanda bruta es mayor a la demanda neta ya que la cantidad de agua realmente demandada por los cultivos, se ve incrementada por efecto de la falta de eficiencia y de otros usos culturales del agua (lavado de suelos, defensa contra heladas, abonados, etc.).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

227. 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 18.

Tabla 18 Parámetros para el cálculo de la demanda bruta

Parámetro	Der. Definitivo	Der. Eventual	Dominio Privado	Permiso Precario	Permiso Temporario	Uso Público	Desagüe	Sobrante	Abastec. Población	Total
Superficie Empadronada	31.860 ha	4.106 ha	6.305 ha	8.785 ha	926 ha	619 ha	3 015 ha	80	204 ha	55.901 ha
Coefficiente de reducción	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	
Superficie Reducida Riego	31.860 ha	3.285 ha	6.305 ha	7.028 ha	741 ha	495 ha	2 412 ha	64	204 ha	52.308 ha
Derivadas de fuentes Superficiales	31.860 ha	3.285 ha	6.305 ha	7.028 ha	741 ha	495 ha			204 ha	49.918 ha
Superficie Cultivada	27.224 ha	2.807 ha	5.388 ha	6.005 ha	633 ha	423 ha				42.480 ha
Sup. Empadronadas Distribuida en el Dique Valle de Uco	13.459 ha	1.241 ha		1.168 ha		202 ha	1.774 ha	23 ha		17.867 ha
Eficiencia en Finca	43,0% (ponderada)									

Figura 42. Demanda neta por Tipo de Uso



228. Es importante tener en cuenta los valores del coeficiente de reducción para los Permisos Precarios. Aquellos Permisos Precarios que provienen de la publicidad de Dominios Privados, conservan un coeficiente 1 (uno). Por el contrario, aquellos que se distribuyen desde el dique Valle de Uco y/u otro punto de distribución, pero que provienen de autorizaciones posteriores a la ley de concesiones, llevan un coeficiente 0,8.

229. Cabe destacar que además de las demandas evapotranspirativas, se producen otras demandas denominadas culturales. Estas últimas son aquellos requerimientos hídricos que necesita el productor para realizar diferentes actividades culturales, entre las más importantes es la defensa contra heladas. Estas demandas son satisfechas en mayor o menor medida dependiendo del turno de riego y de las fechas en las que ocurren los eventos climáticos. Por ello, estas demandas, no son de fácil análisis. Pero están cubiertas en gran medida, en años medios, por las eficiencias de riego promedio.

3.7.3.1 Demanda Agrícola por UAM

230. 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.

231. 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 uso del agua para construir escenarios alternativos que examinan como el consumo disgregado y total, del recurso, se desarrolla 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.

232. WEAP provee una gran flexibilidad en como estructurar la información. Esto puede variar desde estructuras altamente disgregadas hasta concepciones muy simples de demanda. Esta estructura 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 adaptar 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.

233. 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 desde aplicar simples técnicas de crecimiento exponencial y funciones de interpolación, hasta modelos sofisticados que WEAP posee incorporados. Puede incorporarse un enfoque más avanzado para describir procesos hidrológicos para determinar la demanda, por ejemplo: cálculos de evapotranspiración de cultivos para determinar la demanda.

234. 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 (agua consumida por un sitio de demanda que sale del sistema).

235. 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.

236. Irrigation Demands Only Method (FAO Crop Requirements Method). De los cinco métodos, este es el más simple. Utiliza coeficientes de cultivo para el cálculo de la evapotranspiración potencial en el catchment, luego determina la demanda de riego como la porción de agua 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

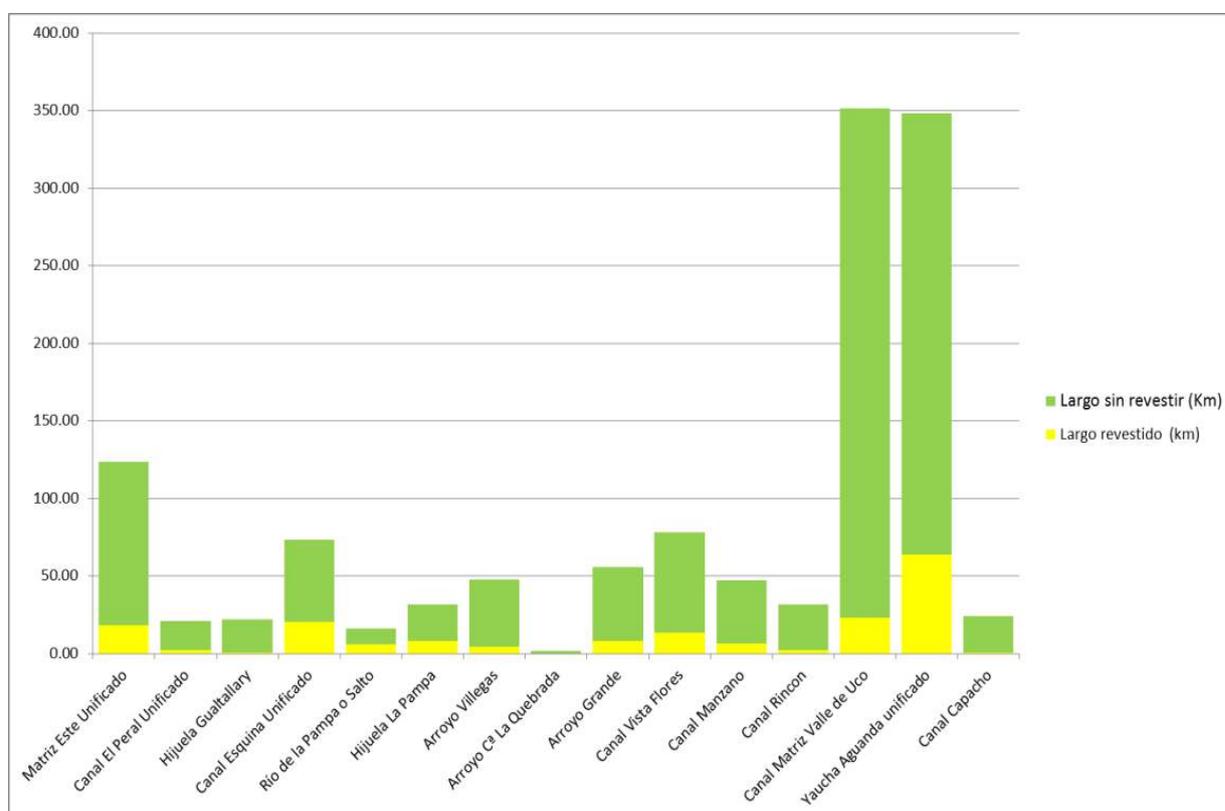
237. Se han realizado los cálculos de necesidades de riego con el software ETo Calculator, y se han utilizado los resultados como input del modelo WEAP. Esta metodología permite realizar el cálculo de las demandas de los diferentes usos a partir de la información de clima disponible para la zona. Se 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 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.

3.7.3.2 Eficiencia de Conducción

238. A los efectos del cálculo de la demanda se realizó una estimación de estos valores a través de métodos analíticos para cada UM a partir de ecuaciones empíricas que contemplan el tipo de suelo, pendiente, dimensión y perímetro mojado de los canales.

239. Se realizó un trabajo conjunto con la Subdelegación, para obtener las longitudes de canales e hijuelas y la proporción de revestimiento existente en cada unidad de manejo. Con ello, se procedió en gabinete a estimar las eficiencias de conducción en canales para cada una de las unidades de manejo del oasis del Tunuyán Superior.

Figura 43. Longitud de canales e hijuelas con y sin revestimiento.



240. En el caso de la red de conducción y distribución del Río Tunuyán superior se probaron varias expresiones analíticas empíricas, adaptándose el *Criterio de Moritz* como el que mejor se ajusta a las condiciones de la cuenca.

$$F \left(\frac{m^3}{s \text{ km}} \right) = \frac{0.018 \times C \times B \times \sqrt{h}}{\sqrt[4]{\omega}}$$

Dónde:

F pérdida por infiltración expresada en m³/s y por km del cauce

B ancho superficial del canal en m

- h altura normal en m
- ω área mojada en m²
- C coeficiente que depende del tipo de terreno e indica la cantidad de m³ de agua perdidos por día por cada m² de superficie, depende del tipo de suelo en el cual está excavado el canal. En los canales en estudio el tipo de suelo más común es limo arenoso con un valor de C entre 0,30 y 0,49.

241. En cada UAM se calculó la eficiencia externa, como una media ponderada de la superficie regada. Luego de evaluar los antecedentes locales de determinación de eficiencias de conducción en la red de riego del río Tunuyán, los valores calculados analíticamente a partir de la información proporcionada se validaron en los canales e hijuelas con el Método de Entradas y Salidas, el cual consiste en el aforo entre dos secciones de un tramo de canal.

242. Las pruebas se realizaron en las condiciones de funcionamiento y para el caudal de operación del canal, y los valores obtenidos se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19 Eficiencias de Conducción en canales del Valle de Uco

Unidades de Manejo	Eficiencia de Conducción
Matriz Este Unificado	94%
Canal El Peral Unificado	94%
Hijuela Gualtallary	90%
Canal Esquina Unificado	91%
Río de la Pampa o Salto	93%
Hijuela La Pampa	80%
Arroyo Villegas	79%
Arroyo C ^a La Quebrada	87%
Arroyo Grande	78%
Canal Vista Flores	77%
Canal Manzano	78%
Canal Rincon	73%
Canal Matriz Valle de Uco	73%
Yaucha Aguanda unificado	72%
Canal Capacho	71%

3.7.3.3 Eficiencia de Aplicación

243. 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.

244. 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.

245. 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.

246. 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.

247. 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.

248. Respecto a la eficiencia de aplicación, en la Tabla 20 se muestran valores indicativos de eficiencia de aplicación para distintos sistemas de aplicación (Pereyra, 2010). Los valores más bajos se refieren a melgas tradicionales, mal nivelados y sin un adecuado control de la lámina de agua en la melga, mientras que los más altos se refieren a melgas de grandes dimensiones, bien nivelados y con buen control de la lámina de agua.

Tabla 20 Eficiencias de aplicación - Sistemas riego con correcta proyección y mantenimiento

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

249. Para asignar un valor de eficiencia parcelaria global del sistema, se cuenta con los antecedentes del trabajo realizado en la cuenca del río Tunuyán Superior, en labor coordinada entre INTA, Departamento General de Irrigación y Facultad de Ciencias Agrarias.

250. En ése trabajo se realizaron 48 determinaciones de eficiencia, en todas las áreas bajo riego, y en tres períodos distintos del ciclo vegetativo (Tabla 21). Es un trabajo completo y exhaustivo, en el que se determina espacial y temporalmente la eficiencia actual del uso de agua. Se determina un valor de eficiencia actual en finca del 43 %.

251. El análisis inicial del cálculo de la demanda se ha realizado tomando para el cálculo la eficiencia actual, y se obtuvieron resultados semejantes a los obtenidos en el Proyecto PNUD/FAO/ARG/00/008.

Tabla 21 Desempeño de Riego en Tunuyán Superior. Resumen

Lamina de Reposición (dr)	Lamina Bruta (db)	Lamina Infiltrada (dinf)	Lamina Escurrída (de)	Lamina Almacena da (dal)	Lamina Percolada (dper)	Q de manejo (l/s)
63	153	79	75	55	26	53

252. 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. 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, realizar cambios en la metodología de riego. Simples recomendaciones como acortar los tiempos de riego, modificar la superficie de la unidad riego (surcos por tapada), caudales y toda aquella variable que se pueda manejar a nivel de finca sin mayores inversiones como retoques de nivel y lonas regadoras. Con estas tareas se puede alcanzar un valor de eficiencia que se encuentra entre el valor actual y el valor de eficiencia potencial. Incluso, en años de escasez, los productores alcanzan eficiencias superiores que la eficiencia razonable obligadas por la falta de agua.

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

254. En la Figura 44 se presentan las Demandas Brutas por UAM y en la Figura 45 por uso, para las UAM que se abastece de los derivados del Río Tunuyán.

255. En la Figura 44 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 un gran porcentaje de vid, lo que se confirma en la Figura 45.

3.7.3.4 Eficiencia Razonable

256. 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. De esta manera, se alcanzaría un valor de eficiencia en finca del 55 %.

Figura 44. Demandas Brutas por UAM – Eficiencia actual

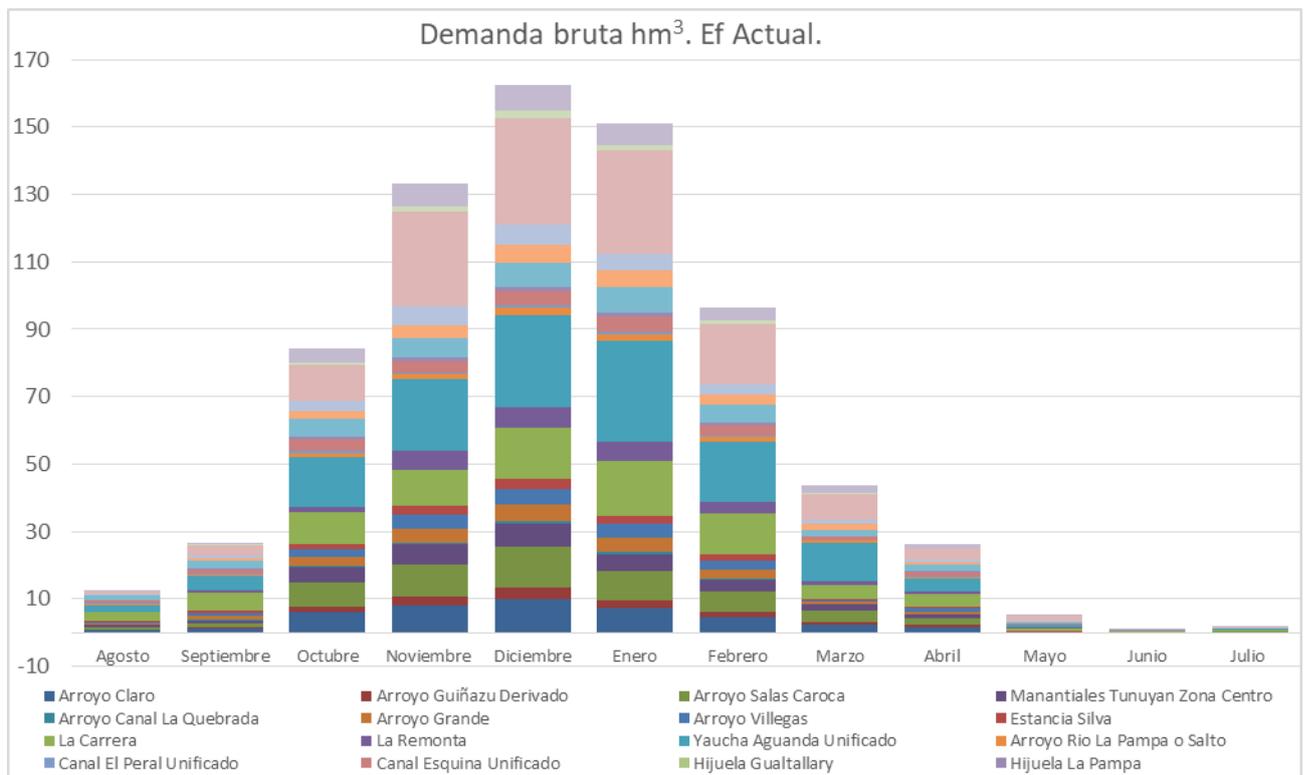
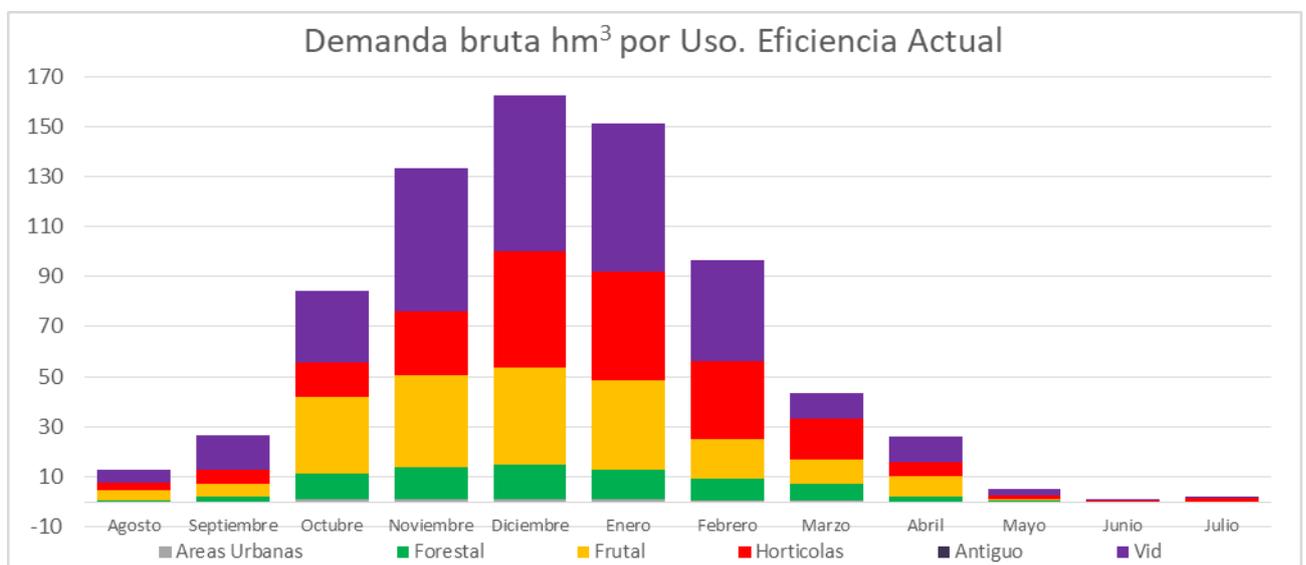


Figura 45. Demandas Brutas por Tipo Uso para la Cuenca del Río Tunuyán



257. 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, sino eficiencias comprobables con prácticas culturales corrientes, en sistemas de riego por surcos y/o melgas.

258. La eficiencia razonable, ha variado y variará con el tiempo. Así como la Provincia apuesta a distintas acciones e infraestructura de riego para la agricultura, el resultado de todas las acciones y obras se traduce en un mejor aprovechamiento del agua.

259. En esta subcuenca irrigada del río Tunuyán se ha producido una importante reconversión a sistemas de riego presurizados, y la mayoría de las fincas reconvertidas o nuevas del Corredor Productivo y el Camino del Vino, han instalado riegos presurizados, por la escasez del recurso y la rentabilidad y calidad de la producción, especialmente vitivinícola.

260. 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.

261. La eficiencia de aplicación potencial aconsejada tiene un valor de 68%. Como a ese valor no van a llegar todos los agricultores, se ha estimado un valor de eficiencia razonable, de 55%. El valor de eficiencia de riego actual es de 43 %.

262. Los valores que se proponen tienen que ver exclusivamente con riego por surcos y melgas; por lo que, de considerarse las superficies que tienen riego presurizado, el valor sería más elevado. Esto pone de manifiesto la prudencia en el valor adoptado, perfectamente alcanzable en la cuenca del río Tunuyán (Tabla 22).

263. 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.

Tabla 22 Eficiencias actuales y propuestas

	Eficiencias consideradas		Observación
Eficiencia actual	Eficiencia externa	81,9	
	Eficiencia de riego actual en finca	43,0	
	Eficiencia Global	36,0	= 81,9% * 43%
Eficiencia Propuesta	Eficiencia de riego razonable en finca	55,0	
	Eficiencia de riego potencial	68,0	
	Eficiencia global razonable	45,0	= 55% * 81,9%

3.7.3.5 Los Usos Culturales del Agua

264. 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 ellas se necesita adecuada humedad del suelo.

265. 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.

266. Para el caso de vid y frutales, los requerimientos brutos de riego en finca oscilan entre 53 y 60 mm con un promedio para todos los cultivos de 57 mm para el mes de setiembre, cantidad que presenta dificultades para su aplicación. Es decir: reponer los 57 mm de ese mes, en riegos cada diez días de 19 mm.

267. Los sistemas por gravedad, no permiten esta operación. Incluso, 19 mm en un riego no almacena suficiente humedad, en profundidad, para guardar energía el día previo a una helada.

268. Lo lógico sería realizar un riego que humedezca en profundidad y luego no regar en todo el mes, ya que las demandas hacen que no se consuma toda el agua almacenada. Es decir, en vez de agregar 19 mm cada 10 días, realizar un riego de 57 mm de una vez, lo que implica una distribución bruta de 69 mm. Incluso, por necesidades operativas de los canales, mover el agua necesaria para 69 mm es dificultoso y se distribuye una lámina mayor. Por ello, en esta época, los requerimientos hídricos culturales se ven satisfechos por estas causas.

269. 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.

270. Estas consideraciones han sido consultadas en la Subdelegación de Aguas del río Tunuyán Superior: desde el inicio del periodo agrícola, esto es luego de la corta anual de agua se distribuyen como mínimo 4 m³/s desde el dique Valle de Uco, que representan para su sistema derivado 8,3 hm³/mes, en el caso hipotético que se erogue ese caudal durante todo el mes (26 días contemplando las cortas de los domingos). Este valor hipotético representa

63 mm para toda el área irrigada por el río Tunuyán en el Valle de Uco, superior a la demanda neta para el mes de septiembre.

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

3.8 ANÁLISIS DEL PADRÓN DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

272. En el Balance Hídrico de la sub cuenca Superior del Río Tunuyán realizado en el 2015, se desarrolló la revisión de los padrones de concesiones, necesaria para el cumplimiento de los objetivos de este documento.

273. Para ello, la Subdelegación de Aguas del Río Tunuyán Superior, en conjunto con 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 de datos de padrones y cartografía, con la verificación correspondiente.

274. La Subdelegación de Aguas realizó esta tarea, consultando 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.

275. Esta tarea se enriqueció con la consulta a las Inspecciones de Cauce a fin de lograr una correcta ubicación espacial de derechos que no podían localizarse en la cartografía, y un trabajo posterior realizado entre todas las áreas con incumbencia en la depuración del padrón, que derivó en la conformación de expedientes donde se tratan los casos remanentes.

276. Para la actualización del balance, hoy se toma el padrón de usuarios, con corte a la fecha en la que se tiene el resto de la información. En la Tabla 23 se presentan las superficies empadronadas por UAM y en la Figura 46, por categoría de derecho o permiso.

277. 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.

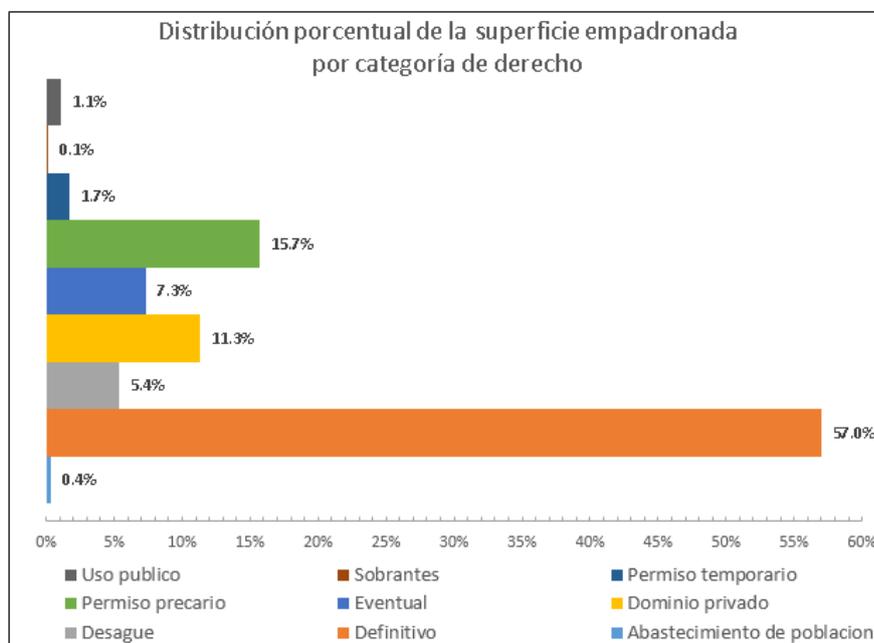
278. A tal fin se dispuso de la base de datos registrales del DGI y se procedió al procesamiento de los datos realizando un ordenamiento y clasificándolas de acuerdo a las UAM previamente determinadas.

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

Tabla 23 Superficies empadronadas y categorías de empadronamiento.

UAM	Abastecimiento de población	Definitivo	Desague	Dominio privado	Eventual	Permiso precario	Permiso temporario	Sobrantes	Uso publico	Total general
A° Claro		1783		804	146	25			104	2864
A° Grande	8	1028		129	87	188			17	1457
A° Guiñazú derivados						1098				1098
A° Salas Caroca		1558	20	1064	95	18			62	2816
A° Villegas		265		1098	18	72			5	1457
Canal A° La Quebrada		105			89	7				201
Canal Capacho		420			212	393			5	1030
Canal El Peral		273			11	11				294
Canal Esquina		816			103	438	666		2	2025
Canal Manzano		2192			116	12			22	2341
Canal Matriz Valle Uco		8231	2217		942	1030		28	184	12633
Canal Rincón		805			17	11				833
Canal Vista Flores		1811			264	14			41	2131
Estancia Silva		101			255	603	260			1219
Hijuela Gualtallary		31								31
Hijuela La Pampa		80			200	286				566
La Carrera		1407		1540	7	3202				6157
La Remonta		2595							7	2602
Manatales de Tyan. zona Centro		385	365	1054	69	65			40	1978
Matriz Este unificado	197	1869	413		651	182			36	3347
Río de La Pampa o salto				99	3	828				930
Sin inspeccion		47			54	67				168
Yaucha				453						453
Yaucha Aguanda Unificada		6058		64	768	234		52	93	7269
Total general	204	31860	3015	6305	4106	8785	926	80	619	55901

Figura 46. Superficie empadronada según categoría de empadronamiento



280. La superficie considerada como la superficie total empadronada (55.901 ha) a septiembre de 2018 surge del análisis de todas las concesiones otorgadas. En el río Tunuyán Superior, como en todos los ríos de la Provincia, se han asignado concesiones de riego de diferente categoría: los Definitivos, reciben agua por el 100% de la superficie empadronada; y los eventuales y precarios, reciben agua por el 80% de la superficie empadronada (Acordada de 1929 HTA).

281. Al considerar la diferencia entre las concesiones de tipo Definitivos y las Eventuales, en cuanto a asignarle un valor de demanda 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.

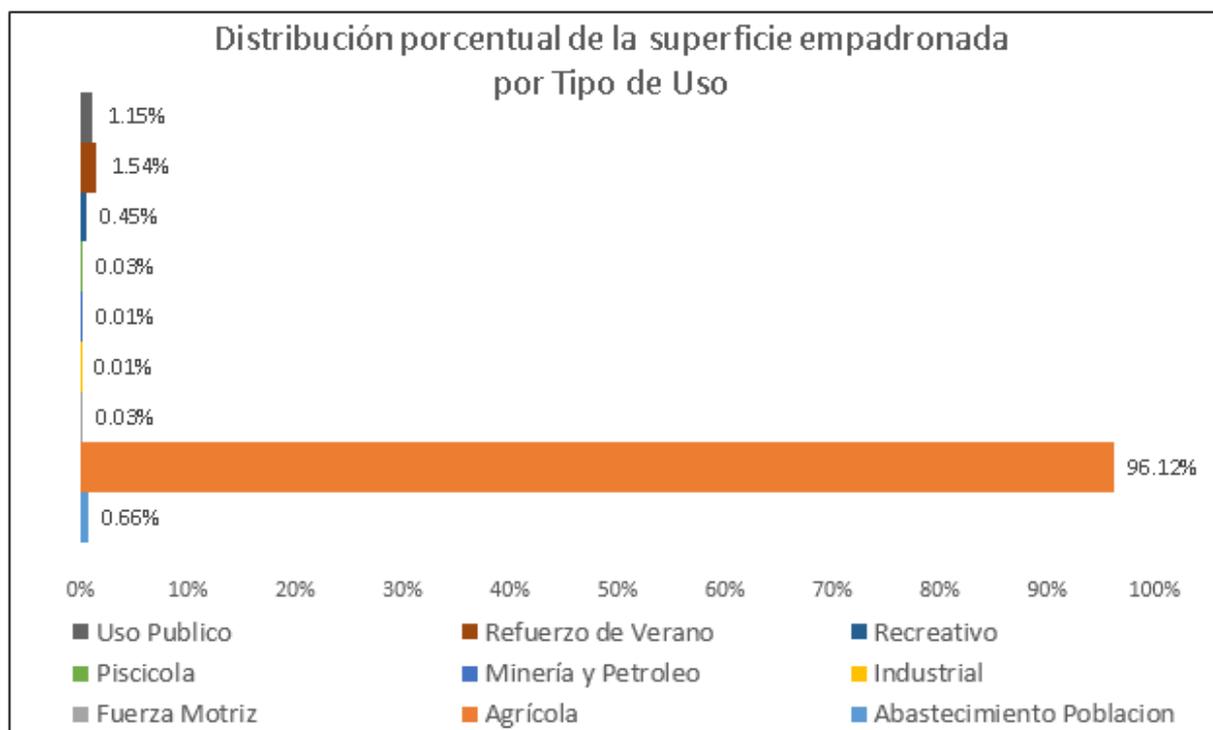
282. En orden de importancia, se observa que, del total de la superficie empadronada, el 57,0% corresponde a derechos Definitivos, y los Permisos Precarios y derechos de dominio privado suman un 27.0% siguiendo en orden de importancia.

283. Los derechos Eventuales, que en otros ríos de la provincia tienen un peso mayor, en la subcuenca del Río Tunuyán Superior sólo alcanzan el 7,3%.

284. Respecto de los Permisos Precarios de esta subcuenca, la mayoría tuvo su origen en grandes propiedades, que ostentaban Dominio Privado. Posteriormente éstos fueron cambiados a la categoría de Permisos Precarios, con el objeto de transformarlos en derechos públicos. Ello meritó considerarlos por separado de los permisos recientemente otorgados. Al ser los primeros tan o más antiguos que los definitivos, cuando se plantearon los escenarios y al considerar superficies empadronadas, se los incluyó en los cálculos con los Definitivos y Eventuales.

285. Las categorías de uso pueden observarse en la Figura 47. Aquí se pone de manifiesto que casi en su totalidad (96.59%), 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.

Figura 47. Superficie empadronada según tipo de uso

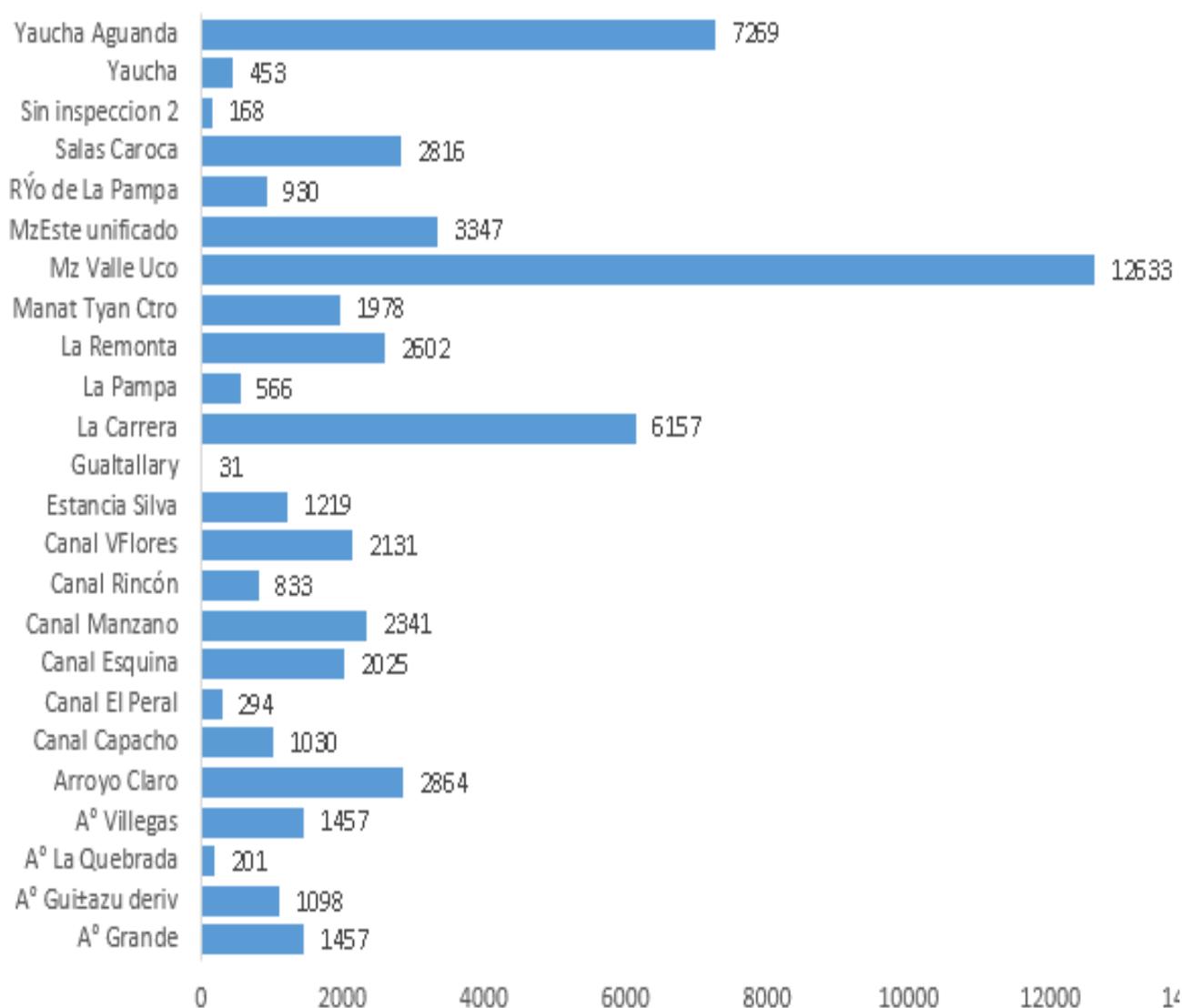


286. En la Figura 48, se presenta la distribución de los empadronamientos superficiales por UAM. Se advierte cuáles son las Unidades de Manejo de mayor superficie: Matriz Valle de Uco (12.566 ha), Yaucha Aguanda Unificado (8.268 ha) y Canal Vista Flores (5.336 ha).

287. El Uso Público que se expone en los cuadros, está referido al riego del arbolado público (1,15%) y los refuerzos de verano (1,54 %), que suplementan concesiones de riego. Los usos recreativos están dedicados al riego de parques y jardines los cuales pasaron de un 0.18% a un 0.45% mostrando un aumento, aunque en porcentajes ínfimos.

288. En conclusión, puede decirse que los empadronamientos dedicados al riego suman el 99.26 %. Los otros usos del agua, como por ejemplo el piscícola, (0,03 %) y el abastecimiento de población (0,66 %), completan el cuadro de demandas, entre otros.

Figura 48. Superficie empadronada total por UAM (ha)



3.9 INDICADORES DE RESULTADO

289. 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.

290. 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

291. 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 .

292. 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

293. 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

294. 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

295. 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.

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

297. 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:

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

298. 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.

299. 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.

300. 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.

301. 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

302. 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.

303. 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.

304. 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 y 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.

305. 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

306. Los trabajos realizados responden a la actualización del Balance Hídrico – Río Tunuyán Superior, que el DGI realizó en el año 2013/2014, en general; y para las Unidades Administrativas de Manejo que son dotadas tanto, con escurrimientos superficiales del Río Tunuyán, desde el Dique Valle de Uco, como de los demás arroyos nivales y de manantial que abastecen a la demás UAM.

307. Para realizar la actualización del balance, se completó la serie de datos hidrometeorológicos desde 2013 al 2020, 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

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

4.3 DEMANDA

309. Las demandas utilizadas en este escenario corresponden a:

- ✓ las 42.480 ha cultivadas actuales
- ✓ las parcelas que reciben dotación de riego desde el Dique Valle de Uco
- ✓ las parcelas que reciben dotación de riego desde arroyos nivales
- ✓ las parcelas que reciben dotación de riego desde arroyos de manantial
- ✓ los volúmenes entregados para abastecimiento poblacional
- ✓ la eficiencia de aplicación actual
- ✓ la información meteorológica de la Dirección de Contingencias Climáticas en coincidencia con los años hidrológicos medios.
- ✓ Los usos del suelo a través de la metodología de Google Earth Engine

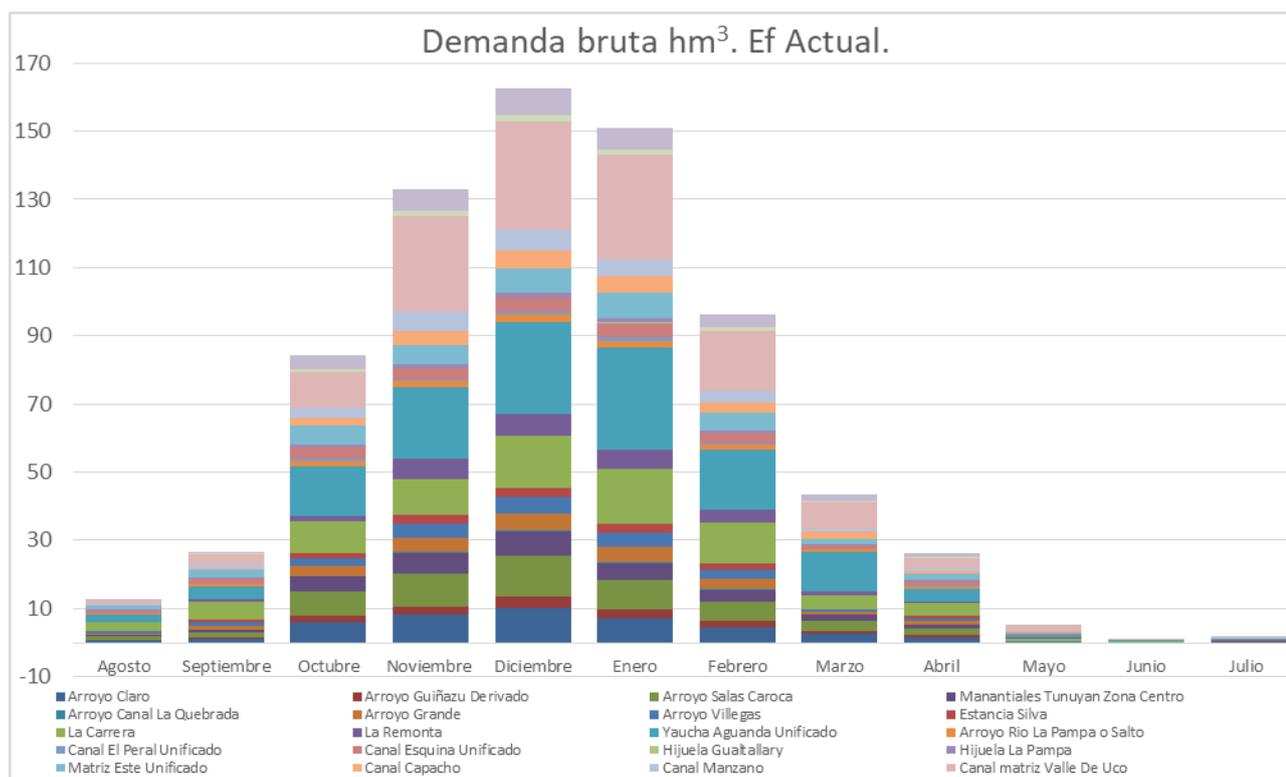
310. Se entiende como eficiencia de aplicación actual, el valor de eficiencia de riego parcelaria obtenido para años hidrológicos medios y secos, mediante la evaluación de desempeño del riego en finca. Se realiza esta aclaración ya que el valor de eficiencia de riego parcelaria varía según el volumen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

311. Para años medios, cuando los volúmenes de agua disponibles en el río rondan los 19.000 m³/ha/año (haSi o al día), las eficiencias consecuentemente son más bajas (43 %).

312. Para años de escasez, como los que ha estado transitando la provincia en la última década, con valores que rondan los 10.000 m³/ha/año (haSi o al día), la eficiencia es necesariamente mayor, y los ensayos de desempeño del riego en finca lo demuestran. En promedio se alcanzan valores cercanos a los fijados como Eficiencia Razonable (55%)

313. En la Figura 49 se observa el comportamiento de la demanda por UAM, mes a mes, a lo largo del año, resumen de los valores de la Tabla 24.

Figura 49. Demanda Bruta – Situación Actual, por UAM (hm³)



314. En la Figura 50 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 Superior, la vid, el Frutal y los cultivos hortícolas son los cultivos predominantes.

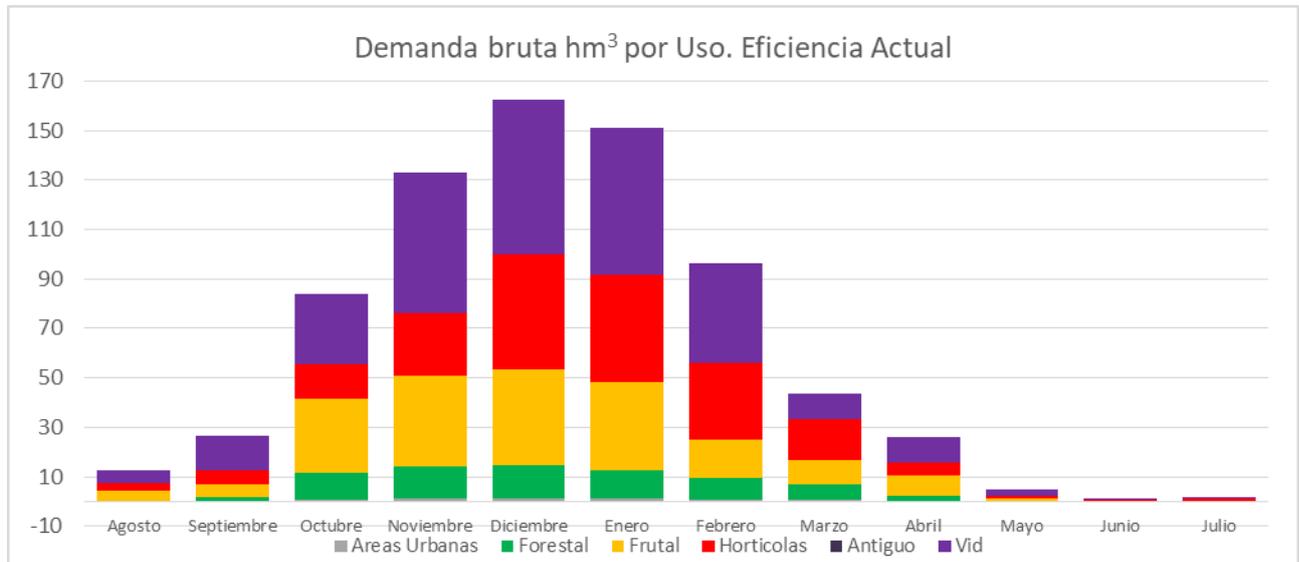
Tabla 24 Demanda Bruta mensual, por UAM, Eficiencia Actual, año Medio (hm³)

UAM	Sup. Cult..	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	año
Arroyo Claro	2194	0.69	1.12	6.12	8.19	10.05	7.17	4.64	2.50	1.68	0.00	0.03	0.13	42.31
Arroyo Guiñazú Derivado	738	0.25	0.36	1.66	2.42	3.40	2.41	1.60	0.75	0.53	0.00	0.02	0.06	13.44
Arroyo Salas Caroca	2577	0.78	1.34	7.13	9.63	12.08	8.67	5.89	3.21	1.92	0.00	0.04	0.17	50.86
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1514	0.43	0.82	4.42	5.89	6.92	4.97	3.37	1.87	1.14	0.00	0.02	0.08	29.93
Sub Total Manantiales	7022	2.15	3.63	19.32	26.12	32.44	23.22	15.50	8.32	5.26	0.01	0.11	0.45	136.54
Arroyo Canal La Quebrada	174	0.06	0.15	0.30	0.53	0.61	0.54	0.37	0.06	0.11	0.01	0.00	0.01	2.75
Arroyo Grande	1134	0.48	1.00	2.74	4.20	4.96	4.34	2.82	0.79	0.92	0.08	0.03	0.07	22.42
Arroyo Villegas	1194	0.50	1.12	2.50	4.17	4.70	4.16	2.71	0.46	0.89	0.10	0.01	0.06	21.37
Estancia Silva	909	0.29	0.73	1.41	2.55	2.77	2.42	1.67	0.19	0.51	0.06	0.00	0.03	12.64
La Carrera	5514	2.49	5.22	9.26	10.55	15.33	16.22	12.27	4.11	3.88	0.95	0.15	0.21	80.64
La Remonta	2318	0.15	0.75	1.59	5.74	6.07	5.78	3.60	1.13	0.56	0.34	0.04	0.05	25.79
Yaucha Aguanda Unificado	5651	2.04	3.96	14.73	21.14	27.24	29.75	17.72	11.64	3.76	0.76	0.23	0.19	133.15
Sub Total Arroyos Nivales	16893	6.02	12.93	32.53	48.88	61.67	63.20	41.15	18.37	10.63	2.31	0.46	0.60	298.76
Arroyo Rio La Pampa o Salto	693	0.33	0.55	1.49	1.63	2.20	2.16	1.41	0.58	0.55	0.07	0.02	0.03	11.01
Canal El Peral Unificado	278	0.15	0.25	0.64	0.63	0.78	0.82	0.52	0.20	0.24	0.04	0.00	0.00	4.27
Canal Esquina Unificado	1462	0.76	1.37	3.21	3.26	4.14	4.39	2.91	1.05	1.22	0.22	0.01	0.02	22.56
Hijuela Gualtallary	16	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.25
Hijuela La Pampa	334	0.14	0.30	0.73	1.18	1.33	1.18	0.75	0.14	0.26	0.03	0.00	0.02	6.07
Matriz Este Unificado	2651	1.33	2.41	5.54	5.67	7.24	7.67	5.14	1.83	2.12	0.38	0.02	0.03	39.40
Sub Total Tupungato	5433	2.72	4.90	11.65	12.40	15.75	16.27	10.77	3.82	4.39	0.74	0.06	0.09	83.57

Tabla 25 Demanda Bruta mensual, por UAM, Eficiencia Actual, año Medio (hm³) – Cont.

UAM	Sup. Cult.:	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Año
Canal Capacho	883	0.09	0.40	2.26	3.86	5.01	4.65	3.05	1.96	0.51	0.20	0.03	0.08	22.09
Canal Manzano	1730	0.31	0.86	3.13	5.67	6.16	5.20	3.23	0.86	0.99	0.04	0.00	0.06	26.52
Canal matriz Valle De Uco	8149	0.99	3.26	10.47	28.02	31.76	30.46	17.72	7.71	3.12	1.70	0.22	0.35	135.79
Canal Rincón	483	0.05	0.18	0.81	1.57	1.92	1.56	1.05	0.44	0.25	0.01	0.00	0.03	7.87
Canal Vista Flores	1888	0.22	0.62	3.95	6.56	7.72	6.56	3.85	2.06	1.09	0.08	0.01	0.10	32.82
Sub Total Río Tunuyán VU	13132	1.66	5.31	20.63	45.68	52.57	48.43	28.90	13.04	5.96	2.04	0.26	0.62	225.08
Abastecimiento de Población		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuenca Completa	42480	12.54	26.78	84.13	133.09	162.43	151.12	96.31	43.55	26.25	5.09	0.89	1.76	743.95

Figura 50. Demanda bruta por tipo de cultivo para la eficiencia actual (hm³).



4.4 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN

315. 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.

316. 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 el dique Valle de Uco que han efectuado los operadores del sistema. Este requerimiento de modelación fue oportunamente sugerido por el panel de expertos internacionales de FAO durante sus misiones de trabajo en Mendoza en los años 2013 y 2014.

317. 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, si genera un efecto positivo en cómo se va presentando la cobertura mes a mes. 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. Sin embargo, este efecto de regulación es mucho más marcado para la subcuenca del Tunuyán Inferior.

4.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA

318. La Figura 51 y la Tabla 26 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.

319. En los meses de agosto y septiembre, no se observan fallos considerables en la cobertura de la demanda ya que son meses de poca demanda evapotranspirativa y el efecto regulador (estacional) del embalse hace que se puedan cubrir estas demandas.

320. 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.

321. Entre noviembre y febrero se observan los mayores déficits, que en conjunto suman algo más de 168 hm³ en total, representando el 86 % de la insatisfacción total y el 23 % de la demanda bruta total.

322. Luego del período nombrado, a partir de febrero, comienza la época de mayores lluvias y si bien las demandas climáticas (evapotranspiración) siguen siendo altas, las demandas de agua de los productores bajan por diferentes motivos: aportes hídricos de las precipitaciones, condiciones del terreno para ingresar a realizar laboreos y un factor no menos importante son las enfermedades, etc.

323. 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

324. En las Figura 51 y Figura 52 se presentan los resultados de la cobertura de la demanda para la situación actual (Cobertura por Suma de Fallos y la Cobertura Anual Global).

325. En la Figura 52 se observa que las coberturas se separan del 100% ya que el dique baja su nivel y hasta que el operador comienza a restringir 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.

Tabla 26 Insatisfacción de la Demanda – Situación Actual, por UAM (hm³)

UM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Arroyo Claro	2194	0.00	0.00	-0.73	-1.98	-2.84	-2.01	-0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	-8.18
Arroyo Guiñazú Derivado	738	0.00	0.00	0.00	-0.53	-1.01	-1.19	-0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	-3.33
Arroyo Salas Caroca	2577	0.00	0.00	-0.00	-1.66	-3.49	-2.70	-1.26	-0.34	0.00	0.00	0.00	-0.06	-9.50
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1514	-0.26	-0.49	-2.65	-3.53	-4.42	-3.08	-2.02	-1.12	-0.68	-0.00	-0.01	-0.05	-18.32
Sub Total Manantiales	7022	-0.26	-0.49	-3.38	-7.71	-11.76	-8.98	-4.40	-1.46	-0.68	-0.00	-0.01	-0.21	-39.34
Arroyo Canal La Quebrada	174	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arroyo Grande	1134	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.26
Arroyo Villegas	1194	0.00	0.00	-0.36	-1.04	-1.53	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.63
Estancia Silva	909	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.16	-0.19	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.42
La Carrera	5514	-1.74	-4.20	-8.19	-8.88	-12.75	-12.87	-9.43	-2.18	-2.14	-0.12	0.00	0.00	-62.51
La Remonta	2318	0.00	-0.21	-0.80	-4.39	-4.23	-3.68	-2.13	-0.17	-0.09	0.00	0.00	0.00	-15.69
Yaucha Aguanda Unificado	5651	0.00	0.00	-0.00	-2.14	-4.94	-4.41	-0.64	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-12.13
Sub Total Arroyos Nivales	16893	-1.74	-4.42	-9.35	-16.51	-23.61	-22.11	-12.22	-2.35	-2.23	-0.12	0.00	-0.00	-94.65
Arroyo Río La Pampa o Salto	693	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Canal El Peral Unificado	278	0.00	0.00	-0.06	-0.09	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.16
Canal Esquina Unificado	1462	0.00	0.00	-0.33	-0.55	-0.49	-0.39	-0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.91
Hijuela Gualtallary	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hijuela La Pampa	334	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Matriz Este Unificado	2651	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
Sub Total Tupungato	5433	0.00	0.00	-0.38	-0.65	-0.51	-0.39	-0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.08

Tabla 27 Insatisfacción de la Demanda – Situación Actual, por UAM (hm³) – Cont.

UM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Capacho	883	0.00	0.00	0.00	-1.30	-1.98	-1.77	-1.38	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.07	-6.49
Canal Manzano	1730	0.00	0.00	0.00	-1.15	-1.65	-1.97	-1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	-6.08
Canal matriz Valle De Uco	8149	0.00	0.00	0.00	-6.64	-11.22	-11.17	-9.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.28	-38.32
Canal Rincón	483	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.35	-0.34	-0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.90
Canal Vista Flores	1888	0.00	0.00	0.00	-1.84	-2.09	-2.53	-1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.08	-8.15
Sub Total Río Tunuyán VU	13132	0.00	0.00	0.00	-10.96	-17.29	-17.78	-13.42	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.49	-59.95
Cuenca Completa	42480	-2.00	-4.90	-13.12	-35.83	-53.17	-49.25	-30.19	-3.81	-2.91	-0.12	-0.01	-0.70	-196.01

Figura 51. Insatisfacción de la Demanda, por UAM (hm³)

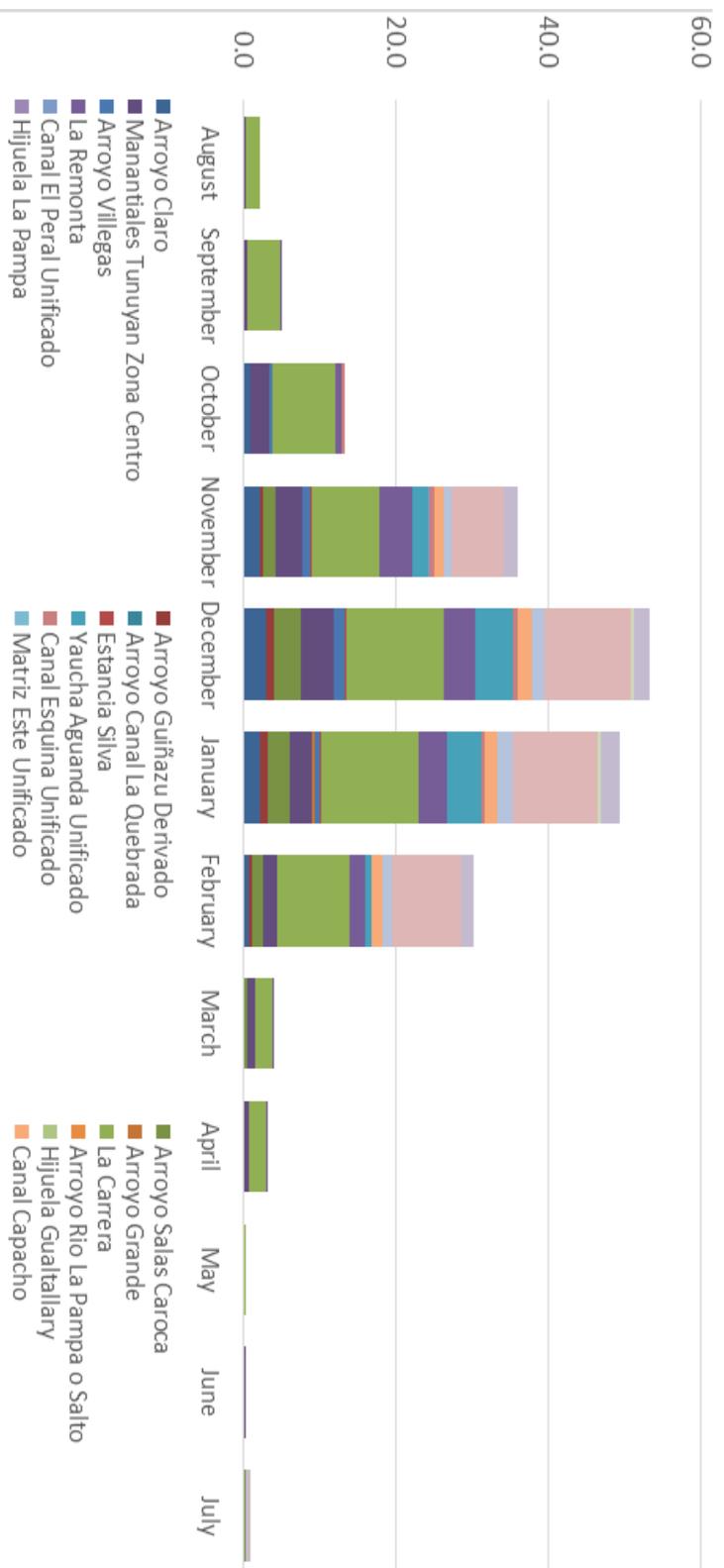


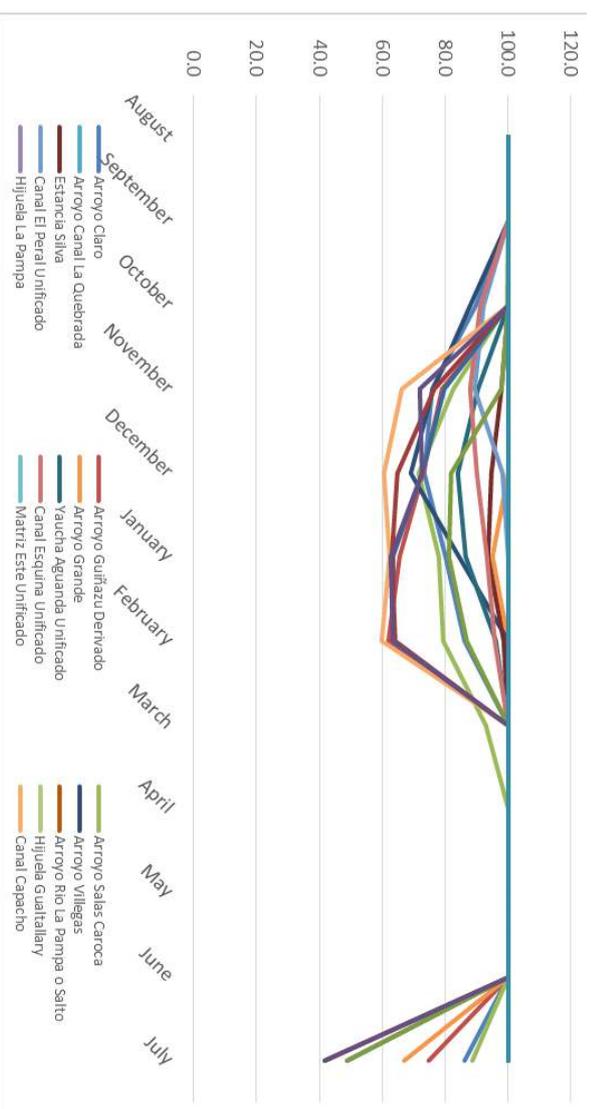
Tabla 28 Cobertura de la Demanda – Situación Actual, por UAM

UAM	Sup Emp. Cultivada	Demanda Bruta (hm ³)	Oferta Distribuida (hm ³)	Suma de Fallos (hm ³)	Cobertura por Suma de Fallos (%)	Balance Global Anual (hm ³)	Cobertura Anual Global (%)
Arroyo Claro	2194	42.31	23.48	-8.18	80.7%	-18.83	56%
Arroyo Guiñazú Derivado	738	13.44	10.08	-3.33	75.2%	-3.36	75%
Arroyo Salas Caroca	2577	50.86	23.74	-9.50	81.3%	-27.12	47%
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1514	29.93	11.61	-18.32	38.8%	-18.32	39%
Sub Total Manantiales	7022	136.54	68.92	-39.34	71.2%	-67.63	50%
Arroyo Canal La Quebrada	174	2.75	5.70	0.00	100.0%	2.95	100%
Arroyo Grande	1134	22.42	46.49	-0.26	98.8%	24.06	100%
Arroyo Villegas	1194	21.37	35.37	-3.63	83.0%	14.00	100%
Estancia Silva	909	12.64	23.97	-0.42	96.6%	11.33	100%
La Carrera	5514	80.64	21.35	-62.51	22.5%	-59.29	26%
La Remonta	2318	25.79	15.21	-15.69	39.1%	-10.58	59%
Yaucha Aguanda Unificado	5651	133.15	123.05	-12.13	90.9%	-10.10	92%
Sub Total Arroyos Nivales	16893	298.76	271.14	-94.65	68.3%	-27.62	73%
Arroyo Río La Pampa o Salto	693	11.01	37.76	0.00	100.0%	26.75	100%
Canal El Peral Unificado	278	4.27	11.25	-0.16	96.1%	6.98	100%
Canal Esquina Unificado	1462	22.56	17.37	-1.91	91.5%	-5.19	77%
Hijuela Gualtarry	16	0.25	0.19	0.00	100.0%	-0.06	77%
Hijuela La Pampa	334	6.07	4.68	0.00	100.0%	-1.40	77%
Matriz Este Unificado	2651	39.40	67.98	-0.00	100.0%	28.58	100%
Sub Total Tupungato	5433	83.57	139.23	-2.08	97.5%	55.66	92%

Tabla 29 Cobertura de la Demanda – Situación Actual, por UAM – Cont.

UAM	Sup Emp. Cultivada	Demanda Bruta (hm ³)	Oferta Distribuida (hm ³)	Suma de Fallos (hm ³)	Cobertura por Suma de Fallos (%)	Balance Global Anual (hm ³)	Cobertura Anual Global (%)
Canal Capachco	883	22.09	19.78	-6.49	70.6%	-2.31	90%
Canal Manzano	1730	26.52	23.74	-6.08	77.1%	-2.77	90%
Canal matriz Valle De Uco	8149	135.79	121.58	-38.32	71.8%	-14.20	90%
Canal Rincón	483	7.87	7.04	-0.90	88.6%	-0.82	90%
Canal Vista Flores	1888	32.82	29.39	-8.15	75.2%	-3.43	90%
Sub Total Río Tunuyán VU	13132	225.08	201.54	-59.95	73.4%	-23.54	90%
Cuenca Completa	42480	743.95	680.83	-196.01	73.7%	-63.13	92%

Figura 52. Cobertura de la demanda (%) - Situación actual, por UAM (%)



326. La cobertura anual global para las UAM que se abastecen del Río Tunuyán es del 90%. Y la cobertura por suma de fallos es del 73%. Es interesante observar que, si este escenario se evalúa bajo un régimen hidrológico de año seco, estas coberturas caen al 73% y 59% respectivamente.

4.4.3 GARANTÍAS

327. Una cobertura anual global del 90% hace pensar que, con una capacidad de regulación suficiente, la cobertura por suma de fallos podría acercarse a este valor, cumpliendo de esta manera los criterios de garantía fijados metodológicamente. Sin embargo, la cobertura por suma de fallos cae al 73% ya que hay meses donde la cobertura cae por debajo del umbral del 75 hasta valores del 65%, sin cumplir una de las condiciones de esta regla.

328. En conclusión, la situación actual, no cumple los criterios de garantía de riego estipulados, para un año medio.

5 ESCENARIOS PROSPECTIVOS

5.1 INTRODUCCION

329. 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).

330. 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.

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

332. 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 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.

6 ESCENARIO PROSPECTIVO - MAXIMO COMPROMISO

6.1 INTRODUCCIÓN

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

334. Este escenario se analiza con una mejora en la eficiencia de aplicación, la que pasa de un 43%, para la situación actual, a un 55% considerando eficiencia razonable.

6.2 OFERTA

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

6.3 DEMANDA

336. Las demandas utilizadas en este escenario corresponden a:

- ✓ 49.570 ha cultivas (total empadronadas), es decir, un aumento del 16,7 % de las 42.480 ha cultivadas actuales.
- ✓ Las parcelas que reciben dotación de riego desde el Rio Tunuyán.
- ✓ Las parcelas que reciben dotación de riego desde los manantiales.
- ✓ Las parcelas que reciben dotación de riego desde los arroyos de régimen nival.
- ✓ Los volúmenes entregados para abastecimiento poblacional
- ✓ La eficiencia de aplicación es la razonable: 55%.
- ✓ 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.

337. 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 abandonada. En las tablas se observa que los usos suelo descubierto y abandonado tienen demanda de agua, representando los nuevos usos de suelo.

338. Obsérvese que la demanda total para las unidades de manejo en la situación actual es de: 744 hm³/año, en el escenario de máximo compromiso este valor se eleva a 999 hm³/año. Al simular este escenario de máximo compromiso con la eficiencia razonable el valor de demanda total pasa a 760 hm³/año.

6.3.1 DEMANDA BRUTA AÑO MEDIO

339. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 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 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** por tipo de uso.

Figura 53. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Medio, por UAM (hm³)

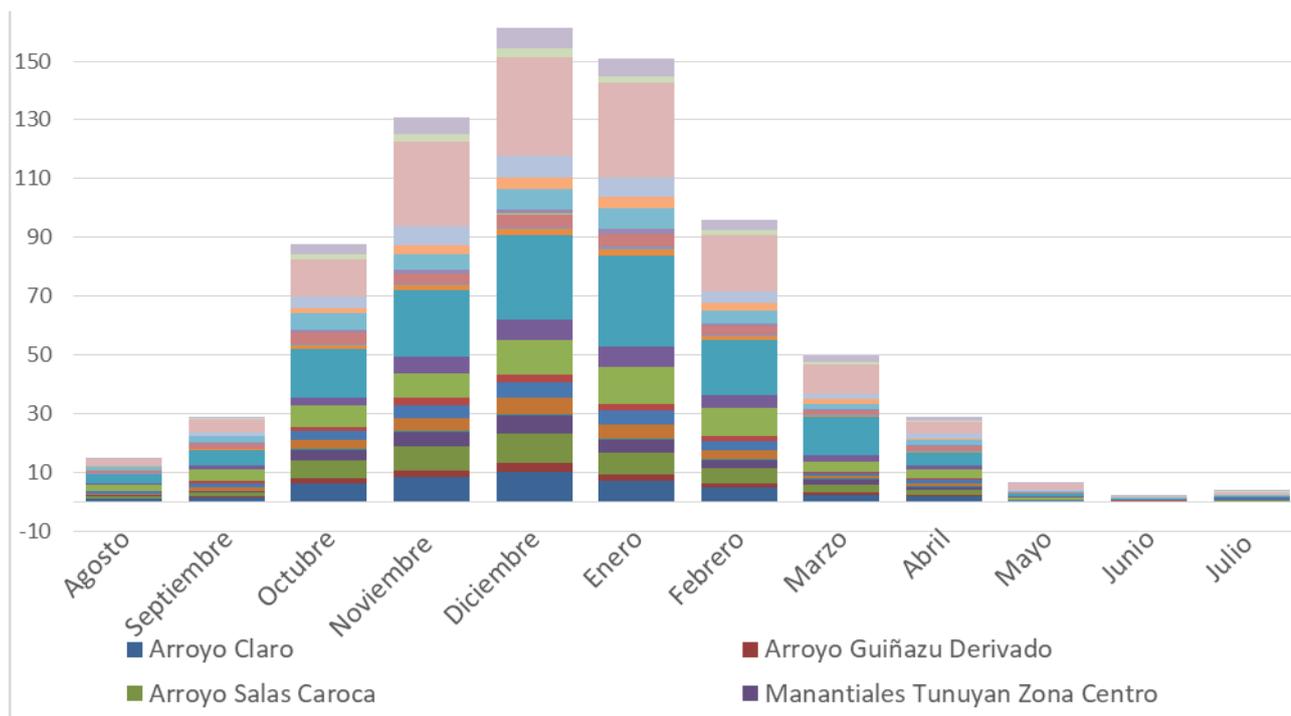
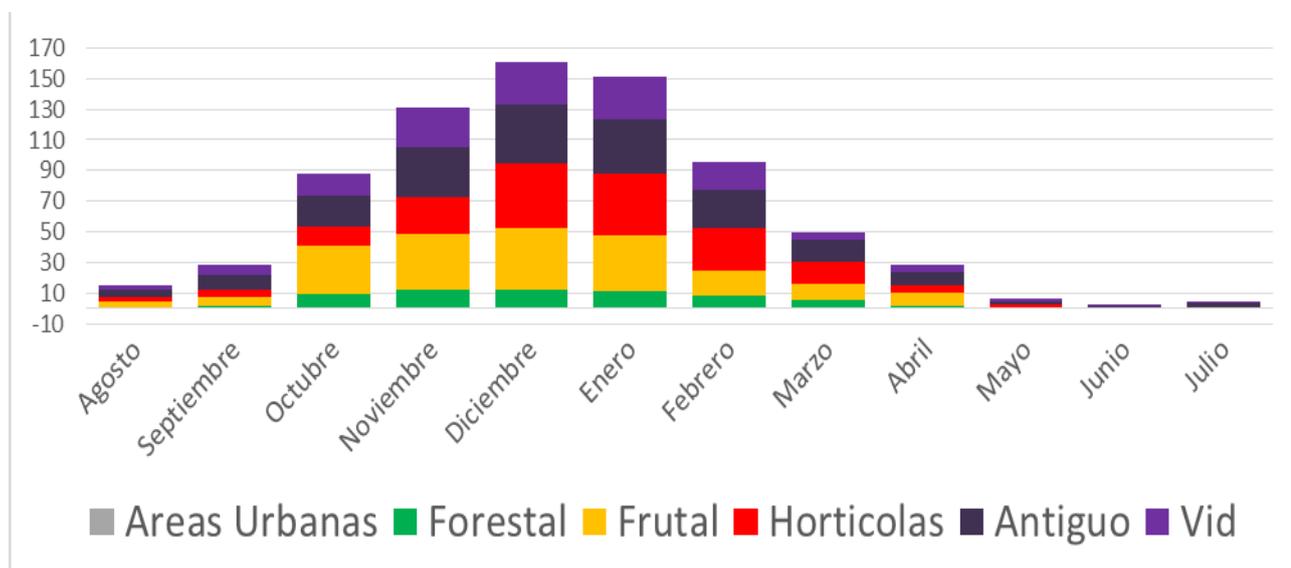


Figura 54. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Medio, por Tipo Uso (hm³)



6.3.2 DEMANDA BRUTA AÑO SECO

340. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 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 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** por tipo de uso.

Figura 55. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, por UAM (hm^3)

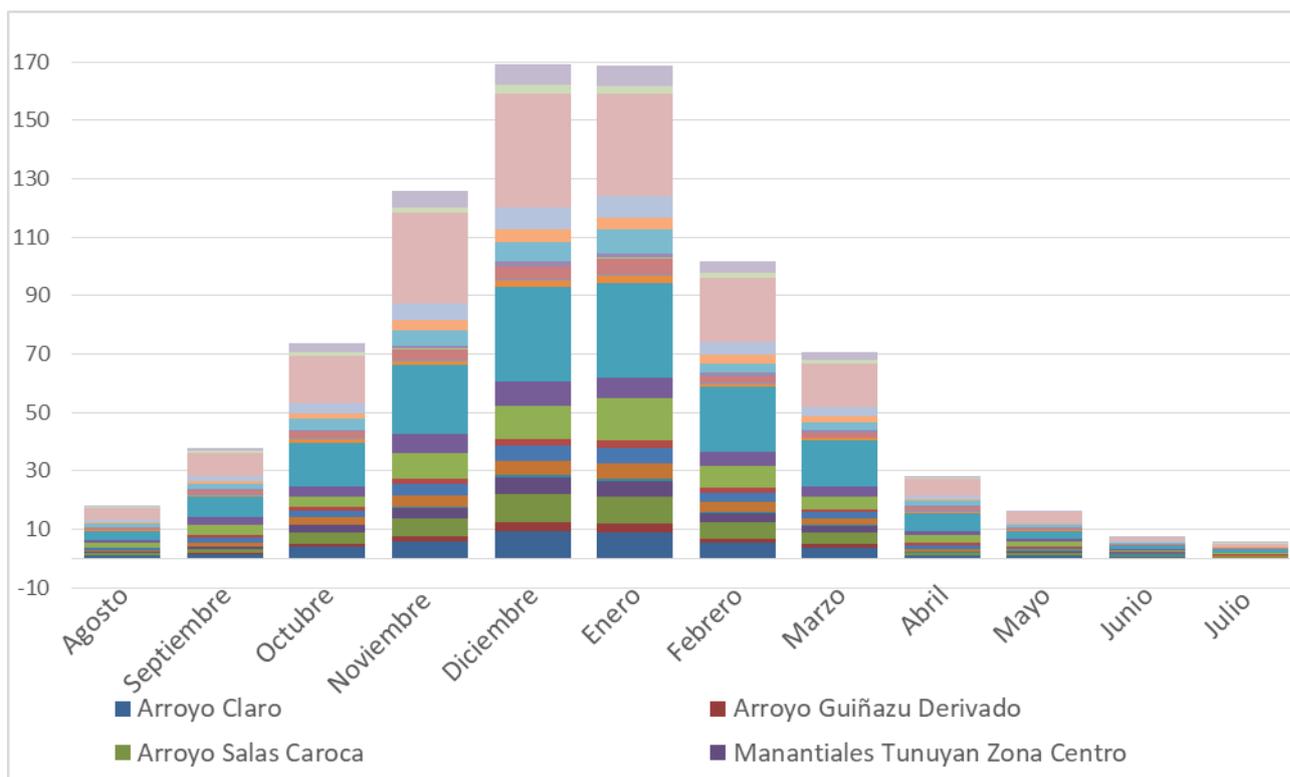
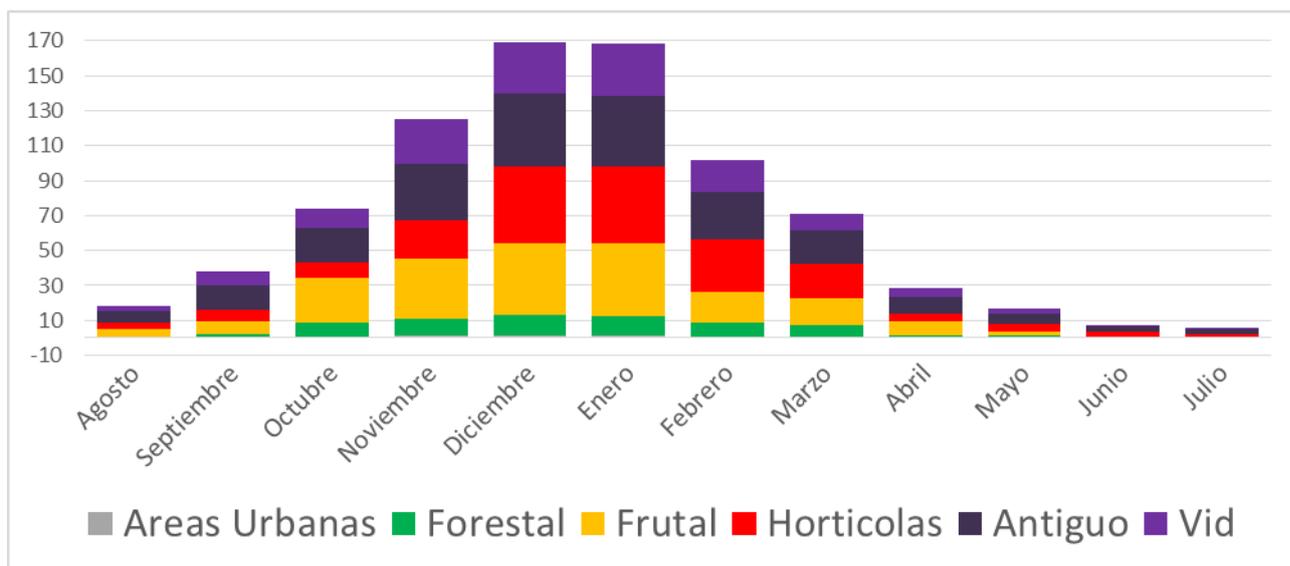


Figura 56. Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, por Tipo Uso (hm^3)



6.4 RESULTADOS DE LA MODELACION

6.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA

341. En las Tabla 34 y la Figura 57, se presentan la insatisfacción de las demandas para años hidrológicos medios. En las Tabla 36 y la Figura 58, se presentan la insatisfacción de las demandas para años hidrológicos secos.

6.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA

6.4.2.1 Cobertura de la demanda - Año Medio

342. En las 0 y Figura 59 se presentan los resultados de la cobertura de la demanda para la un año medio.

6.4.2.2 Cobertura de la demanda - Año Seco

343. En las Tabla 40 y Figura 60 se presentan los resultados de la cobertura de la demanda para la un año seco.

6.4.3 GARANTÍAS

344. Para las UAM que se abastecen del Rio Tunuyán, se presenta una cobertura anual global del 86%, la cual hace pensar que, con una capacidad de regulación suficiente, la cobertura por suma de fallos podría acercarse a este valor, cumpliendo de esta manera los criterios de garantía fijados metodológicamente. Sin embargo, la cobertura por suma de fallos cae al 71% ya que hay meses donde la cobertura cae por debajo del umbral del 75% hasta valores del 53%, sin cumplir una de las condiciones de esta regla.

345. 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 ninguno de los dos años hidrológicos considerados. 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.

Tabla 30 Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Medio, para UAM (hm³)

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Arroyo Claro	2835	0.80	1.38	6.18	8.27	9.95	7.04	4.72	2.52	1.85	0.00	0.06	0.20	42.98
Arroyo Guiñazú Derivado	878	0.25	0.39	1.60	2.30	3.14	2.22	1.50	0.72	0.53	0.00	0.02	0.07	12.75
Arroyo Salas Caroca	2781	0.70	1.21	6.11	8.19	10.27	7.36	5.05	2.78	1.70	0.00	0.05	0.17	43.61
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1580	0.38	0.70	3.85	4.99	5.96	4.29	2.94	1.72	0.99	0.00	0.02	0.08	25.91
Sub Total Maratiales	8074	2.14	3.68	17.74	23.75	29.32	20.91	14.20	7.74	5.07	0.00	0.15	0.52	125.25
Arroyo Canal La Quebrada	182	0.07	0.13	0.29	0.47	0.62	0.56	0.37	0.11	0.11	0.02	0.01	0.02	2.80
Arroyo Grande	993	0.60	1.17	3.13	4.40	5.39	4.79	3.10	1.18	1.12	0.19	0.08	0.17	25.31
Arroyo Villegas	1439	0.64	1.28	2.96	4.34	5.15	4.64	2.96	0.89	1.14	0.22	0.08	0.19	24.49
Estancia Silva	995	0.33	0.74	1.46	2.36	2.69	2.40	1.63	0.37	0.57	0.11	0.04	0.09	12.79
La Carrera	5514	1.95	4.08	7.24	8.25	11.99	12.68	9.59	3.21	3.03	0.74	0.12	0.16	63.04
La Remonta	2600	0.52	1.22	2.81	6.01	6.92	6.66	4.32	2.48	1.13	0.61	0.17	0.36	33.21
Yaucha Aguanda Unificado	7469	2.85	5.18	16.24	22.57	28.62	31.23	18.91	12.92	4.44	0.91	0.39	0.38	144.65
Sub Total Arroyos Nivales	19191	6.95	13.81	34.12	48.39	61.38	62.97	40.89	21.18	11.55	2.80	0.89	1.36	306.30
Arroyo Río La Pampa o Salto	764	0.32	0.51	1.41	1.48	2.05	2.01	1.29	0.61	0.53	0.08	0.03	0.04	10.35
Canal El Peral Unificado	291	0.14	0.20	0.63	0.57	0.71	0.75	0.43	0.21	0.23	0.04	0.00	0.01	3.94
Canal Esquina Unificado	1783	0.93	1.51	3.55	3.41	4.42	4.66	3.04	1.37	1.39	0.30	0.08	0.11	24.78
Hijuela Gualtallary	31	0.02	0.03	0.06	0.06	0.08	0.09	0.06	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.47
Hijuela La Pampa	468	0.20	0.42	0.92	1.38	1.59	1.43	0.93	0.26	0.36	0.07	0.03	0.06	7.64
Matriz Este Unificado	2764	1.34	1.99	5.60	5.25	6.87	7.23	4.40	2.06	2.07	0.38	0.06	0.09	37.33
Sub Total Tupungato	6103	2.96	4.67	12.17	12.15	15.73	16.17	10.15	4.53	4.60	0.87	0.20	0.31	84.51

Tabla 31 Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Medio, para UAM (hm³) – Cont.

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Capacho	908	0.08	0.33	1.81	3.09	4.01	3.72	2.44	1.57	0.41	0.17	0.02	0.07	17.70
Canal Manzano	2315	0.62	1.34	4.15	6.53	7.40	6.41	4.00	1.75	1.48	0.21	0.02	0.23	34.12
Canal matriz Valle De Uco	10061	1.59	4.01	12.57	28.79	33.59	32.33	19.08	9.99	4.05	2.14	0.43	0.84	149.42
Canal Rincón	835	0.21	0.49	1.45	2.38	2.94	2.45	1.69	0.95	0.54	0.06	0.01	0.12	13.28
Canal Vista Flores	2087	0.24	0.63	3.52	5.76	6.79	5.78	3.45	1.91	1.02	0.09	0.01	0.12	29.32
Sub Total Rio Tunuyán VU	16205	2.73	6.80	23.50	46.55	54.73	50.68	30.65	16.16	7.50	2.67	0.49	1.37	243.84
Cuenca Completa	49573	14.79	28.96	87.54	130.84	161.16	150.73	95.90	49.61	28.72	6.34	1.74	3.56	759.89

Tabla 32 Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, para UAM (hm³)

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Arroyo Claro	2835	0.78	1.52	3.91	6.01	9.44	8.98	5.22	3.73	0.75	0.86	0.43	0.18	41.83
Arroyo Guiñazú Derivado	878	0.25	0.43	0.93	1.63	2.98	2.83	1.65	1.10	0.21	0.25	0.14	0.06	12.47
Arroyo Salas Caroca	2781	0.68	1.34	3.91	5.97	9.74	9.29	5.52	3.95	0.68	0.84	0.39	0.14	42.45
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1580	0.37	0.77	2.56	3.69	5.64	5.39	3.20	2.38	0.40	0.49	0.21	0.07	25.16
Sub Total manantiales	8074	2.08	4.07	11.32	17.29	27.79	26.49	15.59	11.16	2.04	2.45	1.18	0.46	121.90
Arroyo Canal La Quebrada	182	0.07	0.15	0.23	0.41	0.59	0.63	0.39	0.25	0.12	0.07	0.04	0.03	2.98
Arroyo Grande	993	0.62	1.32	2.51	3.82	5.18	5.38	3.26	2.32	1.10	0.63	0.35	0.27	26.76
Arroyo Villegas	1439	0.68	1.45	2.37	3.81	4.90	5.19	3.08	2.06	1.25	0.63	0.35	0.30	26.07
Estancia Silva	995	0.33	0.84	1.11	2.05	2.52	2.70	1.69	0.95	0.62	0.33	0.17	0.14	13.46
La Carrera	5514	1.40	3.85	3.70	8.77	11.43	14.39	7.64	4.20	2.68	1.70	0.61	0.43	60.79
La Remonta	2600	1.11	2.25	3.51	6.45	7.98	7.22	4.95	3.55	1.49	0.95	0.50	0.43	40.37
Yaucha Aguanda Unificado	7469	3.16	7.28	14.98	23.56	32.74	32.40	21.97	15.86	6.31	2.61	1.22	1.04	163.15
Sub Total Arroyos Nivales	19191	7.38	17.13	28.41	48.87	65.34	67.91	42.99	29.20	13.57	6.92	3.23	2.64	333.58
Arroyo Rio La Pampa o Salto	764	0.27	0.49	0.91	1.42	1.96	2.28	1.11	0.80	0.43	0.24	0.11	0.08	10.11
Canal El Peral Unificado	291	0.12	0.19	0.42	0.58	0.68	0.85	0.33	0.27	0.21	0.09	0.03	0.02	3.78
Canal Esquina Unificado	1783	0.75	1.44	2.27	3.49	4.23	5.26	2.39	1.76	1.30	0.65	0.30	0.24	24.09
Hijuela Gualtallary	31	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	0.10	0.05	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.47
Hijuela La Pampa	468	0.21	0.48	0.73	1.21	1.51	1.60	0.96	0.62	0.39	0.20	0.11	0.09	8.11
Matriz Este Unificado	2764	1.06	1.87	3.67	5.35	6.58	8.14	3.41	2.64	1.91	0.86	0.32	0.23	36.04
Sub Total Tupungato	6103	2.43	4.50	8.05	12.11	15.05	18.22	8.25	6.13	4.27	2.04	0.88	0.68	82.61

Tabla 33 Demanda Bruta – Máximo Compromiso Año Seco, para UAM (hm³) – Cont.

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Capacho	908	0.29	0.64	1.91	3.09	4.39	4.12	2.72	2.08	0.43	0.35	0.14	0.06	20.23
Canal Manzano	2315	0.93	1.84	3.61	5.92	7.53	7.32	4.35	3.01	1.26	0.73	0.34	0.27	37.13
Canal matriz Valle De Uco	10061	4.00	7.87	16.05	30.90	38.81	34.98	21.90	15.04	5.57	3.17	1.28	0.97	180.54
Canal Rincón	835	0.35	0.70	1.24	2.11	3.03	2.84	1.86	1.29	0.38	0.30	0.15	0.11	14.36
Canal Vista Flores	2087	0.64	1.20	3.22	5.29	7.16	6.66	3.85	2.76	0.78	0.48	0.18	0.08	32.28
Sub Total Rio Tunuyán VU	16205	6.21	12.25	26.02	47.31	60.93	55.91	34.68	24.18	8.42	5.04	2.09	1.49	284.54
Cuenca Completa	49573	18.09	37.95	73.80	125.59	169.11	168.53	101.51	70.66	28.30	16.45	7.37	5.26	822.63

Tabla 34 Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año medio (hm³)

UM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Arroyo Claro	2835	0.00	0.00	-0.79	-2.06	-2.80	-1.99	-0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.12	-8.14
Arroyo Guñazú Derivado	878	0.00	0.00	-0.03	-1.38	-1.96	-2.09	-1.09	-0.25	0.00	0.00	0.00	-0.06	-6.87
Arroyo Salas Caroca	2781	0.00	0.00	0.00	-1.16	-2.71	-2.17	-0.94	-0.19	0.00	0.00	0.00	-0.08	-7.25
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1580	-0.23	-0.42	-2.31	-2.99	-3.67	-2.57	-1.76	-1.03	-0.59	-0.00	-0.01	-0.05	-15.64
Sub Total Manantiales	8074	-0.23	-0.42	-3.13	-7.60	-11.14	-8.83	-4.18	-1.47	-0.59	-0.00	-0.01	-0.31	-37.91
Arroyo Canal La Quebrada	182	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arroyo Grande	993	0.00	0.00	-0.12	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.36
Arroyo Villegas	1439	0.00	0.00	-0.76	-1.41	-2.23	-1.16	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.62
Estancia Silva	995	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.13	-0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.29
La Carrera	5514	-1.20	-3.06	-6.17	-6.60	-9.40	-9.33	-6.75	-1.54	-1.30	0.00	0.00	0.00	-45.35
La Remonta	2600	-0.01	-0.69	-1.87	-4.67	-5.08	-4.57	-2.48	-0.93	-0.27	0.00	0.00	0.00	-20.57
Yaucha Aguanda Unificado	7469	0.00	0.00	-0.85	-4.35	-6.77	-6.61	-1.70	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-20.30
Sub Total Arroyos Nivales	19191	-1.21	-3.75	-9.78	-17.26	-23.61	-21.83	-11.00	-2.47	-1.57	0.00	0.00	-0.02	-92.50
Arroyo Rio La Pampa o Salto	764	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Canal El Peral Unificado	291	0.00	0.00	-0.07	-0.08	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.19
Canal Esquina Unificado	1783	0.00	0.00	-0.39	-0.49	-0.47	-0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.86
Hijuela Gualtallary	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hijuela La Pampa	468	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Matriz Este Unificado	2764	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.20
Sub Total Tupungato	6103	0.00	0.00	-0.46	-0.57	-0.51	-0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.26

Tabla 35 Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año medio (hm³) – Cont.

UM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Capacho	908	0.00	0.00	0.00	-1.08	-1.63	-1.54	-1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	-5.58
Canal Manzano	2315	0.00	0.00	0.00	-1.70	-2.72	-2.70	-1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.22	-9.29
Canal matriz Valle De Uco	10061	0.00	0.00	-0.00	-7.92	-12.91	-13.17	-10.26	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.80	-45.06
Canal Rincón	835	0.00	0.00	0.00	-0.39	-0.98	-1.02	-0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.11	-3.29
Canal Vista Flores	2087	0.00	0.00	0.00	-1.72	-2.62	-2.45	-1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.11	-8.66
Sub Total Río Tunuyán VU	16205	0.00	0.00	-0.00	-12.81	-20.86	-20.88	-16.02	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-1.30	-71.88
Cuenca Completa	49573	-1.44	-4.17	-13.37	-38.24	-56.12	-52.25	-31.20	-3.95	-2.17	-0.00	-0.01	-1.63	-204.54

Figura 57. Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año medio (hm³)

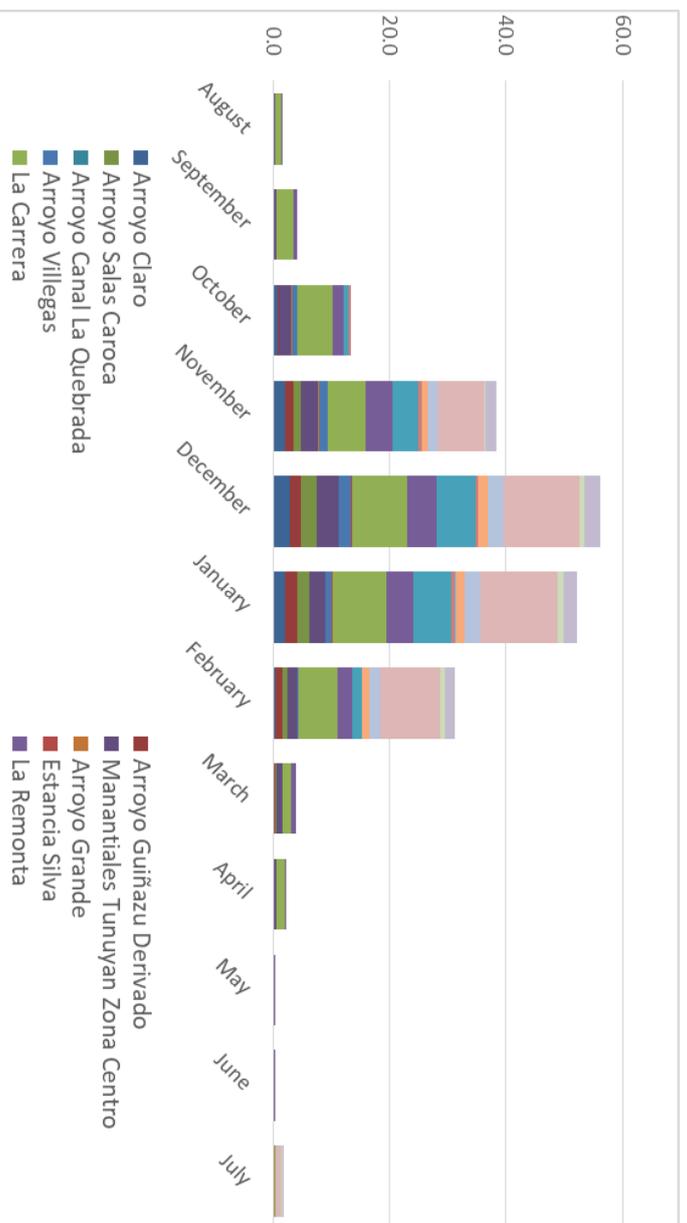


Tabla 36 Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año seco (hm³)

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Arroyo Claro	2835	-0.01	0.00	-0.26	-1.11	-2.76	-2.90	-1.50	-0.48	0.00	0.00	0.00	-0.02	-9.03
Arroyo Guiñazú Derivado	878	-0.00	0.00	-0.25	-0.90	-2.58	-2.52	-1.57	-0.75	-0.13	-0.03	-0.02	-0.01	-8.77
Arroyo Salas Caroca	2781	-0.01	0.00	-0.01	-0.97	-3.09	-3.10	-2.59	-0.75	0.00	0.00	0.00	-0.01	-10.53
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1580	-0.22	-0.46	-1.53	-2.21	-3.39	-3.23	-1.92	-1.43	-0.24	-0.29	-0.13	-0.04	-15.11
Sub Total Manantiales	8074	-0.24	-0.46	-2.05	-5.20	-11.83	-11.75	-7.58	-3.40	-0.37	-0.32	-0.15	-0.08	-43.44
Arroyo Canal La Quebrada	182	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arroyo Grande	993	0.00	0.00	-0.03	-0.34	-0.59	-0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.14
Arroyo Villegas	1439	0.00	-0.28	-0.43	-0.90	-1.82	-2.42	-0.77	-0.26	-0.08	0.00	0.00	0.00	-6.96
Estancia Silva	995	0.00	-0.01	0.00	-0.08	-0.35	-0.46	-0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.03
La Carrera	5514	-0.69	-3.11	-2.98	-7.59	-9.45	-11.96	-5.91	-2.97	-1.89	-0.91	-0.13	-0.04	-47.63
La Remonta	2600	-0.55	-1.68	-2.74	-5.27	-6.14	-5.19	-3.07	-2.09	-0.60	-0.32	-0.10	-0.09	-27.86
Yaucha Aguanda Unificado	7469	-0.07	0.00	-0.70	-6.64	-11.03	-11.14	-12.35	-2.38	-0.00	0.00	0.00	-0.02	-44.33
Sub Total Arroyos Nivales	19191	-1.31	-5.09	-6.89	-20.82	-29.39	-31.35	-22.24	-7.70	-2.56	-1.23	-0.22	-0.15	-128.95
Arroyo Rio La Pampa o Salto	764	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03
Canal El Peral Unificado	291	0.00	0.00	-0.02	-0.06	-0.04	-0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.20
Canal Esquina Unificado	1783	0.00	0.00	-0.12	-0.66	-0.74	-1.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.57
Hijuela Gualtallary	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hijuela La Pampa	468	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02
Matriz Este Unificado	2764	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.25

Tabla 37 Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año seco (hm³) – Cont.

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Sub Total Tupungato	6103	0.00	0.00	-0.15	-0.72	-0.79	-1.38	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.08
Canal Capacho	908	-0.01	0.00	-0.11	-1.18	-2.35	-2.57	-2.10	-0.82	0.00	0.00	-0.03	-0.04	-9.21
Canal Manzano	2315	-0.02	0.00	-0.11	-1.92	-3.88	-3.42	-3.20	-0.91	0.00	0.00	-0.09	-0.20	-13.74
Canal matriz Valle De Uco	10061	-0.13	0.00	-0.55	-11.29	-20.28	-21.84	-16.46	-6.20	0.00	0.00	-0.31	-0.95	-78.00
Canal Rincón	835	-0.01	0.00	-0.04	-0.70	-1.51	-1.77	-0.88	-0.44	0.00	0.00	-0.03	-0.08	-5.45
Canal Vista Flores	2087	-0.02	0.00	-0.12	-1.78	-2.93	-3.19	-2.81	-1.14	0.00	0.00	-0.05	-0.07	-12.11
Sub Total Río Tunuyán VU	16205	-0.18	0.00	-0.92	-16.86	-30.95	-32.79	-25.46	-9.52	0.00	0.00	-0.50	-1.34	-118.51
Cuenca Completa	49573	-1.73	-5.55	-10.00	-43.59	-72.95	-77.27	-55.28	-20.67	-2.94	-1.55	-0.87	-1.58	-293.97

Figura 58. Insatisfacción de la Demanda – Máximo Compromiso – Año seco (hm³)

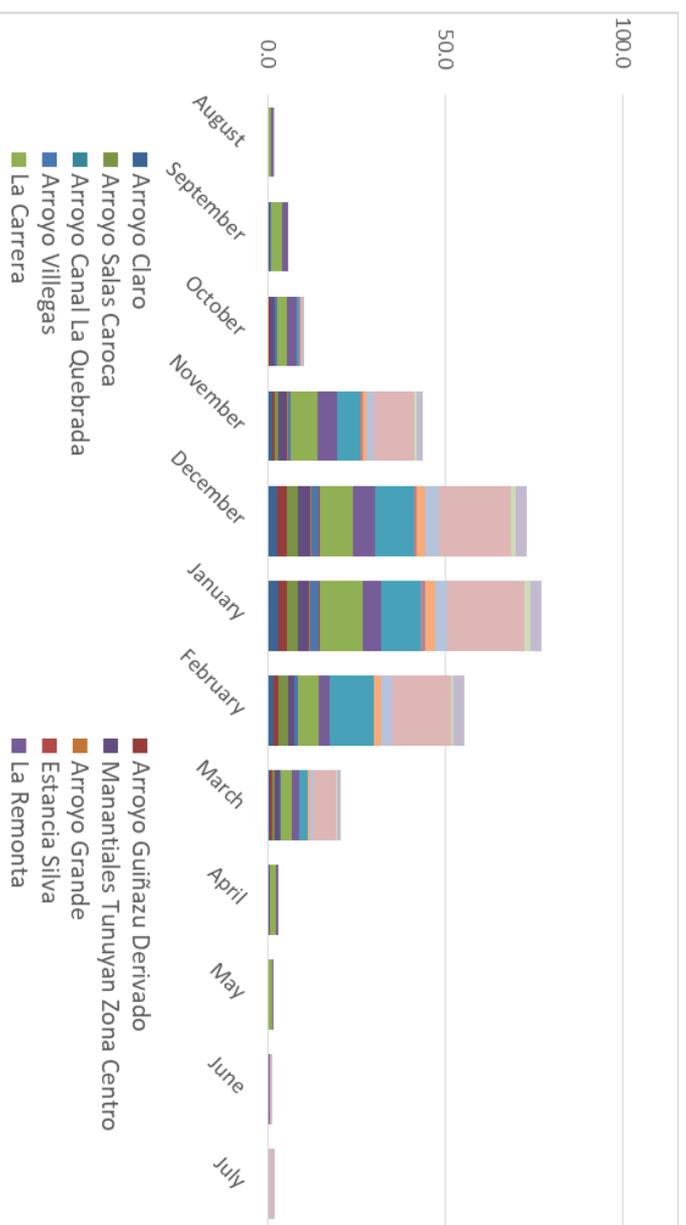


Tabla 38 Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Medio (hm³)

UAM	Sup. Cult.	Demanda Bruta	Oferta Distribuïda	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Arroyo Claro	2835	42.98	24.40	-8.14	81.1%	-18.58	57%
Arroyo Guïñazú Derivado	878	12.75	5.85	-6.87	46.1%	-6.90	46%
Arroyo Salas Caroca	2781	43.61	21.36	-7.25	83.4%	-22.25	49%
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1580	25.91	10.27	-15.64	39.6%	-15.64	40%
Sub Total Manantiales	8074	125.25	61.88	-37.91	69.7%	-63.37	49%
Arroyo Canal La Quebrada	182	2.80	5.20	0.00	100.0%	2.40	100%
Arroyo Grande	993	25.31	46.99	-0.36	98.6%	21.68	100%
Arroyo Villegas	1439	24.49	35.37	-5.62	77.0%	10.88	100%
Estancia Silva	995	12.79	23.97	-0.29	97.7%	11.18	100%
La Carrera	5514	63.04	21.35	-45.35	28.1%	-41.69	34%
La Remonta	2600	33.21	15.21	-20.57	38.1%	-18.00	46%
Yaucha Aguanda Unificado	7469	144.65	116.40	-20.30	86.0%	-28.25	80%
Sub Total Arroyos Nivales	19191	306.30	264.50	-92.50	69.8%	-41.80	71%
Arroyo Río La Pampa o Salto	764	10.35	35.29	0.00	100.0%	24.93	100%
Canal El Peral Unificado	291	3.94	10.92	-0.19	95.1%	6.99	100%
Canal Esquina Unificado	1783	24.78	18.77	-1.86	92.5%	-6.01	76%
Hijuela Gualtallary	31	0.47	0.35	0.00	100.0%	-0.11	76%
Hijuela La Pampa	468	7.64	5.79	0.00	100.0%	-1.85	76%
Matriz Este Unificado	2764	37.33	66.67	-0.20	99.5%	29.35	100%
Sub Total Tupungato	6103	84.51	137.80	-2.26	97.3%	53.29	91%

Tabla 39 Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Medio (hm³) – Cont.

UAM	Sup. Cult.	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Canal Capacho	908	17.70	15.17	-5.58	68.5%	-2.53	86%
Canal Manzano	2315	34.12	29.25	-9.29	72.8%	-4.87	86%
Canal matriz Valle De Uco	10061	149.42	128.09	-45.06	69.8%	-21.33	86%
Canal Rincón	835	13.28	11.38	-3.29	75.2%	-1.90	86%
Canal Vista Flores	2087	29.32	25.13	-8.66	70.5%	-4.19	86%
Sub Total Río Tunuyán VU	16205	243.84	209.03	-71.88	70.5%	-34.81	86%
Cuenca Completa	49573	759.89	673.20	-204.54	73.1%	-86.69	89%

Figura 59. Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Medio (hm³)

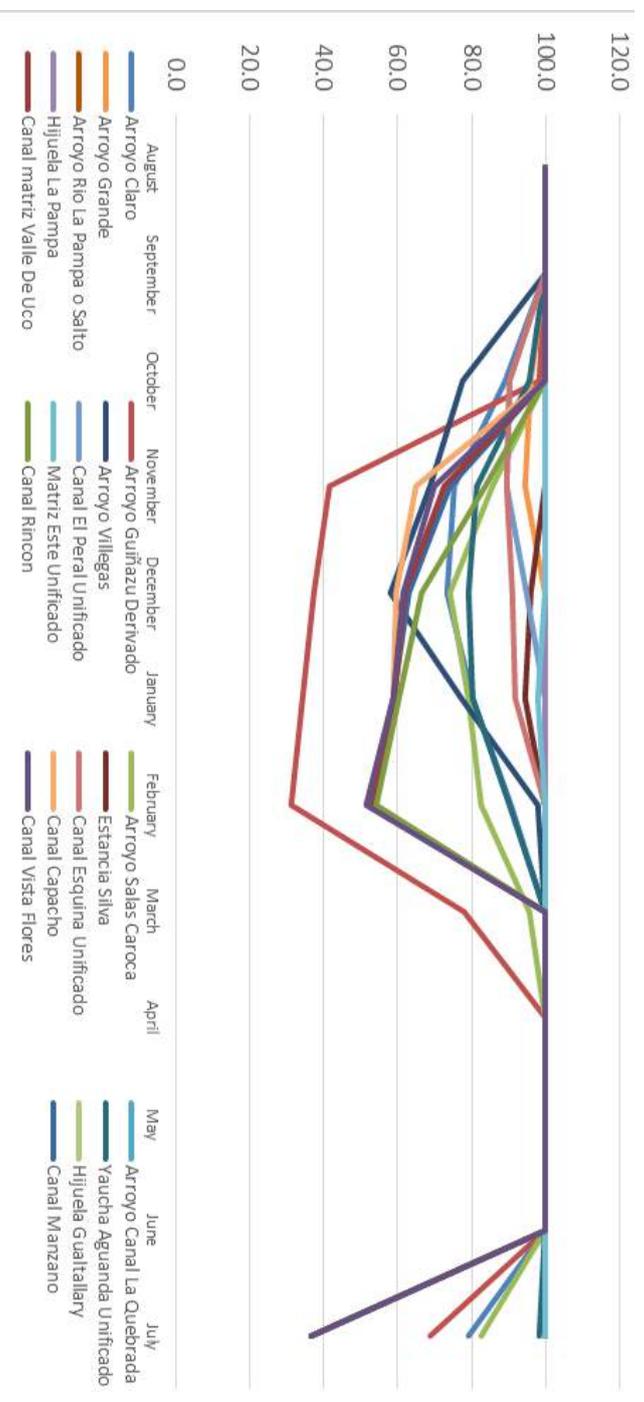


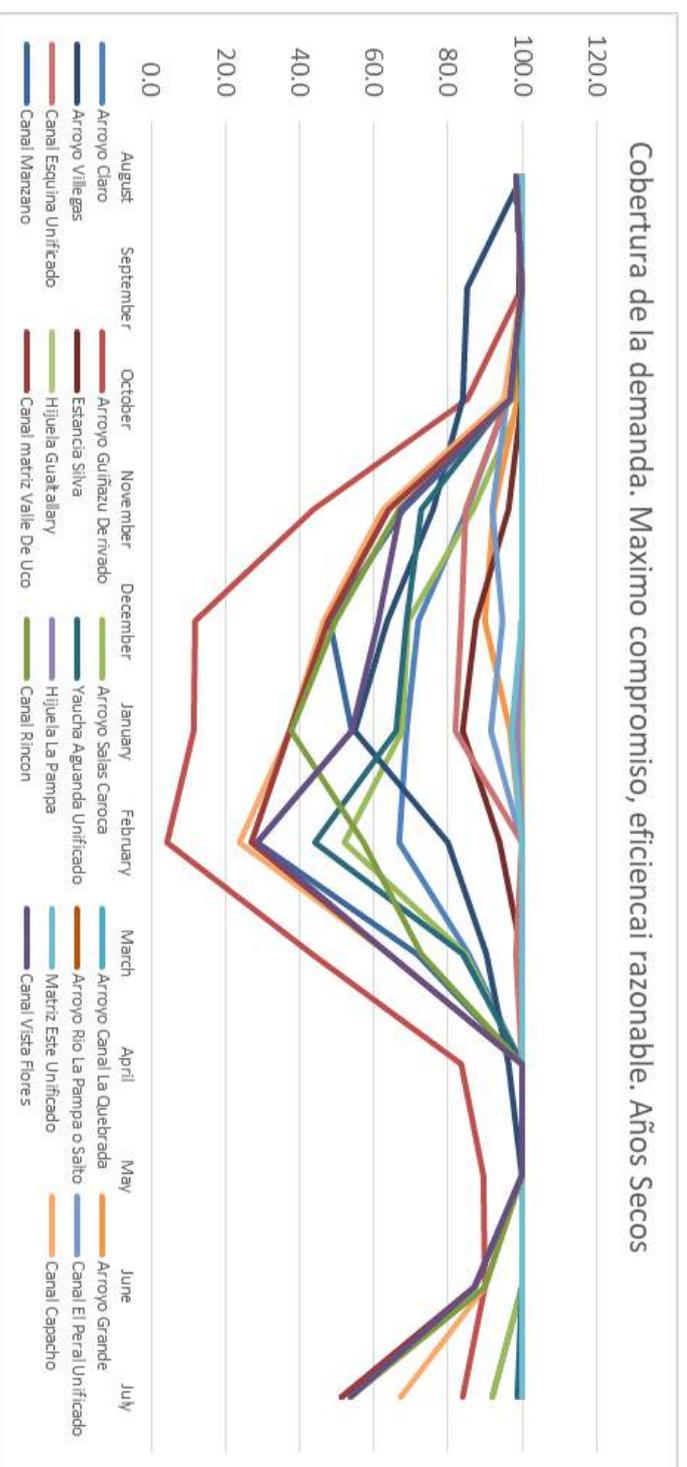
Tabla 40 Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Seco (hm³)

UAM	Sup. Cult.	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Arroyo Claro	2835	41.83	21.80	-9.03	78.4%	-20.03	52%
Arroyo Guíñazú Derivado	878	12.47	3.66	-8.77	29.6%	-8.81	29%
Arroyo Salas Caroca	2781	42.45	17.32	-10.53	75.2%	-25.12	41%
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1580	25.16	10.06	-15.11	40.0%	-15.11	40%
Sub Total Manantiales	8074	121.90	52.84	-43.44	64.4%	-69.06	43%
Arroyo Canal La Quebrada	182	2.98	4.10	0.00	100.0%	1.13	100%
Arroyo Grande	993	26.76	36.89	-1.14	95.7%	10.13	100%
Arroyo Villegas	1439	26.07	31.55	-6.96	73.3%	5.48	100%
Estancia Silva	995	13.46	22.11	-1.03	92.4%	8.65	100%
La Carrera	5514	60.79	15.43	-47.63	21.6%	-45.36	25%
La Remonta	2600	40.37	14.37	-27.86	31.0%	-26.00	36%
Yaucha Aguanda Unificado	7469	163.15	99.85	-44.33	72.8%	-63.31	61%
Sub Total Arroyos Nivales	19191	333.58	224.30	-128.95	61.3%	-109.28	60%
Arroyo Rio La Pampa o Salto	764	10.11	37.00	-0.03	99.7%	26.88	100%
Canal El Peral Unificado	291	3.78	10.71	-0.20	94.8%	6.93	100%
Canal Esquina Unificado	1783	24.09	17.68	-2.57	89.3%	-6.41	73%
Hijuela Gualtallary	31	0.47	0.34	0.00	100.0%	-0.12	73%
Hijuela La Pampa	468	8.11	5.95	-0.02	99.7%	-2.16	73%
Matriz Este Unificado	2764	36.04	65.19	-0.25	99.3%	29.14	100%
Sub Total Tupungato	6103	82.61	136.87	-3.08	96.3%	54.26	89%

Tabla 41 Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Seco (hm³) – Cont.

UAM	Sup. Cult.	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Canal Capacho	908	20.23	13.08	-9.21	54.5%	-5.98	65%
Canal Manzano	2315	37.13	24.00	-13.74	63.0%	-10.97	65%
Canal matriz Valle De Uco	10061	180.54	116.71	-78.00	56.8%	-53.33	65%
Canal Rincón	835	14.36	9.28	-5.45	62.0%	-4.24	65%
Canal Vista Flores	2087	32.28	20.87	-12.11	62.5%	-9.54	65%
Sub Total Rio Tunuyán VU	16205	284.54	183.94	-118.51	58.4%	-84.05	65%
Cuenca Completa	49573	822.63	597.96	-293.97	64.3%	-208.13	75%

Figura 60. Cobertura de la Demanda – Máximo Compromiso – Año Seco (hm³)



7 ESCENARIO PROSPECTIVO –COEF. ENTREGA 1.0

7.1 INTRODUCCIÓN

346. En este escenario se plantea elevar el coeficiente de entrega, es decir, eliminar la reducción de 1,0 a 0,8 que hoy existe para varios derechos y permisos, y equiparlos todos a 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 entrega. Los escenarios se analizan bajo dos situaciones, bajo año hidrológico medio y año hidrológico seco. En ambos casos se calcula la demanda con la eficiencia de aplicación razonable, o sea, la eficiencia pasa de un 43%, para la situación actual, a un 55% considerando un valor de eficiencia razonable.

7.2 OFERTA

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

7.3 DEMANDA

348. Las demandas utilizadas en este escenario corresponden a:

- ✓ 45.369 ha cultivadas, es decir, un aumento del 6,4 % de las 42.480 ha cultivadas actuales.
- ✓ Las parcelas que reciben dotación de riego desde el Rio Tunuyán.
- ✓ Las parcelas que reciben dotación de riego desde los manantiales.
- ✓ Las parcelas que reciben dotación de riego desde los arroyos de régimen nival.
- ✓ Los volúmenes entregados para abastecimiento poblacional
- ✓ La eficiencia de aplicación es la razonable: 55%.
- ✓ 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.

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

350. Obsérvese que la demanda total para las unidades de manejo en la situación actual es de: 744 hm³/año, en el escenario de Eventuales al 100% este valor, con eficiencia actual, se eleva a 794 hm³/año. Al simular este escenario de aumento del coeficiente de entrega y con eficiencia razonable, el valor de demanda total pasa a 597 hm³/año.

7.3.1 DEMANDA BRUTA AÑO MEDIO

351. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 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 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** por tipo de uso.

Figura 61. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Medio, por UAM (hm³)

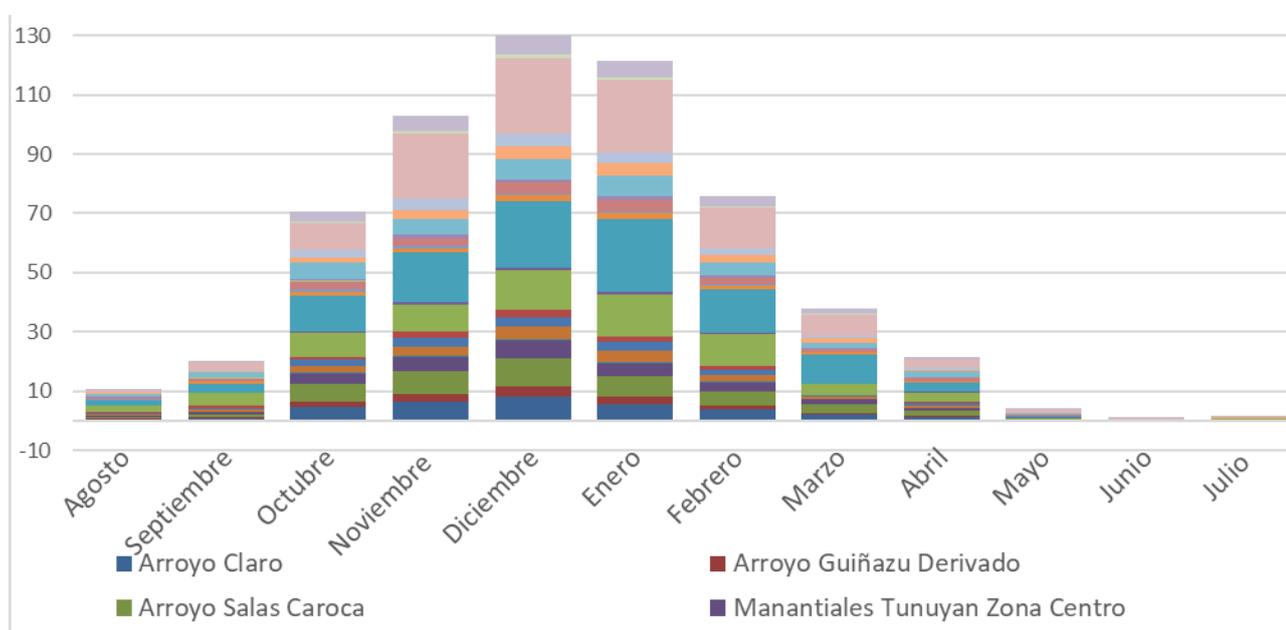
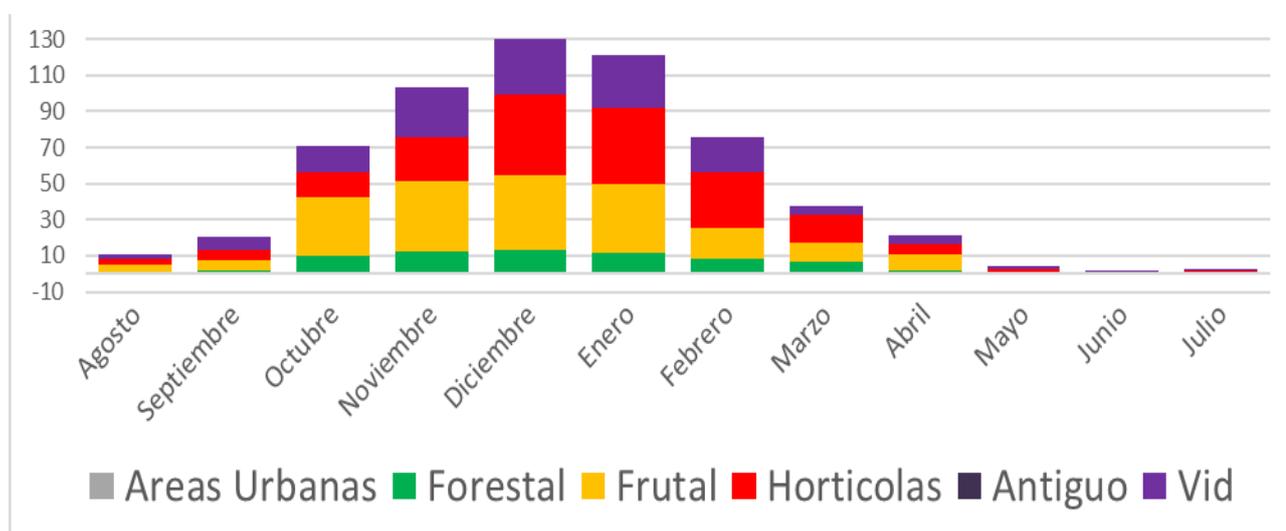


Figura 62. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Medio, por Tipo Uso (hm³)



7.3.2 DEMANDA BRUTA AÑO SECO

352. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 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 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** por tipo de uso.

Figura 63. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Seco, por UAM (hm^3)

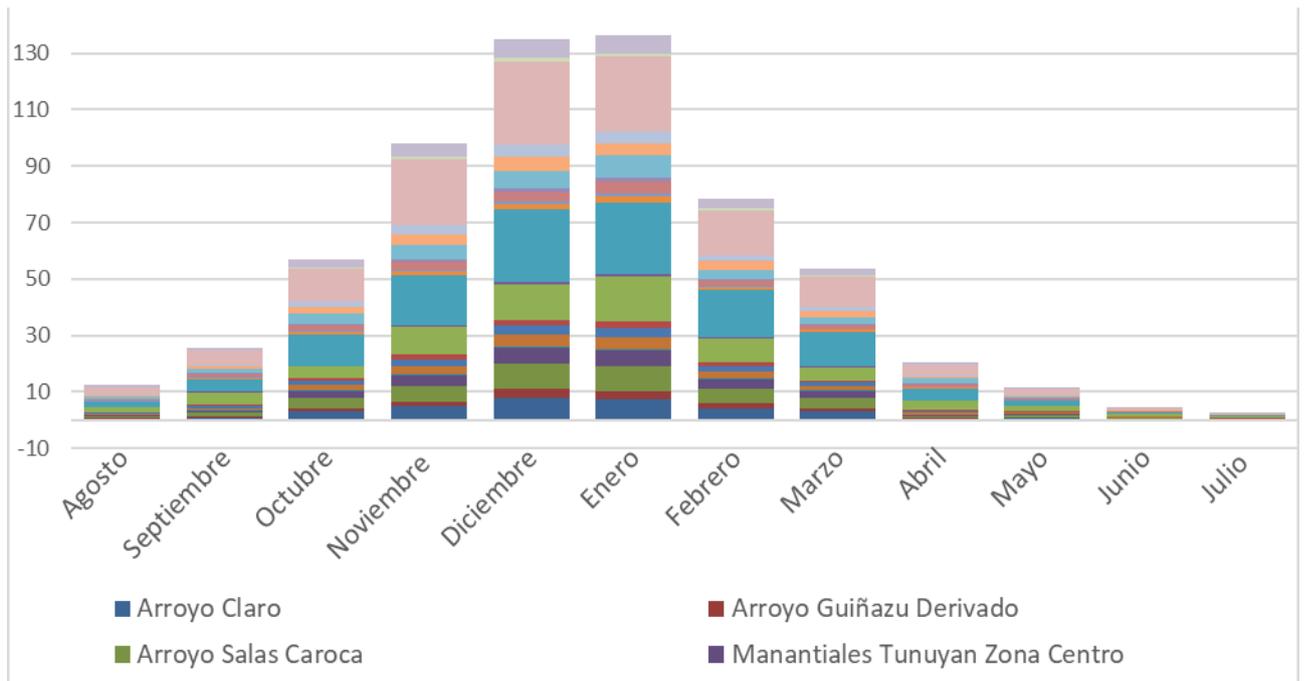
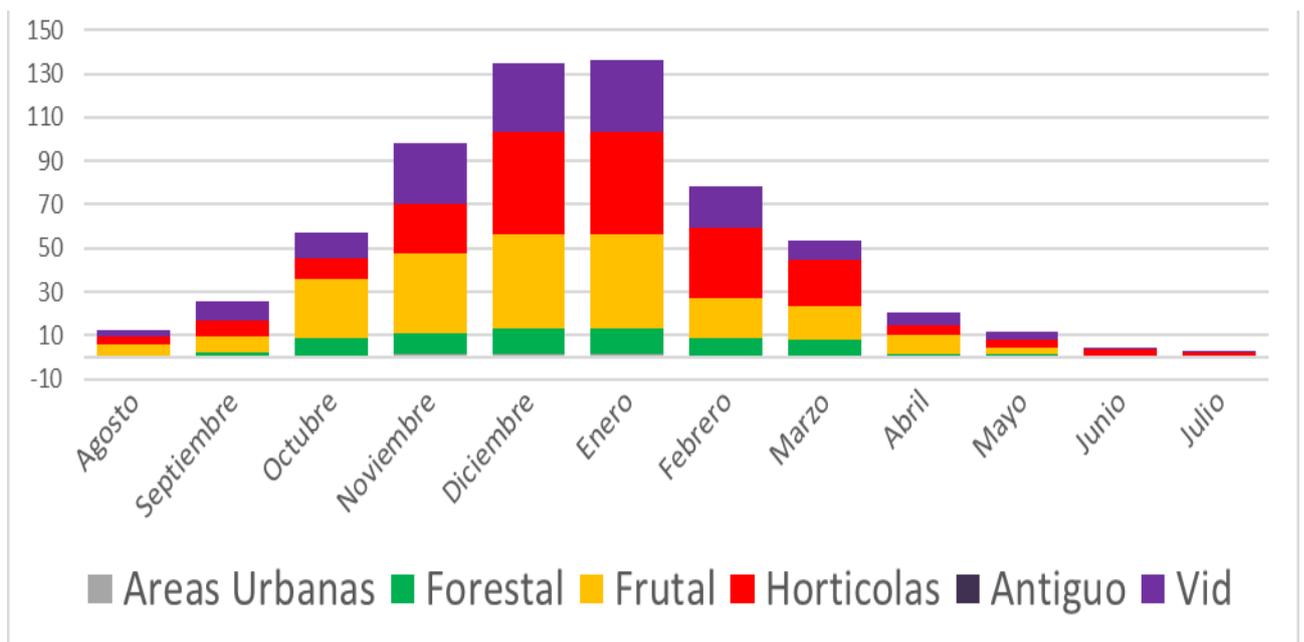


Figura 64. Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Seco, por Tipo Uso (hm^3)



7.4 RESULTADOS DE LA MODELACION

7.4.1 INSATISFACCIÓN DE LA DEMANDA

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

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

7.4.2 COBERTURA DE LA DEMANDA

7.4.2.1 Cobertura de la demanda - Año Medio

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

7.4.2.2 Cobertura de la demanda - Año Seco

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

7.4.3 GARANTÍAS

357. Para las UAM que se abastece del Río Tunuyán, se presenta una cobertura anual global en años medios del 100%, con una cobertura por suma de fallos de 82%. Sin embargo, en los meses de enero y febrero, las coberturas mensuales caen por debajo del 70 % lo que hace que no se cumpla con la regla de garantías. En años secos, con mayor razón, no se cumple la regla ya que la cobertura por suma de fallos se sitúa en el 66 %. Todo esto calculado con la eficiencia razonable.

358. Al igual que la situación actual, no cumple 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%, no se cumple con la condición de garantía del sistema de riego, para ninguno de los dos años hidrológicos considerados. 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.

Tabla 42 Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Medio, para UAM (hm³)

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Arroyo Claro	2237	0.55	0.89	4.93	6.55	8.07	5.77	3.74	2.04	1.34	0.00	0.03	0.11	34.03
Arroyo Guiñazú Derivado	948	0.24	0.34	1.63	2.36	3.36	2.39	1.58	0.76	0.52	0.00	0.02	0.06	13.26
Arroyo Salas Caroca	2609	0.63	1.06	5.75	7.68	9.73	7.00	4.77	2.65	1.54	0.00	0.04	0.14	40.98
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1505	0.36	0.65	3.77	4.87	5.84	4.22	2.87	1.70	0.95	0.00	0.02	0.07	25.33
Sub Total Maratiales	7298	1.78	2.95	16.08	21.47	27.00	19.37	12.96	7.15	4.36	0.00	0.10	0.38	113.60
Arroyo Canal La Quebrada	191	0.06	0.11	0.26	0.43	0.58	0.53	0.35	0.10	0.10	0.02	0.01	0.01	2.56
Arroyo Grande	1211	0.39	0.71	2.33	3.26	4.08	3.64	2.26	0.87	0.75	0.09	0.03	0.07	18.48
Arroyo Villegas	1210	0.37	0.68	1.91	2.83	3.40	3.06	1.83	0.50	0.66	0.08	0.02	0.05	15.40
Estancia Silva	1200	0.24	0.54	1.15	1.97	2.23	1.97	1.31	0.21	0.41	0.05	0.01	0.03	10.11
La Carrera	5131	2.17	4.56	8.09	9.21	13.38	14.16	10.71	3.58	3.39	0.83	0.13	0.18	70.38
La Remonta	2319	0.02	0.10	0.26	0.81	0.86	0.82	0.49	0.17	0.08	0.05	0.01	0.01	3.67
Yaucha Aguanda Unificado	6044	1.70	3.04	12.00	16.73	22.33	24.31	14.39	9.85	3.01	0.62	0.21	0.18	108.37
Sub Total Arroyos Nivales	17307	4.94	9.74	26.00	35.24	46.87	48.48	31.34	15.28	8.41	1.74	0.41	0.52	228.97
Arroyo Rio La Pampa o Salto	844	0.33	0.50	1.50	1.58	2.21	2.16	1.36	0.63	0.55	0.07	0.02	0.03	10.93
Canal El Peral Unificado	336	0.13	0.18	0.60	0.54	0.67	0.71	0.40	0.19	0.21	0.03	0.00	0.00	3.68
Canal Esquina Unificado	1659	0.68	1.06	2.96	2.82	3.63	3.83	2.34	1.01	1.08	0.18	0.02	0.02	19.62
Hijuela Gualtallary	17	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.17
Hijuela La Pampa	494	0.13	0.25	0.67	1.03	1.18	1.06	0.64	0.15	0.23	0.03	0.00	0.02	5.39
Matriz Este Unificado	2823	1.26	1.84	5.50	5.12	6.70	7.05	4.19	1.95	1.98	0.33	0.04	0.05	36.01
Sub Total Tupungato	6172	2.53	3.84	11.25	11.11	14.43	14.85	8.96	3.94	4.05	0.64	0.08	0.12	75.79

Tabla 43 Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Medio, para UAM (hm³) – Cont.

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Capacho	639	0.08	0.35	2.00	3.42	4.45	4.12	2.70	1.74	0.45	0.18	0.02	0.07	19.59
Canal Manzano	1752	0.25	0.50	2.43	3.84	4.29	3.70	2.07	0.80	0.74	0.04	0.00	0.05	18.70
Canal matriz Valle De Uco	8167	0.86	2.38	9.01	21.66	25.30	24.32	13.74	6.69	2.55	1.33	0.19	0.31	108.35
Canal Rincón	486	0.04	0.09	0.54	0.92	1.28	1.08	0.71	0.38	0.16	0.01	0.00	0.03	5.25
Canal Vista Flores	1954	0.19	0.50	3.26	5.33	6.30	5.37	3.13	1.73	0.90	0.07	0.00	0.08	26.85
Sub Total Río Tunuyán VU	12999	1.42	3.83	17.24	35.17	41.63	38.60	22.36	11.34	4.80	1.62	0.22	0.53	178.74
Cuenca Completa	43776	10.67	20.35	70.57	102.99	129.93	121.30	75.62	37.71	21.61	4.00	0.81	1.55	597.11

Tabla 44 Demanda Bruta – Derechos al 100% Año Seco, para UAM (hm³)

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Arroyo Claro	2237	0.53	0.99	3.16	4.77	7.65	7.29	4.15	2.99	0.53	0.61	0.26	0.09	33.02
Arroyo Guíñazú Derivado	948	0.23	0.38	0.94	1.66	3.18	3.03	1.74	1.15	0.20	0.24	0.13	0.05	12.95
Arroyo Salas Caroca	2609	0.60	1.17	3.69	5.61	9.22	8.80	5.21	3.73	0.61	0.76	0.34	0.11	39.86
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1505	0.34	0.72	2.51	3.61	5.54	5.29	3.14	2.34	0.38	0.47	0.19	0.06	24.58
Sub Total Manantiales	7298	1.71	3.27	10.30	15.65	25.59	24.41	14.24	10.21	1.72	2.08	0.92	0.31	110.42
Arroyo Canal La Quebrada	191	0.06	0.13	0.20	0.37	0.56	0.59	0.37	0.22	0.10	0.06	0.03	0.02	2.71
Arroyo Grande	1211	0.38	0.79	1.88	2.84	3.93	4.08	2.37	1.70	0.72	0.40	0.17	0.11	19.37
Arroyo Villegas	1210	0.36	0.76	1.52	2.48	3.23	3.42	1.90	1.22	0.72	0.32	0.12	0.08	16.14
Estancia Silva	1200	0.21	0.61	0.84	1.70	2.07	2.22	1.35	0.66	0.44	0.22	0.07	0.04	10.42
La Carrera	5131	1.57	4.29	4.14	9.79	12.76	16.06	8.53	4.69	2.99	1.90	0.68	0.48	67.86
La Remonta	2319	0.08	0.21	0.36	0.87	1.00	0.88	0.57	0.31	0.12	0.07	0.01	0.01	4.48
Yaucha Aguanda Unificado	6044	1.96	4.47	11.06	17.47	25.52	25.27	16.71	12.08	4.23	1.68	0.68	0.50	121.63
Sub Total Arroyos Nivales	17307	4.61	11.25	19.99	35.52	49.07	52.52	31.79	20.88	9.32	4.65	1.77	1.24	242.60
Arroyo Rio La Pampa o Salto	844	0.27	0.48	0.97	1.51	2.11	2.46	1.16	0.84	0.44	0.23	0.10	0.06	10.64
Canal El Peral Unificado	336	0.11	0.17	0.40	0.55	0.64	0.80	0.30	0.25	0.19	0.08	0.02	0.01	3.52
Canal Esquina Unificado	1659	0.53	0.98	1.89	2.89	3.47	4.32	1.79	1.31	0.99	0.43	0.12	0.08	18.82
Hijuela Gualtallary	17	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.16
Hijuela La Pampa	494	0.12	0.29	0.52	0.90	1.11	1.19	0.66	0.39	0.25	0.11	0.04	0.02	5.61
Matriz Este Unificado	2823	1.00	1.70	3.61	5.22	6.42	7.94	3.22	2.51	1.83	0.78	0.24	0.16	34.64
Sub Total Tupungato	6172	2.03	3.63	7.42	11.09	13.80	16.74	7.15	5.33	3.71	1.64	0.52	0.34	73.40

Tabla 45 Demanda Bruta - Derechos al 100% Año Seco, para UAM (hm³) - Cont.

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Capacho	639	0.32	0.69	2.11	3.42	4.87	4.57	3.02	2.31	0.47	0.39	0.15	0.06	22.38
Canal Manzano	1752	0.42	0.78	2.11	3.47	4.37	4.24	2.26	1.53	0.60	0.28	0.09	0.02	20.17
Canal matriz Valle De Uco	8167	2.53	4.93	11.66	23.26	29.27	26.29	15.80	10.46	3.61	1.89	0.55	0.34	130.59
Canal Rincón	486	0.10	0.19	0.45	0.82	1.32	1.24	0.77	0.52	0.11	0.09	0.04	0.02	5.67
Canal Vista Flores	1954	0.56	1.01	2.98	4.90	6.65	6.18	3.50	2.51	0.68	0.40	0.14	0.04	29.56
Sub Total Río Tunuyán VU	12999	3.92	7.61	19.31	35.87	46.48	42.52	25.36	17.34	5.47	3.05	0.97	0.48	208.37
Cuenca Completa	43776	12.28	25.75	57.02	98.13	134.94	136.20	78.54	53.76	20.22	11.42	4.17	2.37	634.80

Tabla 46 Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100%– Año medio (hm³)

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Arroyo Claro	2237	0.00	0.00	-0.12	-0.85	-1.47	-1.11	-0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	-3.76
Arroyo Guñazú Derivado	948	0.00	0.00	-0.04	-1.41	-2.10	-2.10	-0.97	-0.12	0.00	0.00	0.00	-0.05	-6.78
Arroyo Salas Caroca	2609	0.00	0.00	0.00	-0.93	-2.35	-2.13	-0.83	-0.20	0.00	0.00	0.00	-0.06	-6.50
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1505	-0.22	-0.39	-2.26	-2.92	-3.58	-2.53	-1.72	-1.02	-0.57	-0.00	-0.01	-0.04	-15.27
Sub Total Manantiales	7298	-0.22	-0.39	-2.42	-6.12	-9.49	-7.87	-3.67	-1.34	-0.57	-0.00	-0.01	-0.21	-32.31
Arroyo Canal La Quebrada	191	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arroyo Grande	1211	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
Arroyo Villegas	1210	0.00	0.00	-0.00	-0.26	-0.52	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.82
Estancia Silva	1200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La Carrera	5131	-1.42	-3.54	-7.02	-7.54	-10.80	-10.80	-7.87	-1.81	-1.65	-0.05	0.00	0.00	-52.49
La Remonta	2319	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Yaucha Aguanda Unificado	6044	0.00	0.00	0.00	-0.33	-0.71	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.04
Sub Total Arroyos Nivales	17307	-1.42	-3.54	-7.02	-8.13	-12.03	-10.84	-7.87	-1.81	-1.65	-0.05	0.00	-0.00	-54.35
Arroyo Rio La Pampa o Salto	844	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Canal El Peral Unificado	336	0.00	0.00	-0.05	-0.06	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.17
Canal Esquina Unificado	1659	0.00	0.00	-0.25	-0.30	-0.16	-0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.04
Hijuela Gualtallary	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hijuela La Pampa	494	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Matriz Este Unificado	2823	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub Total Tupungato	6172	0.00	0.00	-0.30	-0.35	-0.16	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.21

UAM		Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Capacho	639	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.50	-1.16	-1.30	-0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.01
Canal Manzano	1752	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.10	-0.51	-1.18	-0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.51
Canal matriz Valle De Uco	8167	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.31	-5.65	-7.49	-5.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-20.63
Canal Rincón	486	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.23	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.49
Canal Vista Flores	1954	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.48	-1.05	-1.73	-1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.42
Sub Total Río Tunuyán VU	12999	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.40	-8.40	-11.92	-8.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-32.04
Cuenca Completa	43776	-1.64	-3.93	-9.74	-17.00	-30.08	-31.03	-20.39	-3.15	-2.22	-0.05	-0.01	-0.68	-119.92	

Tabla 47 Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100% – Año medio (hm³)

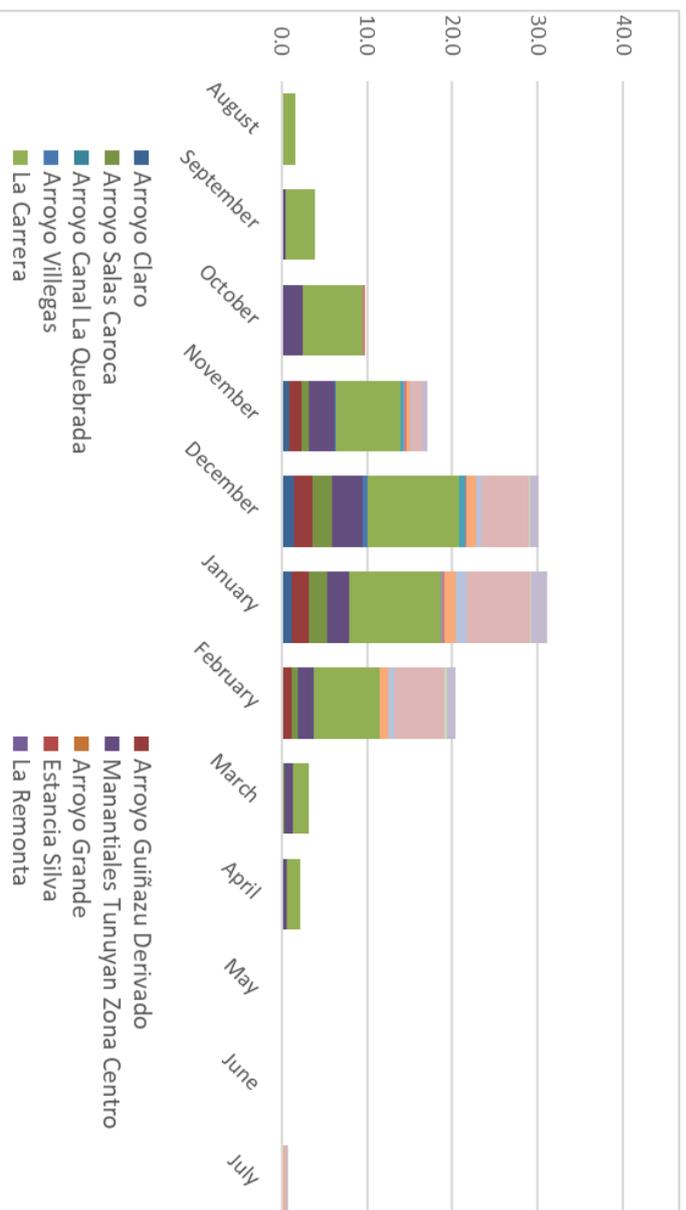


Tabla 48 Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100%– Año seco (hm³)

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Arroyo Claro	2237	0.00	0.00	-0.08	-0.47	-1.51	-2.00	-1.90	-0.22	0.00	0.00	0.00	-0.01	-6.20
Arroyo Guiñazú Derivado	948	-0.02	0.00	-0.16	-0.64	-2.47	-2.44	-1.71	-0.61	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-8.07
Arroyo Salas Caroca	2609	0.00	0.00	-0.05	-0.91	-2.98	-3.04	-2.31	-0.85	0.00	0.00	0.00	-0.01	-10.14
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1505	-0.21	-0.43	-1.51	-2.16	-3.32	-3.17	-1.88	-1.40	-0.23	-0.28	-0.12	-0.03	-14.75
Sub Total Manantiales	7298	-0.22	-0.43	-1.80	-4.18	-10.28	-10.66	-7.80	-3.08	-0.24	-0.28	-0.12	-0.06	-39.16
Arroyo Canal La Quebrada	191	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arroyo Grande	1211	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04
Arroyo Villegas	1210	0.00	0.00	0.00	-0.16	-0.72	-0.92	-0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.92
Estancia Silva	1200	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.13	-0.18	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.37
La Carrera	5131	-0.85	-3.56	-3.41	-8.61	-10.78	-13.63	-6.77	-3.41	-2.19	-1.11	-0.18	-0.06	-54.57
La Remonta	2319	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
Yaucha Aguanda Unificado	6044	0.00	0.00	0.00	-0.84	-3.31	-3.59	-7.84	-0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.25
Sub Total Arroyos Nivales	17307	-0.85	-3.56	-3.41	-9.63	-14.96	-18.32	-14.80	-4.08	-2.19	-1.11	-0.18	-0.06	-73.16
Arroyo Río La Pampa o Salto	844	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Canal El Peral Unificado	336	0.00	0.00	-0.01	-0.04	-0.02	-0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.16
Canal Esquina Unificado	1659	0.00	0.00	-0.04	-0.42	-0.23	-0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.55
Hijuela Gualtallary	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hijuela La Pampa	494	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Matriz Este Unificado	2823	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
Sub Total Tupungato	6172	0.00	0.00	-0.05	-0.46	-0.26	-0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.72

Tabla 49 Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100%– Año seco (hm³)- Cont.

UAM	Sup Emp.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Suma
Canal Capacho	639	0.00	0.00	0.00	-0.68	-2.01	-2.70	-2.10	-0.66	0.00	0.00	-0.01	-0.06	-8.23
Canal Manzano	1752	0.00	0.00	0.00	-0.53	-1.75	-2.48	-1.19	-0.35	0.00	0.00	-0.01	-0.02	-6.32
Canal matriz Valle De Uco	8167	0.00	0.00	-0.00	-3.96	-12.10	-15.67	-10.83	-3.17	-0.00	0.00	-0.04	-0.33	-46.11
Canal Rincón	486	0.00	0.00	0.00	-0.12	-0.38	-0.62	-0.35	-0.05	0.00	0.00	-0.00	-0.01	-1.54
Canal Vista Flores	1954	0.00	0.00	0.00	-0.88	-2.47	-2.41	-2.38	-0.53	0.00	0.00	-0.01	-0.04	-8.72
Sub Total Río Tunuyán VU	12999	0.00	0.00	-0.00	-6.18	-18.72	-23.88	-16.85	-4.75	-0.00	0.00	-0.07	-0.47	-70.92
Cuenca Completa	43776	-1.07	-4.00	-5.26	-20.44	-44.22	-53.82	-39.46	-11.92	-2.42	-1.39	-0.38	-0.59	-184.97

Figura 66. Insatisfacción de la Demanda – Derechos al 100%– Año seco (hm³)

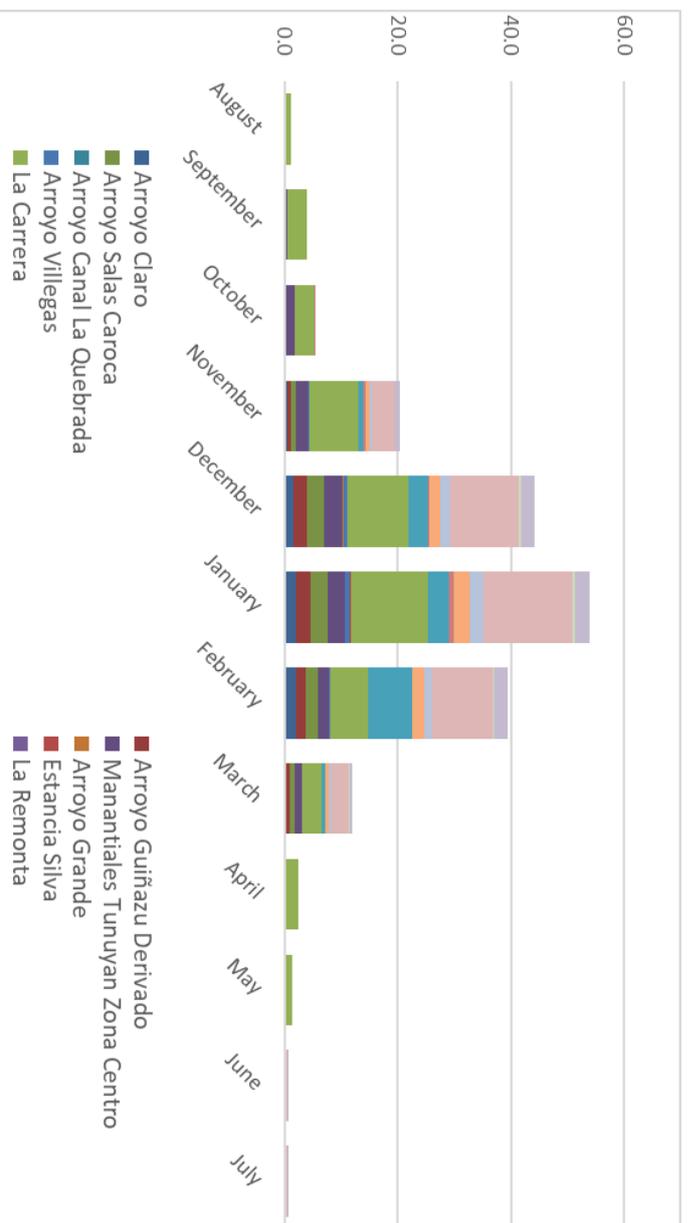


Tabla 50 Cobertura de la Demanda – Derechos al 100%– Año Medio (hm³)

UAM	Sup Emp.	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Arroyo Claro	2237	34.03	22.08	-3.76	89.0%	-11.95	65%
Arroyo Guñazú Derivado	948	13.26	6.45	-6.78	48.8%	-6.81	49%
Arroyo Salas Caroca	2609	40.98	20.30	-6.50	84.1%	-20.68	50%
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1505	25.33	10.06	-15.27	39.7%	-15.27	40%
Sub Total Manantiales	7298	113.60	58.89	-32.31	71.6%	-54.71	52%
Arroyo Canal La Quebrada	191	2.56	6.35	0.00	100.0%	3.79	100%
Arroyo Grande	1211	18.48	45.84	-0.00	100.0%	27.36	100%
Arroyo Villegas	1210	15.40	35.37	-0.82	94.7%	19.97	100%
Estancia Silva	1200	10.11	23.97	0.00	100.0%	13.86	100%
La Carrera	5131	70.38	21.35	-52.49	25.4%	-49.03	30%
La Remonta	2319	3.67	15.21	0.00	100.0%	11.54	100%
Yaucha Aguanda Unificado	6044	108.37	108.34	-1.04	99.0%	-0.03	100%
Sub Total Arroyos Nivales	17307	228.97	256.43	-54.35	76.3%	27.46	79%
Arroyo Rio La Pampa o Salto	844	10.93	36.69	0.00	100.0%	25.75	100%
Canal El Peral Unificado	336	3.68	11.02	-0.17	95.5%	7.34	100%
Canal Esquina Unificado	1659	19.62	16.54	-1.04	94.7%	-3.08	84%
Hijuela Gualtallary	17	0.17	0.14	0.00	100.0%	-0.03	84%
Hijuela La Pampa	494	5.39	4.54	0.00	100.0%	-0.85	84%
Matriz Este Unificado	2823	36.01	68.04	0.00	100.0%	32.04	100%
Sub Total Tupungato	6172	75.79	136.97	-1.21	98.4%	61.18	95%

Tabla 51 Cobertura de la Demanda – Derechos al 100% – Año Medio (hm³) – Cont.

UAM	Sup Emp.	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Canal Capacho	639	19.59	20.78	-4.01	79.5%	1.19	100%
Canal Manzano	1752	18.70	19.83	-2.51	86.6%	1.14	100%
Canal matriz Valle De Uco	8167	108.35	114.94	-20.63	81.0%	6.59	100%
Canal Rincón	486	5.25	5.57	-0.49	90.8%	0.32	100%
Canal Vista Flores	1954	26.85	28.49	-4.42	83.6%	1.63	100%
Sub Total Río Tunuyán VU	12999	178.74	189.61	-32.04	82.1%	10.87	100%
Cuenca Completa	43776	597.11	641.91	-119.92	79.9%	44.80	100%

Figura 67. Cobertura de la Demanda – Derechos al 100%– Año Medio (hm³)

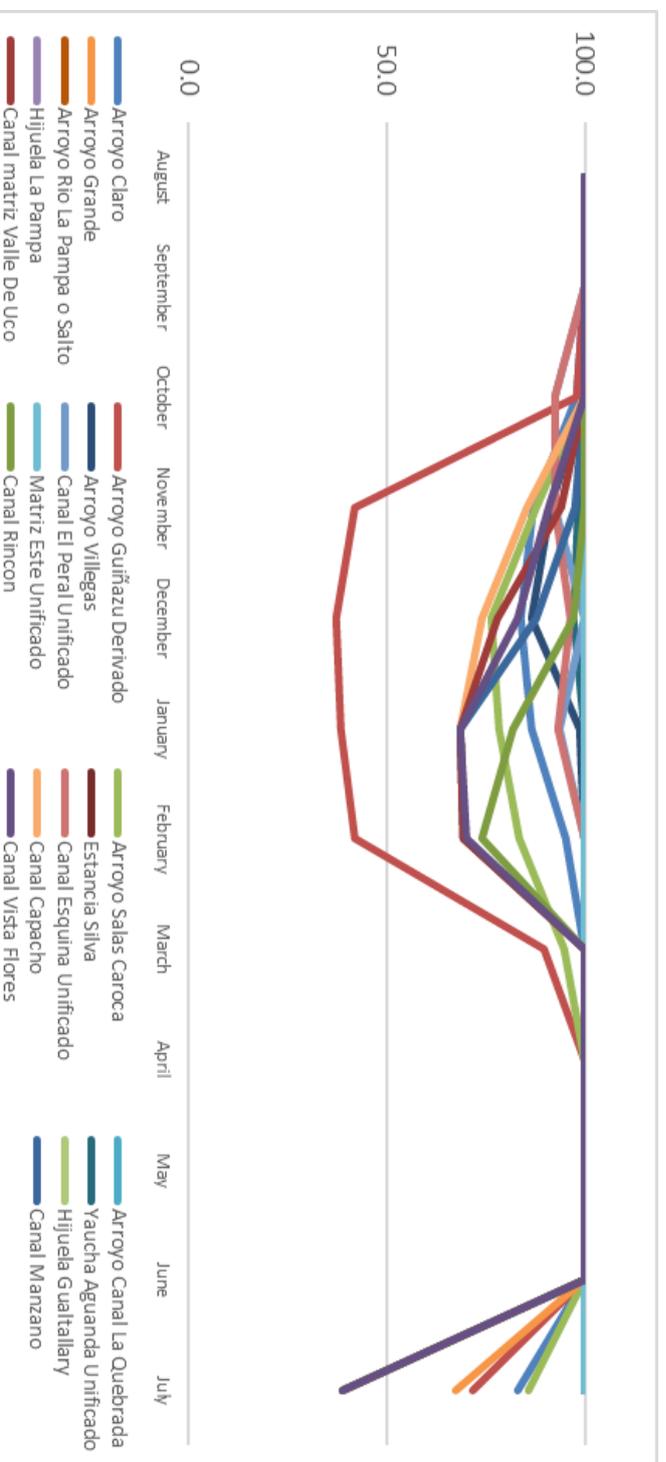


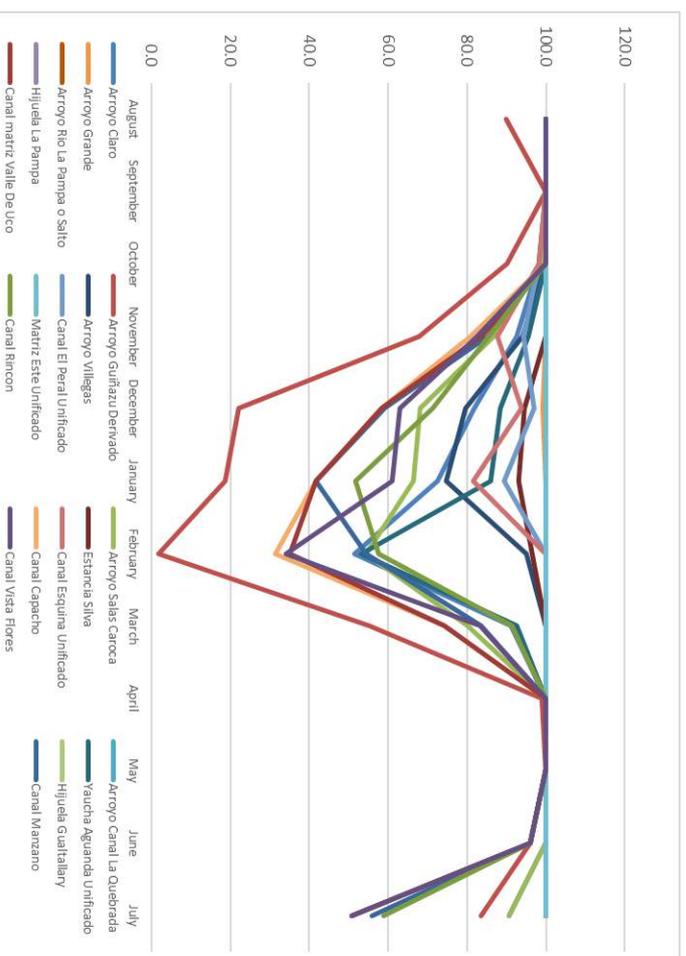
Tabla 52 Cobertura de la Demanda – Derechos al 100% – Año Seco (hm³)

UAM	Sup Emp.	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Arroyo Claro	2237	33.02	19.15	-6.20	81.2%	-13.87	58%
Arroyo Guiñazú Derivado	948	12.95	4.85	-8.07	37.7%	-8.11	37%
Arroyo Salas Caroca	2609	39.86	16.03	-10.14	74.6%	-23.83	40%
Manantiales Tunuyán Zona Centro	1505	24.58	9.83	-14.75	40.0%	-14.75	40%
Sub Total Manantiales	7298	110.42	49.87	-39.16	64.5%	-60.55	45%
Arroyo Canal La Quebrada	191	2.71	5.03	0.00	100.0%	2.32	100%
Arroyo Grande	1211	19.37	35.97	-0.04	99.8%	16.59	100%
Arroyo Villegas	1210	16.14	31.55	-1.92	88.1%	15.41	100%
Estancia Silva	1200	10.42	22.11	-0.37	96.5%	11.69	100%
La Carrera	5131	67.86	15.43	-54.57	19.6%	-52.43	23%
La Remonta	2319	4.48	14.37	-0.01	99.7%	9.90	100%
Yaucha Aguanda Unificado	6044	121.63	90.90	-16.25	86.6%	-30.73	75%
Sub Total Arroyos Nivales	17307	242.60	215.35	-73.16	69.8%	-27.25	66%
Arroyo Rio La Pampa o Salto	844	10.64	37.82	0.00	100.0%	27.18	100%
Canal El Peral Unificado	336	3.52	10.76	-0.16	95.5%	7.23	100%
Canal Esquina Unificado	1659	18.82	15.21	-1.55	91.8%	-3.61	81%
Hijuela Gualtallary	17	0.16	0.13	0.00	100.0%	-0.03	81%
Hijuela La Pampa	494	5.61	4.53	0.00	100.0%	-1.08	81%
Matriz Este Unificado	2823	34.64	65.87	-0.01	100.0%	31.23	100%
Sub Total Tupungato	6172	73.40	134.32	-1.72	97.7%	60.92	94%

Tabla 53 Cobertura de la Demanda - Derechos al 100% - Año Seco (hm³) - Cont.

UAM	Sup Emp.	Demanda Bruta	Oferta Distribuida	Suma de Fallos	Cobertura por Suma de Fallos	Balance Global Anual	Cobertura Anual Global
Canal Capacho	639	22.38	16.72	-8.23	63.3%	-3.44	75%
Canal Manzano	1752	20.17	15.06	-6.32	68.7%	-3.10	75%
Canal matriz Valle De Uco	8167	130.59	97.54	-46.11	64.7%	-20.04	75%
Canal Rincón	486	5.67	4.24	-1.54	72.8%	-0.87	75%
Canal Vista Flores	1954	29.56	22.08	-8.72	70.5%	-4.54	75%
Sub Total Río Tunuyán VU	12999	208.37	155.64	-70.92	66.0%	-31.98	75%
Cuenca Completa	43776	634.80	555.18	-184.97	70.9%	-58.87	85%

Figura 68. Cobertura de la Demanda - Derechos al 100% - Año Seco (hm³)



8 RESUMEN EJECUTIVO

359. De acuerdo a los trabajos realizados para la concreción de esta actualización del Balance Hídrico del Tunuyán Superior, 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, dotadas ya sea del Dique Valle de Uco o de los sistemas de arroyos nivales y de manantiales.
- ✓ 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 38 UAM: 22 de uso conjunto superficial y subterránea (se dotan los ríos y arroyos); y 16 UAM con abastecimiento de agua subterránea exclusiva.
- ✓ 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.
- ✓ el volumen total entregado a las plantas potabilizadoras es aproximadamente de 6 hm³/año, sin importar el tipo de año hidrológico que se utilice. Es recurso no se tiene disponible para riego.
- ✓ 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 de los ríos y arroyos

de fuente nival (Santa Clara, Las Tunas, Villegas, Grande, Las Pircas, Yaucha, Aguanda, y demás aforos realizados). En aquellos arroyos en los que no se cuenta con registros de caudales se realizó una modelación de fusión nival para reproducir los caudales. Se han considerado dos tipos de años hidrológicos, uno Medio y otro Seco.

- ✓ 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 (GGE):

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 81,9 %, 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

43% (ponderado según la superficie de cada UAM). Y para los escenarios futuros se utilizó la eficiencia razonable, que para esta cuenca se sitúa en 55%.

- ✓ 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, si se sitúa entre el 85% y 90%.
- ✓ el resumen de resultados de la modelación de la Situación Actual se presenta por separado para cada una de los sectores que conforman la cuenca:

Balance Hídrico Dique Valle de Uco	Actual	
	Año Medio	Año Seco
Tipo de año de la oferta		
Volumen anual distribuido para riego	222 hm ³	156 hm ³
	17637 m ³ /ha	12346 m ³ /ha
Eficiencia	Actual	
Superficie bajo riego	12607 ha	
Demanda Bruta agrícola	225 hm ³	225 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	60 hm ³	107 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	73%	53%
Cobertura Anual Global	99%	69%
Garantía Sistema de Riego	No es aceptable	

Balance Hídrico Tupungato	Actual	
Tipo de año de la oferta	Año Medio	Año Seco
Volumen anual distribuido para riego	141 hm ³	99 hm ³
	24205 m ³ /ha	16943 m ³ /ha
Eficiencia	Actual	
Superficie bajo riego	5835 ha	
Demanda Bruta agrícola	84 hm ³	84 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	2 hm ³	2 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	98%	97%
Cobertura Anual Global	93%	85%
Garantía Sistema de Riego	Si es aceptable	

Balance Hídrico Arroyos Nivales	Actual	
Tipo de año de la oferta	Año Medio	Año Seco
Volumen anual distribuido para riego	268 hm ³	188 hm ³
	15795 m ³ /ha	11056 m ³ /ha
Eficiencia	Actual	
Superficie bajo riego	16968 ha	
Demanda Bruta agrícola	299 hm ³	299 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	95 hm ³	122 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	68%	59%
Cobertura Anual Global	72%	56%
Garantía Sistema de Riego	No es aceptable	

✓ los resultados de la Situación Prospectiva – Superficie Empadronada Total, son:

Balance Hídrico Valle de Uco	Sup Total Empadronada	
Tipo de año de la oferta	Año Medio	Año Seco
Volumen anual distribuido para riego	209 hm ³	184 hm ³
	12899 m ³ /ha	11350 m ³ /ha
Eficiencia	Eficiencia Razonable	
Superficie bajo riego	16205 ha	
Demanda Bruta agrícola	244 hm ³	285 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	72 hm ³	119 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	71%	58%
Cobertura Anual Global	86%	65%
Garantía Sistema de Riego	No es aceptable	

Balance Hídrico Tupungato	Sup Total Empadronada	
Tipo de año de la oferta	Año Medio	Año Seco
Volumen anual distribuido para riego	138 hm ³	99 hm ³
	22579 m ³ /ha	16271 m ³ /ha
Eficiencia	Eficiencia Razonable	
Superficie bajo riego	6103 ha	
Demanda Bruta agrícola	85 hm ³	83 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	2 hm ³	3 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	97%	96%
Cobertura Anual Global	91%	83%
Garantía Sistema de Riego	Si es aceptable	

Balance Hídrico Arroyos Nivales	Sup Total Empadronada	
Tipo de año de la oferta	Año Medio	Año Seco
Volumen anual distribuido para riego	264 hm ³	188 hm ³
	13782 m ³ /ha	9775 m ³ /ha
Eficiencia	Eficiencia Razonable	
Superficie bajo riego	19191 ha	
Demanda Bruta agrícola	306 hm ³	334 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	92 hm ³	129 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	70%	61%
Cobertura Anual Global	71%	53%
Garantía Sistema de Riego	No es aceptable	

✓ los resultados de la Situación Prospectiva - Coef. de Entrega 100%, es:

Balance Hídrico Valle de Uco	Coeficiente de Entrega 100%	
Tipo de año de la oferta	Año Medio	Año Seco
Volumen anual distribuido para riego	222 hm ³	156 hm ³
	17105 m ³ /ha	11973 m ³ /ha
Eficiencia	Eficiencia Razonable	
Superficie bajo riego	12999 ha	
Demanda Bruta agrícola	179 hm ³	208 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	32 hm ³	71 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	82%	66%
Cobertura Anual Global	100%	75%
Garantía Sistema de Riego	Si es aceptable	No es aceptable

Balance Hídrico Tupungato	Coefficiente de Entrega 100%	
Tipo de año de la oferta	Año Medio	Año Seco
Volumen anual distribuido para riego	140 hm ³	98 hm ³
	22746 m ³ /ha	15917 m ³ /ha
Eficiencia	Eficiencia Razonable	
Superficie bajo riego	6172 ha	
Demanda Bruta agrícola	76 hm ³	73 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	1 hm ³	2 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	98%	98%
Cobertura Anual Global	96%	88%
Garantía Sistema de Riego	Si es aceptable	

Balance Hídrico Arroyos Nivales	Coefficiente de Entrega 100%	
Tipo de año de la oferta	Año Medio	Año Seco
Volumen anual distribuido para riego	268 hm ³	188 hm ³
	15485 m ³ /ha	10839 m ³ /ha
Eficiencia	Eficiencia Razonable	
Superficie bajo riego	17307 ha	
Demanda Bruta agrícola	229 hm ³	243 hm ³
Insatisfacción de la Demanda	54 hm ³	73 hm ³
Cobertura por Suma de Fallos	76%	70%
Cobertura Anual Global	79%	63%
Garantía Sistema de Riego	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.
- 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.
- 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.
- 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 Estratégias 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.