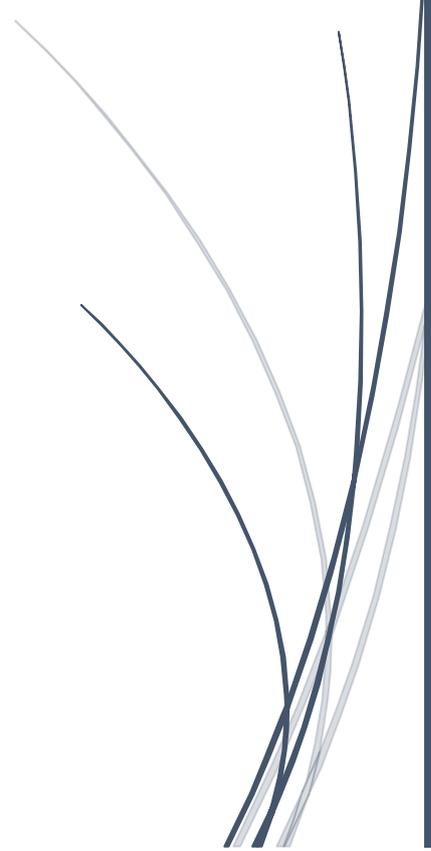


PLAN MAESTRO PARA EL SECTOR HÍDRICO DE LA PROVINCIA DE MENDOZA

Reporte 6

Evaluación de las alternativas de inversión

Marzo 2025



Índice de contenidos

1	INTRODUCCIÓN	15
1.1	CONTEXTO Y ALCANCE DEL ESTUDIO	15
1.2	RESUMEN TÉCNICO	15
2	REVISIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA ACTUAL Y PROYECTADA	17
2.1	INTRODUCCIÓN	17
2.1.1	<i>Agua Superficial</i>	17
2.1.2	<i>Agua subterránea</i>	17
2.1.3	<i>Agua tratada</i>	18
2.2	OFERTA RÍO MENDOZA	19
2.2.1	<i>Agua superficial</i>	19
2.2.2	<i>Agua subterránea</i>	20
2.2.3	<i>Agua tratada</i>	21
2.3	OFERTA RÍO TUNUYÁN	22
2.3.1	<i>Agua superficial</i>	22
2.3.2	<i>Agua subterránea</i>	24
2.3.3	<i>Agua tratada</i>	26
2.4	OFERTA RÍO DIAMANTE	27
2.4.1	<i>Agua superficial</i>	27
2.4.2	<i>Agua subterránea</i>	29
2.4.3	<i>Agua tratada</i>	30
2.5	OFERTA RÍO ATUEL	30
2.5.1	<i>Agua superficial</i>	30
2.5.2	<i>Agua subterránea</i>	32
2.5.3	<i>Agua tratada</i>	32
2.6	OFERTA RÍO MALARGÜE	33
2.6.1	<i>Agua superficial</i>	33
2.6.2	<i>Agua subterránea</i>	34
2.6.3	<i>Agua tratada</i>	35
3	REVISIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SOSTENIBLE POR DÉCADA	36
3.1	GENERALIDADES	36
3.2	OFERTA SOSTENIBLE RÍO MENDOZA	37
3.3	OFERTA SOSTENIBLE RÍO TUNUYÁN	39
3.4	OFERTA SOSTENIBLE RÍO ATUEL	41
3.5	OFERTA SOSTENIBLE RÍO DIAMANTE	42
4	REVISIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA ACTUAL Y PROYECTADA	47
4.1	DEMANDA HÍDRICA RÍO MENDOZA	47

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

4.1.1	<i>Demanda Poblacional</i>	47
4.1.2	<i>Demanda Agrícola</i>	49
4.1.3	<i>Demanda Industrial</i>	49
4.2	DEMANDA HÍDRICA RÍO TUNUYÁN.....	50
4.2.1	<i>Demanda Poblacional</i>	51
4.2.2	<i>Demanda Agrícola</i>	53
	<i>Demanda Industrial</i>	54
4.3	DEMANDA HÍDRICA RÍO DIAMANTE	54
4.3.1	<i>Demanda poblacional</i>	55
4.3.2	<i>Demanda Agrícola</i>	56
4.3.3	<i>Demanda Industrial</i>	57
4.4	DEMANDA HÍDRICA RÍO ATUEL.....	57
4.4.1	<i>Demanda Poblacional</i>	58
4.4.2	<i>Demanda Agrícola</i>	59
4.4.3	<i>Demanda Industrial</i>	60
4.5	DEMANDA RÍO MALARGÜE.....	60
4.5.1	<i>Uso Ambiental</i>	60
4.5.2	<i>Demanda Poblacional</i>	60
4.5.3	<i>Demanda Agrícola</i>	61
4.5.4	<i>Demanda Industrial</i>	62
5	ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN	63
5.1.1	<i>Alternativa 2.1</i>	63
5.1.2	<i>Alternativa 2.2. Inversiones adicionales</i>	64
5.1.3	<i>Alternativa 2.3</i>	65
6	APLICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	67
6.1	INTRODUCCIÓN	67
6.2	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EFICIENCIA	67
6.3	DETERMINACIÓN DE LA UNIDAD DE RIEGO DE REFERENCIA.....	67
6.4	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO.....	69
6.4.1	<i>Almacenamiento Estacional</i>	70
6.4.2	<i>Almacenamiento Interanual</i>	70
6.5	LA DEMANDA HÍDRICA Y SU ROL EN LA CAPACIDAD DE REGULACIÓN	71
6.6	VOLUMEN DE RESERVORIOS EN LAS REDES DE RIEGO.....	71
6.7	CONSIDERACIONES DE OPERACIÓN DE EMBALSES Y GESTIÓN DE LAS EROGACIONES.....	72
6.7.1	<i>Metodología general de cálculo</i>	73
6.7.2	<i>Secuencia de cálculo</i>	73
6.7.3	<i>Datos Generales</i>	74
6.7.4	<i>Materiales</i>	74
6.7.5	<i>Resultados</i>	74

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

7	RESUMEN Y ACTUALIZACIONES SOBRE EL COSTO DE INVERSIONES PARA LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS	75
7.1	ALTERNATIVA 2.3	75
7.1.1	<i>Reservorios en red de riego</i>	75
7.1.2	<i>Inversiones Intrafinca. Riego por Mangas</i>	76
7.1.3	<i>Sistema de gestión de la distribución</i>	76
7.1.4	<i>Mejora de las estructuras de derivación y distribución</i>	77
7.1.5	<i>Caudalímetros</i>	78
7.2	ALTERNATIVA 2.2 (INVERSIONES ADICIONALES).....	79
7.2.1	<i>Riego por goteo, cámara de carga y presurización en propiedades</i>	79
7.3	ALTERNATIVA 2.1 (INVERSIONES ADICIONALES).....	79
7.4	DETERMINACIÓN DE COSTOS ANUALES	80
8	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN	82
8.1	CUENCA DEL RÍO MENDOZA	82
8.1.1	<i>Determinación del nivel de eficiencia. Río Mendoza</i>	82
8.1.2	<i>Volumen de almacenamiento requerido</i>	88
8.1.3	<i>Análisis de la aplicación de las alternativas</i>	94
8.1.4	<i>Reservorios en redes de riego</i>	96
8.1.5	<i>Inversiones en superficie irrigada por el río Mendoza</i>	98
8.1.6	<i>Inversiones en ACRES</i>	100
8.1.7	<i>Inversiones en Otras Fuentes</i>	103
8.1.8	<i>Inversiones en áreas subterráneas exclusivas</i>	104
8.1.9	<i>Total de inversiones. Cuenca Río Mendoza</i>	104
8.2	CUENCA DEL RÍO TUNUYÁN	106
8.2.1	<i>Determinación del nivel de eficiencia. Río Tunuyán</i>	106
8.2.2	<i>Volumen de almacenamiento requerido</i>	108
8.2.3	<i>Análisis de la aplicación de las alternativas</i>	110
8.2.4	<i>Reservorios en redes de riego</i>	111
8.2.5	<i>Inversiones en superficie irrigada por el Río Tunuyán</i>	112
8.2.6	<i>Inversiones en arroyos de Cordillera Frontal</i>	115
8.2.7	<i>Inversiones en Arroyos de manantial</i>	118
8.2.8	<i>Inversiones en agua subterránea exclusiva</i>	119
8.2.9	<i>Total de inversiones. Cuenca Río Tunuyán</i>	121
8.2.10	<i>Conclusiones y visión a futuro</i>	121
8.3	CUENCA DEL RÍO DIAMANTE	123
8.3.1	<i>Determinación del nivel de eficiencia. Río Diamante</i>	123
8.3.2	<i>Volumen de almacenamiento requerido</i>	125
8.3.3	<i>Análisis de la aplicación de las alternativas</i>	128
8.3.4	<i>Reservorios en redes de riego</i>	129

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

8.3.5	<i>Inversiones en superficie irrigada por el río Diamante</i>	130
8.4	CUENCA DEL RÍO ATUEL.....	132
8.4.1	<i>Determinación del nivel de eficiencia. Río Atuel</i>	132
8.4.2	<i>Volumen de almacenamiento requerido</i>	134
8.4.3	<i>Análisis de la aplicación de las alternativas</i>	137
8.4.4	<i>Reservorios en redes de riego</i>	138
8.4.5	<i>Inversiones en superficie irrigada por el río Atuel</i>	139
8.5	CUENCA DEL RIO MALARGÜE.....	142
8.5.1	<i>Determinación del nivel de eficiencia. Río Malargüe</i>	142
8.5.2	<i>Volumen de almacenamiento requerido</i>	143
8.5.3	<i>Análisis de la aplicación de las alternativas</i>	144
8.5.4	<i>Reservorios en redes de riego</i>	145
8.5.5	<i>Inversiones en superficie irrigada por el río Malargüe</i>	145
8.5.6	<i>Inversiones en superficie irrigada por arroyos</i>	146
9	CONCLUSIONES	148
9.1	CONCLUSIONES GENERALES.....	148
9.2	CUENCA DEL RÍO MENDOZA	148
9.3	CUENCA DEL RÍO TUNUYÁN	149
9.4	CUENCA DEL RÍO DIAMANTE	150
9.5	CUENCA DEL RÍO ATUEL.....	151
9.6	CUENCA DEL RÍO MALARGÜE.....	152
10	APÉNDICE I: ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA BASADO EN DATOS DISPONIBLES 153	
10.1	INTRODUCCIÓN	153
10.2	CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	156
10.3	CONCLUSIONES	163
10.4	REFERENCIAS.....	165

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1: Resumen oferta por cuenca en hm ³ /año.	18
Tabla 2.2: Valores registrados de volumen de agua del Río Mendoza.	19
Tabla 2.3: Agua disponible Mendoza, percentiles anuales - Agua disponible total del Río Mendoza (hm ³ /año).	20
Tabla 2.4: Agua tratada proyecciones 2030-2050.	22
Tabla 2.5: Valores registrados de volumen de agua del Río Tunuyán.	23
Tabla 2.6: Agua disponible total del Río Tunuyán (hm ³).	23
Tabla 2.7: Agua tratada proyecciones Tunuyán 2030-2050.	27
Tabla 2.8: Volúmenes de agua registrados Río Diamante.	28
Tabla 2.9: Agua disponible Diamante, percentiles anuales - Agua disponible total del Río Diamante (hm ³).	28
Tabla 2.10: Agua tratada Río Diamante proyecciones 2021-2050.	30
Tabla 2.11: Volúmenes de agua registrados Río Atuel.	31
Tabla 2.12: Agua disponible Atuel, percentiles anuales - Agua disponible total del Río Atuel (hm ³).	31
Tabla 2.13: Proyecciones ingreso de agua al acuífero Río Atuel 2021-2050.	32
Tabla 2.14: Agua tratada Río Atuel proyecciones 2030-2050.	33
Tabla 2.15: Volúmenes de agua registrados Río Malargüe.	34
Tabla 2.16: Agua disponible Atuel, percentiles anuales - Agua disponible total del Río Atuel (hm ³).	34
Tabla 2.17: Agua tratada Río Malargüe proyecciones 2030-2050.	35
Tabla 3.1: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en hm ³ en la cuenca del Río Mendoza para Niveles de confiabilidad del 90 y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050). Capacidad de Almacenamiento, 395 hm ³	38
Tabla 3.2: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en hm ³ en la cuenca del Río Tunuyán para Niveles de confiabilidad del 90 y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050), 276 hm ³	40
Tabla 3.3: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en hm ³ en la cuenca del Río Atuel para Niveles de confiabilidad del 90 y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050)..	42
Tabla 3.4: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en hm ³ en la cuenca del Río Diamante para Niveles de confiabilidad del 90 y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050).	43
Tabla 3.5: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en hm ³ en la cuenca del Río Malargüe para niveles de confiabilidad del 90% y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050).	46

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 4.1: Río Mendoza Demanda Poblacional - Proyecciones	48
Tabla 4.2: Río Tunuyán Superior Demanda Poblacional – Proyecciones.....	52
Tabla 4.3: Río Tunuyán Inferior Demanda Poblacional – Proyecciones.	52
Tabla 4.4: Demanda Agrícola Neta y Bruta - Río Tunuyán Superior.	53
Tabla 4.5: Demanda Agrícola Neta y Bruta - Río Tunuyán Inferior.....	54
Tabla 4.6: Río Diamante Demanda Poblacional	55
Tabla 4.7: Río Diamante Demanda Poblacional – Proyecciones.	56
Tabla 4.8: Fuentes de abastecimiento. Demanda agrícola Río Diamante.	56
Tabla 4.9: Río Atuel Demanda Poblacional – Proyecciones.....	58
Tabla 4.10: Fuentes de abastecimiento para la demanda Agrícola. Río Atuel.	59
Tabla 4.11: Río Malargüe Demanda Poblacional – Proyecciones.	60
Tabla 4.12: Fuentes de abastecimiento de la demanda agrícola. Cuenca Río Malargüe.....	61
Tabla 6.1: Longitud de la red de riego en metros para la cuenca del Río Mendoza.	68
Tabla 7.1: Costos de materiales para un sistema de riego por mangas.....	76
Tabla 7.2: Costos estimados en dólares para la implementación de un sistema de gestión de la distribución (en USD).	77
Tabla 7.3: Costos estimados en dólares para la implementación de un sistema de gestión de la distribución por unidad de superficie cultivada (en USD/ha).	77
Tabla 7.4: Costos de mejora en estructuras de derivación por hectárea.....	78
Tabla 7.5: Costos de caudalímetros en las diferentes cuencas por unidad de superficie.	78
Tabla 7.6: Inversiones alternativa 2.2 (2035 – 2050).....	79
Tabla 7.7: Inversiones alternativa 2.1 (2035 – 2050).....	80
Tabla 7.8: Parámetros para el cálculo de los costos anuales. Río Mendoza.	81
Tabla 7.9: Parámetros para el cálculo de los costos anuales. Río Tunuyán Superior.	81
Tabla 7.10: Parámetros para el cálculo de los costos anuales. Río Tunuyán Inferior.	81
Tabla 7.11: Parámetros para el cálculo de los costos anuales. Río Tunuyán Diamante.....	81
Tabla 8.1: Agua disponible y Balance Hídrico proyectado en hm ³ . Cuenca Río Mendoza.	82
Tabla 8.2: Escenarios simulados. Cuenca Río Mendoza.....	83
Tabla 8.3: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3. Río Mendoza.	84
Tabla 8.4: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.2. Río Mendoza.	84
Tabla 8.5: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.1. Río Mendoza.	84
Tabla 8.6: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3 – 2.2. Río Mendoza.....	85

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.7: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3 – 2.1. Río Mendoza.....	86
Tabla 8.8: Volumen de abastecimiento poblacional. Escenario tendencial. Río Mendoza.....	88
Tabla 8.9: Volumen de abastecimiento poblacional. Escenario con mejoras. Río Mendoza.....	88
Tabla 8.10: Escenario 2.3 – 2.2. Cobertura de la demanda. Cuenca del Río Mendoza.....	89
Tabla 8.11: Escenario 2.3 – 2.2. Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del río Mendoza.....	91
Tabla 8.12: Escenario 2.3 – 2.1. Cobertura de la demanda. Cuenca del Río Mendoza.....	92
Tabla 8.13: Escenario 2.3 – 2.1. Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del río Mendoza.....	93
Tabla 8.14: Capacidad de almacenamiento requerida. Situación tendencial o de referencia. Cuenca del río Mendoza.....	94
Tabla 8.15: Análisis del escenario 2.3-2.2. Cuenca del río Mendoza	95
Tabla 8.16: Análisis del escenario 2.3-2.1. Cuenca del Río Mendoza.....	96
Tabla 8.17: Láminas de diseño para reservorios.....	97
Tabla 8.18: Volumen de reservorios requeridos para las 66.839 ha cultivadas del río Mendoza, abastecidas desde Potrerillos.....	97
Tabla 8.19: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la Cuenca Río Mendoza.....	98
Tabla 8.20: Inversiones alternativa 2.2 (2035 – 2050) para la Cuenca Río Mendoza.....	98
Tabla 8.21: Inversiones alternativa 2.1 (2035 – 2050) para la Cuenca Río Mendoza.....	99
Tabla 8.22: Costos anuales escenario 2.3 – 2.2. Río Mendoza.....	100
Tabla 8.23: Costos anuales escenario 2.3 – 2.1. Río Mendoza.....	100
Tabla 8.24: Almacenamiento estacional requerido en ACRE Campo Espejo.....	101
Tabla 8.25: Almacenamiento estacional requerido en ACRE Paramillo.....	101
Tabla 8.26: Almacenamiento estacional requerido en ACRE Campo Espejo.....	102
Tabla 8.27: Almacenamiento estacional requerido en ACRE Paramillo.....	102
Tabla 8.28: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para los ACRES Paramillo y Campo Espejo.....	102
Tabla 8.29: Inversiones anuales alternativa 2.3 (2025 – 2035) para los ACRES Paramillo y Campo Espejo.....	103
Tabla 8.30; Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para Otras Fuentes.....	103
Tabla 8.31: Inversiones anuales. Alternativa 2.3. Otras Fuentes. Cuenca Río Mendoza.....	103
Tabla 8.32: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para zona exclusiva de agua subterránea.....	104
Tabla 8.33. Inversiones anuales. Alternativa 2.2. Área subterránea exclusiva. Cuenca Río Mendoza.....	104
Tabla 8.34: Total de inversiones anuales. Cuenca Río Mendoza. Escenario 2-3 – 2.2.....	105

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.35: Total de inversiones anuales. Cuenca Río Mendoza. Escenario 2-3 – 2. 1.....	105
Tabla 8.36: Agua disponible y Balance Hídrico proyectado en hm ³ . Cuenca Río Tunuyán.....	106
Tabla 8.37: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. Río Tunuyán Inferior.....	107
Tabla 8.38: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. Río Tunuyán Superior.....	107
Tabla 8.39: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Tunuyán.....	109
Tabla 8.40: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Tunuyán.....	110
Tabla 8.41: Láminas de diseño para reservorios. Río Tunuyán Inferior.....	111
Tabla 8.42: Láminas de diseño para reservorios. Río Tunuyán Superior.....	111
Tabla 8.43: Volumen de reservorios requeridos para las 60.431 ha cultivadas del río Tunuyán Inferior.....	112
Tabla 8.44: Volumen de reservorios requeridos para las 15.272 ha cultivadas del Río Tunuyán Superior.....	112
Tabla 8.45: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la Cuenca río Tunuyán Inferior. ..	113
Tabla 8.46: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la Cuenca Río Tunuyán Superior.	113
Tabla 8.47: Inversiones alternativa 2.2 (2035 – 2050) para 20.150 ha. Cuenca Río Tunuyán Inferior.....	114
Tabla 8.48: Inversiones alternativa 2.1 (2035 – 2050) para 5.091 ha. Cuenca Río Tunuyán Superior.....	114
Tabla 8.49: Costos anuales escenario 2.3 – 2.2. Río Tunuyán Inferior.....	115
Tabla 8.50: Costos anuales escenario 2.3 – 2.1 Río Tunuyán Superior.....	115
Tabla 8.51: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.3. Arroyos de cordillera frontal.....	115
Tabla 8.52: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para 5.091 ha. Arroyos de cordillera frontal.....	116
Tabla 8.53: Costos anuales escenario 2.3. Arroyos de cordillera frontal.....	116
Tabla 8.54: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.1. Arroyos de cordillera frontal.....	117
Tabla 8.55: Inversiones alternativa 2.1 (2025 – 2035) para 5.091 ha. Arroyos de Cordillera Frontal.....	117
Tabla 8.56: Costos anuales escenario 2.1 Arroyos de Cordillera Frontal.....	117
Tabla 8.57: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.3. Arroyos de manantial.....	118
Tabla 8.58: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para 5 091 ha. Arroyos de manantial...	118
Tabla 8.59: Costos anuales escenario 2.3 Arroyos de manantial.....	119

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.60: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.2. Zona de uso exclusivo de agua subterránea.....	119
Tabla 8.61: Inversiones alternativa 2.2 (2025 – 2035) Zona de uso exclusivo de agua subterráneo. Tunuyán Inferior.	120
Tabla 8.62: Inversiones alternativa 2.2 (2025 – 2035) Zona de uso exclusivo de agua subterráneo. Tunuyán Superior.....	120
Tabla 8.63: Costos anuales escenario 2.2 Zona de uso exclusivo de agua subterránea. Tunuyán Inferior.....	120
Tabla 8.64: Costos anuales Cuenca Río Tunuyán para Escenario 1 (Cord Frontal Alt 2.1) y Escenario 2 (Cordillera Alt. 2.3)	121
Tabla 8.65: Agua disponible y Balance Hídrico proyectado en hm ³ . Cuenca Río Diamante. ..	123
Tabla 8.66: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.2. Río Diamante.	124
Tabla 8.67: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3. Río Diamante.	124
Tabla 8.68: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. Río Diamante.	125
Tabla 8.69: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Diamante. Sin considerar aporte subterráneo.	126
Tabla 8.70: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del río Diamante. Considerando aporte subterráneo.	126
Tabla 8.71: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Diamante.....	128
Tabla 8.72: Láminas de diseño para reservorios. Río Diamante.....	129
Tabla 8.73: Volumen de reservorios requeridos para las 45.280 ha cultivadas del Río Diamante.	129
Tabla 8.74: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la Cuenca Río Diamante.	130
Tabla 8.75: Inversiones alternativa 2.2 (2035 – 2050) para la Cuenca Río Diamante.	131
Tabla 8.76: Costos anuales escenario 2.2 – 2.3 Cuenca Río Diamante.....	131
Tabla 8.77: Agua disponible y Balance Hídrico proyectado en hm ³ . Cuenca Río Atuel.	132
Tabla 8.78: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3. Río Atuel.	133
Tabla 8.79: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.2. Río Atuel.	133
Tabla 8.80: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión.	134
Tabla 8.81: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Atuel. Sin considerar aporte subterráneo.	135

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.82: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del río Atuel. Considerando aporte subterráneo.	135
Tabla 8.83: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Atuel.	137
Tabla 8.84: Láminas de diseño para reservorios. Río Atuel.....	138
Tabla 8.85: Volumen de reservorios requeridos para las 53623 ha cultivadas del Río Atuel...	138
Tabla 8.86: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la Cuenca Río Atuel.....	139
Tabla 8.87: Inversiones alternativa 2.2 (2035 – 2050) para la Cuenca Río Atuel.....	140
Tabla 8.88: Costos anuales escenario 2.3 – 2.2 Cuenca Río Atuel.	141
Tabla 8.89: Agua disponible y Balance Hídrico proyectado en hm ³ . Cuenca Río Malargüe....	142
Tabla 8.90: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. Río Malargüe	142
Tabla 8.91: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Malargüe.	144
Tabla 8.92: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del río Atuel.....	144
Tabla 8.93: Láminas de diseño para reservorios.	145
Tabla 8.94: Volumen de reservorios requeridos para las 2.997 ha cultivadas del Río Malargüe.	145
Tabla 8.95: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la cuenca Río Malargüe.	146
Tabla 8.96: Costos anuales. Río Malargüe.....	146
Tabla 8.97: Inversiones Alternativa 2.3 (2025 – 2035) Arroyo Alamito y el Chacay.	147
Tabla 8.98: Costos anuales. Arroyo Alamito y el Chacay.	147
Tabla 1.1: Conjuntos de coordenadas recuperados indicando el número de pozos que fue existos a la vinculación en la cuenca norte. La atribución de coordenadas fue fundamental para identificar los pozos, conocer su ubicación y analizar qué pozos se repitieron en los muestreos realizados en diferentes años.....	157

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Gráfico variación entra la demanda bruta y la neta como función de la eficiencia global.....	21
Figura 2.2: Proyección del ingreso de agua al acuífero Río Mendoza del 2021 al 2050.	21
Figura 2.3: Proyección ingreso de agua al acuífero cuenca Tunuyán Superior 2021-2050.	25
Figura 2.4: Proyección ingreso de agua al acuífero cuenca Tunuyán Inferior 2021-2050.....	26
Figura 2.5: Proyección ingreso de agua al acuífero Río Diamante 2021-2050.....	29
Figura 3.1: Río Mendoza variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (395 hm ³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.....	37

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Figura 3.2: Río Mendoza variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento y (b) abastecimiento Promedio, para distintas Capacidades de Almacenamiento con Niveles de Abastecimiento Fijos para 2020, 2030, 2040 y 2050.	38
Figura 3.3: Río Tunuyán variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (276 Mm ³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.	39
Figura 3.4: Río Tunuyán variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento y (b) Abastecimiento Promedio, para distintas Capacidades de Almacenamiento con Niveles de Abastecimiento Fijos para 2020, 2030, 2040 y 2050.	40
Figura 3.5: Río Atuel variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (352 Mm ³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.	41
Figura 3.6: Río Atuel variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento y (b) Abastecimiento Promedio, para distintas Capacidades de Almacenamiento con Niveles de Abastecimiento Fijos para 2020, 2030, 2040 y 2050.	42
Figura 3.7: Río Diamante variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (544 Mm ³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.	43
Figura 3.8: Río Diamante variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento y (b) Abastecimiento Promedio, para distintas Capacidades de Almacenamiento con Niveles de Abastecimiento Fijos para 2020, 2030, 2040 y 2050.	44
Figura 3.9: Río Malargüe variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (0 Mm ³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.	45
Figura 3.10: Río Malargüe variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (0 Mm ³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.	46
Figura 4.1: Demanda brutal total. Cuenca Río Mendoza.	47
Figura 4.2: Fuente de abastecimiento. Demanda Poblacional. Cuenca del Río Mendoza.	48
Figura 4.3: Fuentes de provisión de agua. Demanda Agrícola. Río Mendoza.	49
Figura 4.4: Demanda de agua. Cuenca Río Tunuyán.	50
Figura 4.5: Fuentes de abastecimiento. Demanda Poblacional. Cuenca del Río Tunuyán Superior.	51
Figura 4.6: Fuentes de suministro. Demanda Agrícola. Cuenca Río Tunuyán.	53
Figura 4.7: Demanda hídrica. Cuenca Río Diamante.	55
Figura 4.8: Fuentes de abastecimiento. Demanda Poblacional. Río Diamante.	55
Figura 4.9: Fuentes de abastecimiento. Demanda Agrícola. Río Diamante.	57

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Figura 4.10: Demanda Hídrica. Cuenca Río Atuel.	58
Figura 4.11: Fuentes de abastecimiento. Demanda Poblacional. Río Atuel.	59
Figura 4.12: Fuentes de abastecimiento para la demanda Agrícola. Río Atuel.....	59
Figura 4.13: Fuentes de abastecimiento. Demanda poblacional. Río Malargüe.	61
Figura 4.14: Fuentes de abastecimiento. Demanda Agrícola. Cuenca Río Malargüe.	62
Figura 5.1: Esquema de alternativa 2.1.	64
Figura 5.2: Esquema de alternativa 2.2.	65
Figura 5.3: Esquema de alternativa 2.3.	66
Figura 6.1: Unidad de manejo de referencia.	69
Figura 6.2: Capacidad de almacenamiento.....	70
Figura 7.1: Costo de construcción de reservorios Fuente: Compañía nacional de agua de Israel.	76
Figura 8.1: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3 – 2.2. Río Mendoza.....	86
Figura 8.2: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3 – 2.1. Río Mendoza.....	87
Figura 8.3: Capacidad de almacenamiento requerida. Escenario 2.3 – 2.2. Cuenca del Mendoza.	89
Figura 8.4: Capacidad de almacenamiento requerida. Escenario 2.3 – 2.1. Cuenca del Mendoza.	92
Figura 8.5: Eficiencia pretendida a 2050. Cuenca del Río Tunuyán Inferior.....	107
Figura 8.6: Eficiencia pretendida a 2050. Cuenca del Río Tunuyán Superior.....	108
Figura 8.7: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Tunuyán.....	108
Figura 8.8: Eficiencia pretendida a 2050. Cuenca del río Diamante.....	125
Figura 8.9: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Diamante.	126
Figura 8.10: Eficiencia pretendida a 2050. Cuenca del río Atuel.	134
Figura 8.11: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Atuel.	135
Figura 8.12: Aplicación de las alternativas en cuenca Río Atuel.....	140
Figura 8.13: Eficiencia pretendida a 2050. Cuenca del Río Malargüe.....	143
Figura 8.14: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Malargüe.....	143
Figura 1.1: Cobertura de pozos de agua subterránea (puntos) en las áreas de recarga de Tunuyán Inferior (verde; incluyendo ambas márgenes del río Mendoza), Tunuyán Superior (amarillo), y Diamante y Atuel (rosa). Los cursos de agua se indican con líneas azules.....	153
Figura 1.2: Áreas de recarga administradas que componen las principales cuencas de la provincia de Mendoza. Se desconoce la extensión de los acuíferos más allá de las áreas administradas. Los colores de fondo indican unidades geológicas (leyenda en la Figura 10.3).	154

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Figura 1.3: Columna estratigráfica de la provincia de Mendoza. Los colores corresponden al mapa geológico de la Figura 1.2.....	155
Figura 1.4: Niveles de cloruro de agua subterránea muestreados en la cuenca norte en 2007. Entre una cantidad considerable de pozos (signos x), no se tomaron muestras de datos en 2007 o la incompatibilidad de los códigos/nombres de los pozos dificulta cualquier integración de los datos muestreados después de 2007.	158
Figura 1.5: Niveles de cloruro de agua subterránea muestreados en la cuenca norte en 2010. Entre una cantidad considerable de pozos (signos x), no se tomaron muestras de datos en 2010 o la incompatibilidad de los códigos/nombres de los pozos dificulta cualquier integración de los datos muestreados antes y después de 2010.	159
Figura 1.6: Los niveles de cloruro de agua subterránea se muestrean en la cuenca del norte en 2015. Entre una cantidad considerable de pozos (letreros x), no se muestrearon datos en 2015, o la incompatibilidad de códigos/nombres de pozos obstaculiza cualquier integración de datos muestreada antes de 2015.....	160
<i>Figura 1.7: Niveles de sulfato de aguas subterráneas muestreados en la cuenca norte en 2007. Entre una cantidad considerable de pozos (signos x), no se tomaron muestras de datos en 2007 o la incompatibilidad de los códigos/nombres de los pozos dificulta cualquier integración de los datos muestreados después de 2007.....</i>	<i>161</i>
Figura 1.8: Niveles de sulfato de aguas subterráneas muestreados en la cuenca norte en 2010. Entre una cantidad considerable de pozos (signos x), no se tomaron muestras de datos en 2010 o la incompatibilidad de los códigos/nombres de los pozos dificulta cualquier integración de los datos muestreados antes y después de 2010.....	162
<i>Figura 1.9: Niveles de sulfato de aguas subterráneas muestreados en la cuenca norte en 2015. Entre una cantidad considerable de pozos (signos x), no se tomaron muestras de datos en 2015 o la incompatibilidad de los códigos/nombres de los pozos dificulta cualquier integración de los datos muestreados antes de 2015.....</i>	<i>163</i>

1 INTRODUCCIÓN

Este reporte evalúa las alternativas de inversión seleccionadas, su costo e impacto en el balance hídrico. Para ello, analiza las condiciones actuales y proyecciones futuras de oferta y demanda hídrica en las cuencas provinciales. Las alternativas de inversión se centran en la reducción de pérdidas en los sistemas de conducción y distribución, así como en la evaluación de la capacidad de almacenamiento requerida.

El estudio de disponibilidad de agua superficial se basa en la proyección elaborada dentro del análisis de cambio climático.

1.1 CONTEXTO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El análisis abarca las cinco cuencas hidrográficas de la provincia: los ríos Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel y Malargüe. Cada cuenca se estudia en función de sus características específicas, incluyendo las interacciones entre aguas superficiales y subterráneas, las eficiencias en los sistemas de riego y abastecimiento, y los impactos del cambio climático proyectados hacia el 2050.

El alcance del estudio incluye:

- **Diagnóstico actual:** Evaluación de la oferta y demanda hídrica, identificando las tendencias en la cobertura de la demanda y la afectación por la disminución generalizada de la disponibilidad a futuro.
- **Evaluación de la capacidad de almacenamiento requerida**
- **Simulaciones y proyecciones:** Análisis de las alternativas de inversión y su impacto en la mejora de la cobertura de la demanda. Se considera la capacidad de almacenamiento actual en las cuencas.
- **Análisis de costos:** Estimación de los recursos económicos requeridos para implementar las alternativas seleccionadas.

1.2 RESUMEN TÉCNICO

El análisis de las principales cuencas hídricas de la provincia revela una reducción progresiva en la oferta de agua superficial y un aumento sostenido en la demanda agrícola, poblacional e industrial hacia 2050. Aunque las alternativas evaluadas no eliminan completamente el déficit hídrico, permiten estabilizar la cobertura de la demanda a niveles razonables. La optimización en la distribución, actualización de balances hídricos,

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

modelaciones integradas y mejoras en la gobernanza resultan esenciales para la gestión eficiente del recurso.

Cuenca del Río Mendoza

Se prevé una disminución en la oferta de 1.370 hm³ en 2020 a 1.130 hm³ en 2050, mientras que la demanda crecerá de 2.152 hm³ a 2.364 hm³, generando un déficit creciente de -312 hm³ a -764 hm³. Además de los escenarios de mejora en la eficiencia de riego y conducción, se analizan dos escenarios de abastecimiento poblacional: uno tendencial (pérdidas del 46%) y otro optimizado (reducción de pérdidas al 25%), logrando este último una menor presión sobre los recursos hídricos.

Cuenca del Río Tunuyán

Se prevé una disminución en la oferta de 1.590 hm³ en 2020 a 1.510 hm³ en 2050, mientras que la demanda aumentará de 2.521 hm³ a 2.730 hm³, intensificando el déficit hídrico. Se prioriza la mejora en eficiencia hídrica, particularmente en sistemas no regulados, y la modernización de infraestructura de distribución y aplicación del agua de riego.

Cuenca del Río Diamante

Se prevé una disminución en la oferta de 940 hm³ en 2020 a 690 hm³ en 2050, y la demanda aumentará de 1.276 hm³ a 1.411 hm³, incrementando el déficit de 50 hm³ a 413 hm³. La aplicación de las alternativas de inversión logran revertir esta situación, manteniendo los niveles actuales de cobertura de la demanda.

Cuenca del Río Atuel

Se prevé una disminución en la oferta de 820 hm³ en 2020 a 660 hm³ en 2050, mientras que la demanda crecerá de 997 hm³ a 1.076 hm³, incrementando el déficit de 126 hm³ a 367 hm³. Se identifican inversiones que permiten reducir significativamente el déficit mediante mejoras en conducción y aplicación de riego.

Cuenca del Río Malargüe

Aunque no se observa un déficit hídrico persistente, la ausencia de infraestructura de almacenamiento limita la gestión del recurso.

2 REVISIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA ACTUAL Y PROYECTADA

2.1 INTRODUCCIÓN

2.1.1 Agua Superficial

El análisis de agua superficial disponible se basa en una proyección desarrollada como parte del estudio de cambio climático del IANIGLA. Para ello, se empleó un modelo empírico construido en este informe que utiliza variables meteorológicas como predictores del caudal. Entre las variables consideradas destacan:

- Profundidad de la capa de nieve en las zonas altas de las cuencas de los ríos (4.000 metros, años actual y previo).
- Temperaturas (media anual y máxima).
- Precipitación acumulada.

Los volúmenes previstos de agua superficial disponibles se distribuyen de acuerdo con una distribución lognormal. A partir de esta distribución, se calcularon los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 para cada cuenca, lo que permite analizar los rangos probables de disponibilidad hídrica bajo distintos escenarios.

2.1.2 Agua subterránea

El análisis del agua subterránea se llevó a cabo delimitando las cuencas hidrográficas superficiales y las zonas homogéneas de los acuíferos. Los modelos WEAP empleados incluyen un conjunto integral de elementos como ríos, arroyos nivales y de manantial, canales, subcuencas, usos del agua y todas las interconexiones entre ellos. Utilizando datos climáticos y de uso del recurso, se modelaron los flujos hídricos para representar el comportamiento de cada cuenca.

Las fuentes de recarga modeladas para los acuíferos comprenden:

- Infiltración en los lechos de los ríos.
- Infiltración en zonas de cultivo derivada de la ineficiencia del riego.
- Infiltración en subcuencas sin riego, ajustando por escurrimientos y evapotranspiración.
- Flujos profundos naturales desde zonas homogéneas de acuíferos vecinos hacia los sectores analizados.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Los datos relevados por el Departamento General de Irrigación y por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación nos permiten tener un panorama actual de la situación hídrica. Las proyecciones realizadas para los modelos se hicieron a partir de la información proporcionada por el IANIGLA.

Estos modelos, desarrollados por el Departamento General de Irrigación (DGI), forman la base para determinar los balances hídricos de las cuencas provinciales. Cada cuenca se aborda bajo un modelo conceptual específico que respeta las interacciones entre agua superficial y subterránea, de acuerdo con sus características particulares. (Para describir la oferta actual usamos información relevada por Irrigación y la Subsecretaría de recursos Hídricos de la Nación y las proyecciones, usamos las del IANIGLA)

2.1.3 Agua tratada

El agua tratada es el aquella de uso doméstico que luego de pasar por un tratamiento se puede utilizar para el riego de ciertos cultivos. El potencial de agua tratada para uso agrícola y otros fines se evalúa tomando en cuenta el crecimiento poblacional. El cálculo se realiza considerando que el volumen de agua recibido por la población (descontadas las pérdidas) se multiplica por un factor de 0,66, representando la fracción reutilizable bajo condiciones proyectadas.

Tabla 2.1: Resumen oferta por cuenca en hm³/año.

Década	Fuente	Mendoza	Atuel	Diamante	Malargüe	Tunuyán	Total, Provincia
2030	Agua Superficial	1.506	1.006	1.148	329	1.551	5.540
	*Agua Subterránea	241	51	19	-	740	1.051
	**Agua Tratada	119	10	14	3	39	184
	Total Cuenca	1.867	1.067	1.181	332	2.330	6.775
2040	Agua Superficial	922	615	703	202	830	3.272
	*Agua Subterránea	241	50	15	-	712	1.018
	Agua Tratada	129	10	14	3	42	199
	Total Cuenca	1.292	675	732	205	1.584	4.489
2050	Agua Superficial	893	596	681	195	857	3.222
	*Agua Subterránea	242	49	14	-	658	963
	Agua Tratada	139	11	15	4	45	214
	Total Cuenca	1.273	656	710	199	1.560	4.399

* Aguas Subterráneas según la gestión sostenible del acuífero

** Agua Tratada - potencial, excede la capacidad de tratamiento actual

2.2 OFERTA RÍO MENDOZA

2.2.1 Agua superficial

La cuenca del río Mendoza es una de las principales fuentes de agua superficial de la provincia, abasteciendo consumo humano, riego y actividades productivas. Con un recorrido de 273 km, el río concentra su oferta hídrica en la cordillera principal, donde los ríos Vacas, Cuevas y Tupungato aportan un caudal anual promedio significativo. Además, afluentes permanentes y temporales, junto con el deshielo primaveral, contribuyen de manera crucial al caudal total.

Los años de sequía severa han impactado los niveles de agua superficial en los ríos. Es importante destacar que el aporte a los mismos proviene del deshielo de la Cordillera de los Andes. Esto afecta directamente sobre el caudal que luego llevarán los ríos una vez iniciada la temporada de primavera-verano.

A continuación, se muestran los valores de agua superficial disponibles actual proporcionados por el DGI y además las proyecciones calculadas para la cuenca del Río Mendoza a partir de las del IANIGLA.

Tabla 2.2: Valores registrados de volumen de agua del Río Mendoza.

Año	Mendoza A.D (hm ³ /año)
2000-01	1.644
2001-02	1.575
2002-03	1.622
2003-04	1.464
2004-05	1.066
2005-06	2.300
2006-07	1.923
2007-08	1.451
2008-09	1.868
2009-10	1.431
2010-11	849
2011-12	1.004
2012-13	1.049
2013-14	1.089
2014-15	940
2015-16	1.309
2016-17	1.517
2017-18	1.030
2018-19	950
2019-20	857
2020-21	910

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Los valores de agua disponible de los últimos 20 años para el Río Mendoza son:

Tabla 2.3: Agua disponible Mendoza, percentiles anuales - Agua disponible total del Río Mendoza ($hm^3/año$).

Cuenca	Percentil	2020	2030	2040	2050
Mendoza	5	913,7	850,6	817,8	777,1
	10	1.014,1	938,3	905,2	847,5
	25	1.206,3	1.105,2	1.072,0	979,2
	50	1.463,4	1.326,0	1.294,1	1.150,0
	75	1.774,7	1.590,4	1.561,8	1.350,3
	90	2.113,1	1.874,8	1.851,3	1.561,5
	95	2.344,0	2.067,3	2.048,2	1.702,3

Las proyecciones indican una disminución del 14% en la oferta hacia 2050, pasando de 1300 hm^3 en la década de 2030 a 1.150 hm^3 . Este descenso, influenciado por el cambio climático y la creciente demanda, plantea desafíos importantes para la gestión de los recursos superficiales.

2.2.2 Agua subterránea

A partir de los datos del Balance Hídrico del acuífero Margen Izquierda del Río Mendoza se elaboró un modelo que permite contemplar todos los procesos hidrogeológicos que suceden en la cuenca. La principal fuente de abastecimiento de agua es el Río Mendoza, y además se incluyen las precipitaciones y derrames ocasionales de las subcuencas pedemontanas. Este aporte se estima en un 5% del volumen anual del río. Además, una recarga importante del acuífero proviene del riego de donde las pérdidas de agua se infiltran en la cuenca.

Del balance hídrico podemos observar que la extracción promedio anual de los últimos 20 años del acuífero ha variado de 300 hm^3 a inicios de la década hasta 400 hm^3 , lo que refleja un aumento en la demanda de agua por parte de estos. A estos se le suman salida del acuífero, que es el agua que se trasvasa de una cuenca a otra en el límite.

Las infiltraciones y recargas del acuífero rondan los 1000 hm^3 según los datos del 2000 al 2020. Valores que se han mantenido cercanos al promedio y que indican que el agua de recarga bajo los niveles de eficiencia actuales mantiene valores estables con el paso del tiempo.

Un aumento en la eficiencia del sistema de riego si bien se traduce en una disminución de la demanda, considerando que no aumenta la superficie de cultivo. Al tratarse de un

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

sistema donde la infiltración juega un papel significativo en la recarga de estos, una mejora en eficiencia traería aparejada una disminución en la recarga del acuífero.

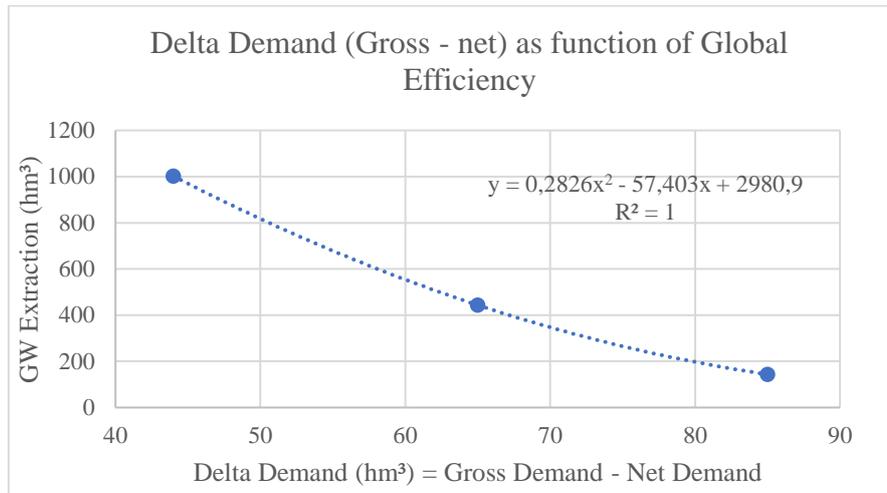


Figura 2.1: Gráfico variación entra la demanda bruta y la neta como función de la eficiencia global.

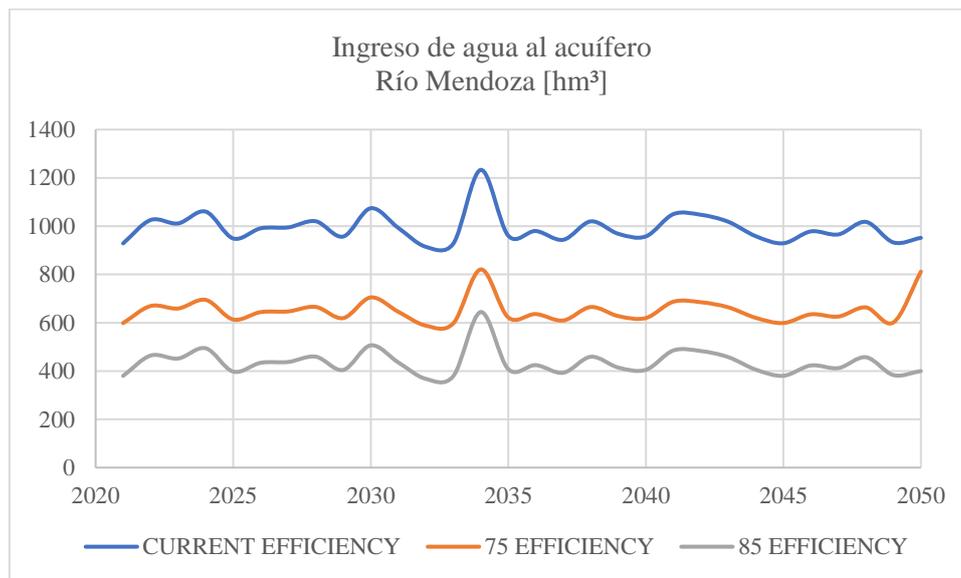


Figura 2.2: Proyección del ingreso de agua al acuífero Río Mendoza del 2021 al 2050.

2.2.3 Agua tratada

El volumen proyectado de agua tratada en la cuenca del río Mendoza incrementará levemente, desde 119 hm³ en 2030 a 139 hm³ en 2050, representando un recurso estratégico para complementar la oferta hídrica. Este crecimiento se limita por la capacidad de las plantas de tratamiento, principalmente El Paramillo y Campo Espejo, que actualmente procesan más del 70% del volumen tratado en la cuenca.

La utilización de agua tratada en riego permite su aplicación en cultivos específicos, dependiendo de las normativas de calidad del agua. La demanda asociada a este tipo de

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

agua sigue creciendo, impulsada por la necesidad de diversificar las fuentes disponibles y asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico en el mediano y largo plazo.

Ampliar la infraestructura de tratamiento para maximizar el uso potencial del agua tratada, frente a escenarios de creciente estrés hídrico y reducción de la oferta superficial proyectada resulta de gran importancia para la cuenca.

Tabla 2.4: Agua tratada proyecciones 2030-2050.

Cuenca	Agua tratada. Volumen proyectado en hm ³ /año			
	2020	2030	2040	2050
Mendoza	106	119,2	128,8	139,2

2.3 OFERTA RÍO TUNUYÁN

2.3.1 Agua superficial

La cuenca del río Tunuyán abarca 18.954 km², localizada en la zona centro-norte y centro de Mendoza. Nace en los glaciares de la cordillera principal, al suroeste del Volcán Tupungato, y recorre el Valle de Uco hasta extinguirse en la llanura de travesía del este mendocino. Su cauce se organiza en tres subcuencas:

- **Subcuenca Alta:** Comprende el sector montañoso hasta la estación de aforos Valle de Uco, con ríos y arroyos de régimen nival como Las Tunas, Yaucha y Aguanda.
- **Subcuenca Media:** Se desarrolla en el oasis del Valle de Uco, una planicie aluvial con importantes aportes de arroyos provenientes del Cordón del Plata.
- **Subcuenca Baja:** Se extiende desde las Huayquerías hasta La Paz, incluyendo el oasis de riego aguas abajo del embalse El Carrizal.

El río recibe aportes significativos por ambas márgenes a lo largo de su recorrido. En el tramo alto, destacan los arroyos Yaucha y Aguanda, mientras que en el Valle de Uco confluyen, entre otros, los arroyos Claro, Caroca y Guiñazú. Aguas abajo, el embalse El Carrizal regula el caudal del Tunuyán Inferior, marcando un límite administrativo clave definido por el Departamento General de Irrigación (DGI).

A continuación, se muestran los valores de agua superficial disponibles actual proporcionados por el DGI y además las proyecciones calculadas para la cuenca del Río Mendoza a partir de las del IANIGLA.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

La siguiente tabla muestra los valores de agua disponible del Río Tunuyán para los últimos 20 años.

Tabla 2.5: Valores registrados de volumen de agua del Río Tunuyán.

Año	Tunuyán A.D (hm ³)
2000-01	1.535
2001-02	1.699
2002-03	1.817
2003-04	1.304
2004-05	1.195
2005-06	2.123
2006-07	1.684
2007-08	1.380
2008-09	1.655
2009-10	1.343
2010-11	1.035
2011-12	1.078
2012-13	1.133
2013-14	1.189
2014-15	1.069
2015-16	1.691
2016-17	1.468
2017-18	993
2018-19	973
2019-20	812
2020-21	1.101

Tabla 2.6: Agua disponible total del Río Tunuyán (hm³).

Cuenca	Percentil	2020	2030	2040	2050
Tunuyán	5	1.276,0	1.244,2	1.249,9	1.223,0
	10	1.346,2	1.314,5	1.316,9	1.284,8
	25	1.474,7	1.443,5	1.439,3	1.397,0
	50	1.636,0	1.605,7	1.592,5	1.536,3
	75	1.819,2	1.790,4	1.765,9	1.692,8
	90	2.006,2	1.979,2	1.942,4	1.850,7
	95	2.128,1	2.102,5	2.057,3	1.952,9

Las proyecciones indican una ligera disminución de aproximadamente el 5% para el año 2050. Pasamos de tener 1600 hm³ disponibles en el año 2030 a 1530 hm³ para el 2050. Las proyecciones muestran un descenso en el agua superficial disponible para las décadas futuras. En el caso de la cuenca del Río Tunuyán este descenso es menor.

2.3.2 Agua subterránea

El agua subterránea de la cuenca del río Tunuyán tiene su recarga principalmente mediante infiltraciones en las cordilleras Principal y Frontal, los arroyos nivales, el lecho del río Tunuyán y las percolaciones profundas de los sistemas de riego y napas freáticas. La hidrogeología de la cuenca es compleja, con dinámicas de recarga que alimentan acuíferos conectados al sistema de riego y al flujo superficial, particularmente en el Valle de Uco y aguas abajo del embalse El Carrizal. Además, el modelo hidrogeológico que se utilizó para estudiar el agua subterránea en esta cuenca incluye la precipitación, las derivaciones de riego, las extracciones de agua subterránea y las transferencias hacia acuíferos vecinos.

Para evaluar las extracciones, se diferencian las áreas de uso exclusivo de agua subterránea, independientes de la oferta hídrica superficial, de aquellas que la utilizan como complemento. Este enfoque permite estimar los volúmenes extraídos y correlacionarlos con la oferta promedio del sistema, representada por los derrames de los ríos Mendoza y Tunuyán en puntos clave como Potrerillos y El Carrizal.

Para el Tunuyán Superior el período del 2001 al 2020 trajo consigo un descenso en los volúmenes de agua que ingresaban al acuífero. Para el 2001 entraban 802 hm³ de agua al año, pero para el 2020 el volumen cae un 19%, a 654 hm³ anuales. Si analizamos en términos de extracción de agua subterránea, estas dos décadas muestran que el consumo ha ido en aumento de 319 hm³ a 453 hm³ por año. En términos de variación del almacenaje, el acuífero presenta un comportamiento fluctuante con tendencia a la disminución del agua que contiene.

A partir de las proyecciones realizadas sobre esta cuenca se muestra el siguiente gráfico de ingresos de agua al acuífero.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

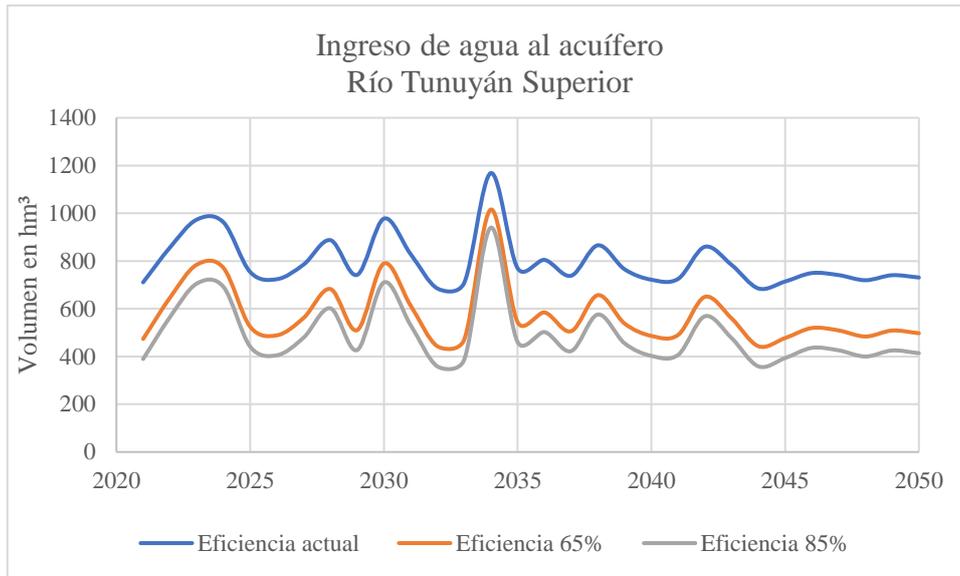


Figura 2.3: Proyección ingreso de agua al acuífero cuenca Tunuyán Superior 2021-2050.

Las simulaciones realizadas permiten concluir que una mejorar la eficiencia para la cuenca del Tunuyán Superior trae aparejado descensos en los volúmenes de agua que ingresan al acuífero.

Para el caso del Tunuyán Inferior, si analizamos el período 2001-2020 podemos ver que los ingresos de agua al acuífero van en descenso de 600 hm³/año para inicios de la década a 450 hm³/año para el 2020. Por otro lado, los valores de extracción de agua subterránea para el mismo período se mantienen estables y rondan los 290 hm³/año. Si por último analizamos la variación del almacenamiento, el cual contempla además de los ingresos y extracciones si no también las salidas de acuífero, podemos notar una ligera caída de este en estas últimas dos décadas.

Las proyecciones realizadas sobre a la cuenca del Río Tunuyán muestran lo siguiente:

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

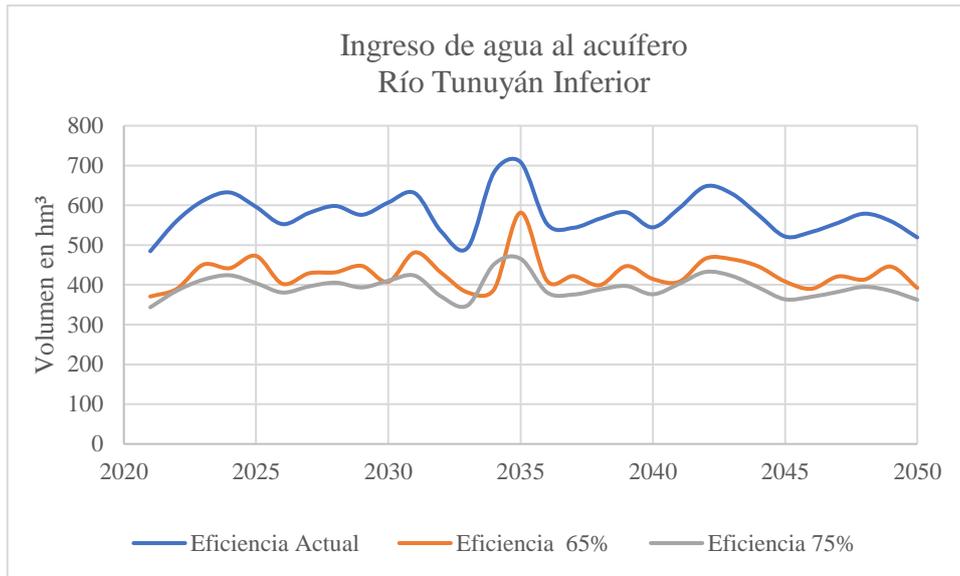


Figura 2.4: Proyección ingreso de agua al acuífero cuenca Tunuyán Inferior 2021-2050.

Podemos ver que una mejora en la eficiencia implica una disminución en el ingreso de agua a los acuíferos de la zona. Esta mejora se traduce en menores pérdidas de agua durante los riegos de cultivos, pero también una disminución de recarga del agua subterránea. Si bien, el salto de la eficiencia actual (45% aproximadamente) al 65% implica una disminución notoria, podemos apreciar que una mejora de 10 puntos (llegar al 75%) hace que la disminución de los ingresos no sea tan marcada y se mantenga cerca a la de la eficiencia del 65%.

2.3.3 Agua tratada

El agua tratada en la cuenca del río Tunuyán constituye una fuente complementaria significativa para la gestión hídrica, especialmente en los oasis de riego. En el Tunuyán Superior, el volumen tratado aumentará de 13,1 hm³ en 2030 a 15,8 hm³ en 2050, mientras que en el Tunuyán Inferior se proyecta un crecimiento de 26 hm³ a 30 hm³ en el mismo período.

Tunuyán tiene una planta de tratamiento perteneciente a AYSAM que atiende a la ciudad cabecera de departamento; para una población servida aproximada de 16.700 habitantes; el tratamiento es en lagunas secundaria cuyo vuelco estimado de alrededor de 4,677 m³/día se deriva a melgas de infiltración que ocupan una superficie de 80 ha, y sus efluentes previos un incompleto tratamiento, vuelcan al río Tunuyán cuando egresa de la cuenca.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

San Carlos tiene una planta de tratamiento de efluentes perteneciente a AYSAM con una laguna que procesa aproximadamente 2.022 m³/día proveniente de una población servida de alrededor de 7.721 habitantes de la zona urbana. Los efluentes se derivan a una zona de A.C.R.E. de aproximadamente 50 ha de una capacidad total de 100 ha. Actualmente la planta está siendo renacionalizada.

El servicio cloacal para la cuenca del Tunuyán Inferior es coincidente con las áreas urbanas más densamente pobladas. Los centros urbanos en la Subcuenca del Tunuyán Inferior que se encuentran abastecidos con el servicio de colectores cloacales son San Martín, Junín, Rivadavia, Palmira, Barriales, La Libertad, Los Otoyanes, Mirador, La Paz, Ingeniero Giagnoni y Santa Rosa.

Con base en la proyección de crecimiento poblacional y la expansión agrícola en la región, se espera que la demanda de agua tratada siga en aumento.

Tabla 2.7: Agua tratada proyecciones Tunuyán 2030-2050.

Cuenca	Agua tratada. Volumen proyectado en hm ³ /año			
	Volumen	2030	2040	2050
Tunuyán Superior	4	13,1	14,4	15,8
Tunuyán Inferior	12	26	28	30

2.4 OFERTA RÍO DIAMANTE

2.4.1 Agua superficial

El río Diamante recorre 338 km desde la Laguna del Diamante, en la cordillera de los Andes, hasta su confluencia con el río Desaguadero. La cuenca, de 11.000 km², abarca los departamentos de San Carlos, San Rafael y General Alvear. Los escurrimientos provienen principalmente del deshielo de nieves y glaciares, con aportes menores por lluvias convectivas en verano. Su régimen termo nival presenta picos de caudal en diciembre y enero, con estiaje en invierno.

El monitoreo de los caudales se realiza principalmente en la estación La Jaula, aguas arriba de la presa Agua del Toro. Aguas abajo, aportes adicionales como los de los arroyos Carrizalito y Hondo, junto a escurrimientos pluviales, complementan la oferta hídrica regulada por el sistema de presas del Diamante (Agua del Toro, Los Reyunos y El Tigre).

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

A continuación, se muestran los valores de agua superficial disponibles de las últimas dos décadas proporcionadas por el DGI y, por otro lado, las proyecciones calculadas para la cuenca del Río Mendoza del IANIGLA.

Tabla 2.8: Volúmenes de agua registrados Río Diamante.

Año	Diamante A.D (hm ³)
2000-01	1.477
2001-02	1.516
2002-03	1.774
2003-04	1.086
2004-05	985
2005-06	1.846
2006-07	1.417
2007-08	1.017
2008-09	1.161
2009-10	1.106
2010-11	705
2011-12	715
2012-13	840
2013-14	711
2014-15	660
2015-16	1.027
2016-17	989
2017-18	718
2018-19	676
2019-20	526
2020-21	666

Proyecciones de la oferta para el Río Diamante.

Tabla 2.9: Agua disponible Diamante, percentiles anuales - Agua disponible total del Río Diamante (hm³).

Cuenca	Percentil	2020	2030	2040	2050
Diamante	5	554,1	498,1	424,9	366,3
	10	606,8	551,0	476,5	408,0
	25	705,8	651,8	576,8	488,4
	50	835,2	785,8	713,3	596,5
	75	988,0	947,1	881,9	728,4
	90	1.150,3	1.121,4	1.068,5	872,7
	95	1.259,0	1.239,8	1.197,6	971,7

Las proyecciones indican una disminución del 24% en la oferta hacia 2050, pasando de 785,8 hm³ en la década de 2030 596,5 hm³ para 2050. Este descenso puede verse influenciado por el cambio climático y el aumento esperado para la demanda en los años futuros.

2.4.2 Agua subterránea

El acuífero subterráneo del río Diamante se recarga principalmente mediante infiltraciones en el lecho del río y los aportes de los arroyos nivales, además de percolaciones profundas provenientes de las áreas bajo riego.

Los modelos hidrológicos consideran la precipitación, el riego y las extracciones para evaluar la dinámica del acuífero. Se realizan balances para determinar los volúmenes de ingreso y egreso, lo que permite planificar su uso sostenible en conjunto con el sistema superficial.

Cuando se analiza el modelo del acuífero del Río Diamante se observa que los volúmenes de agua que ingresaron durante los últimos 20 años vienen en descenso. Por otro lado, la extracción de agua subterránea ha aumentado para el mismo período. Esto denota que las variaciones de agua en el acuífero describen un descenso en su almacenamiento.

Si vemos las proyecciones realizadas con la eficiencia actual en el sistema, los valores de agua que ingresan, se mantienen fluctuantes, pero entorno a un valor de 1.390 hm³, sin descenso o aumentos marcados.

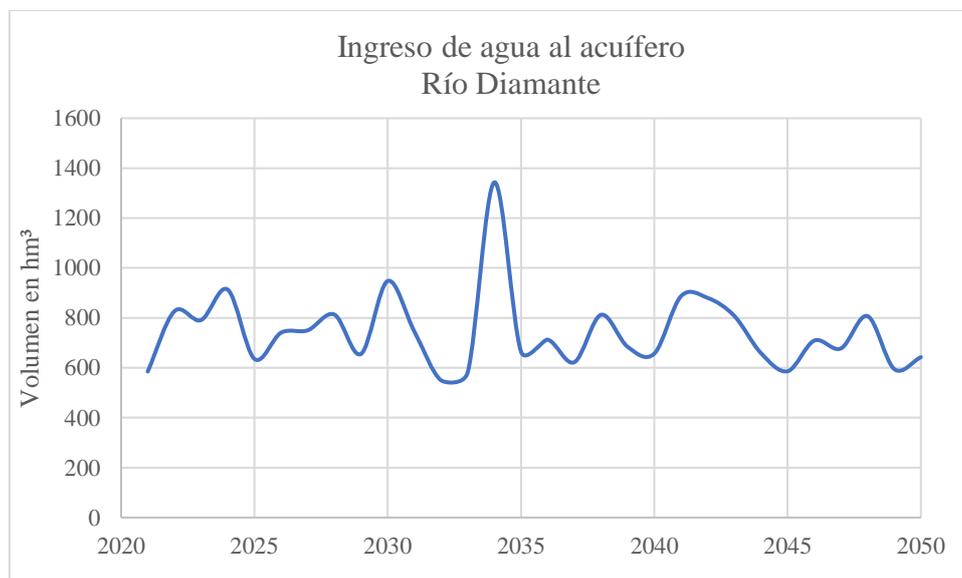


Figura 2.5: Proyección ingreso de agua al acuífero Río Diamante 2021-2050.

2.4.3 Agua tratada

En la cuenca del río Diamante, un alto porcentaje de la población de la ciudad de San Rafael cuenta con acceso al servicio de recolección y tratamiento de efluentes domiciliarios, provisto por la empresa AySAM SAPEM. La principal planta de tratamiento es el Establecimiento Depurador Cuadro Nacional, que procesa diariamente 12.700 m³ de efluentes. Estos se reutilizan con fines agrícolas en un predio del Ejército Argentino, irrigando una superficie de 250 hectáreas, lo que constituye el principal A.C.R.E (Área de Cultivo con Reúso de Efluentes) del departamento.

Otra planta, denominada 25 de Mayo, irriga un A.C.R.E más pequeño de 6 hectáreas en la localidad homónima.

Este recurso es clave para disminuir la presión sobre el agua superficial y subterránea, contribuyendo a una gestión más eficiente de la cuenca. Podemos ver que del 2030 al 2050 existirá un aumento del agua tratada.

Tabla 2.10: Agua tratada Río Diamante proyecciones 2021-2050.

Cuenca	Agua tratada. Volumen proyectado en hm ³ /año			
	2020	2030	2040	2050
Diamante	5	13,6	14,3	15,1

2.5 OFERTA RÍO ATUEL

2.5.1 Agua superficial

El río Atuel, con una longitud de desarrollo de aproximadamente 600 km, nace en la laguna homónima en la cordillera de los Andes, a 3.500 m.s.n.m. Su cuenca, de régimen termonival, abarca principalmente los departamentos de San Rafael, Malargüe y General Alvear. La cuenca activa se encuentra en la región oriental, con precipitaciones pluvio-nivales que oscilan entre 600 y 800 mm anuales, mientras que en la región occidental las precipitaciones son menores, con 250 mm anuales.

El río atraviesa el Cañón del Atuel y la depresión de los Huarpes antes de ingresar en la planicie cuyana, donde se caracteriza por su sistema anastomosado. Los aportes hídricos provienen de la fusión de nieves y precipitaciones pluviales estacionales, con picos de caudal en diciembre y enero, y estiaje en junio y julio.

El monitoreo de los caudales incluye estaciones como Puente Sosneado, Cañada Ancha y La Angostura, siendo el embalse El Nihuil el principal punto de cierre. Entre La

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Angostura y El Nihuil, se observan pérdidas de caudal por infiltración y derivaciones laterales, mientras que los ingresos al embalse se calculan con balances hídricos considerando el periodo 2000-2021. A continuación, se muestran los valores de agua superficial disponible de las últimas dos décadas (desde el 2000 hasta el 2021).

Tabla 2.11: Volúmenes de agua registrados Río Atuel.

Año	Atuel A.D (hm ³)
2000-01	1.269
2001-02	1.358
2002-03	1.480
2003-04	1.034
2004-05	919
2005-06	1.637
2006-07	1.342
2007-08	927
2008-09	1.049
2009-10	943
2010-11	627
2011-12	681
2012-13	692
2013-14	579
2014-15	567
2015-16	777
2016-17	809
2017-18	611
2018-19	594
2019-20	474
2020-21	569

Las proyecciones elaboradas a partir de la información proporcionada por el IANIGLA arrojaron los siguientes valores de oferta para las décadas futuras. Podemos apreciar una disminución en la oferta para el 2050 del 24% con respecto a la oferta prevista para el 2030.

Tabla 2.12: Agua disponible Atuel, percentiles anuales - Agua disponible total del Río Atuel (hm³).

Cuenca	Percentil	2020	2030	2040	2050
Atuel	5	787,3	732,7	671,9	556,7
	10	846,2	789,3	718,0	600,7
	25	954,3	893,5	802,0	681,9
	50	1.090,9	1.025,7	907,1	785,4
	75	1.246,7	1.177,2	1.025,7	904,2
	90	1.406,8	1.333,5	1.146,3	1.027,2
	95	1.511,6	1.436,1	1.224,6	1.108,1
	90	383,5	377,1	370,7	314,0
	95	415,7	409,7	416,3	355,3

2.5.2 Agua subterránea

La cuenca del río Atuel presenta una interacción significativa entre las aguas superficiales y subterráneas, especialmente en áreas como la depresión de los Huarpes, donde se producen infiltraciones y emergencias de agua que alimentan bañados y esteros. Las percolaciones desde el lecho del río y las derivaciones laterales también contribuyen a recargar acuíferos en la región media y baja de la cuenca.

Estas interacciones juegan un rol crucial en la sostenibilidad hídrica, especialmente en zonas con alta demanda agrícola y donde las aguas subterráneas sirven como complemento en épocas de estiaje. Los modelos de balance hídrico utilizados consideran las infiltraciones, las extracciones y las transferencias hacia acuíferos vecinos.

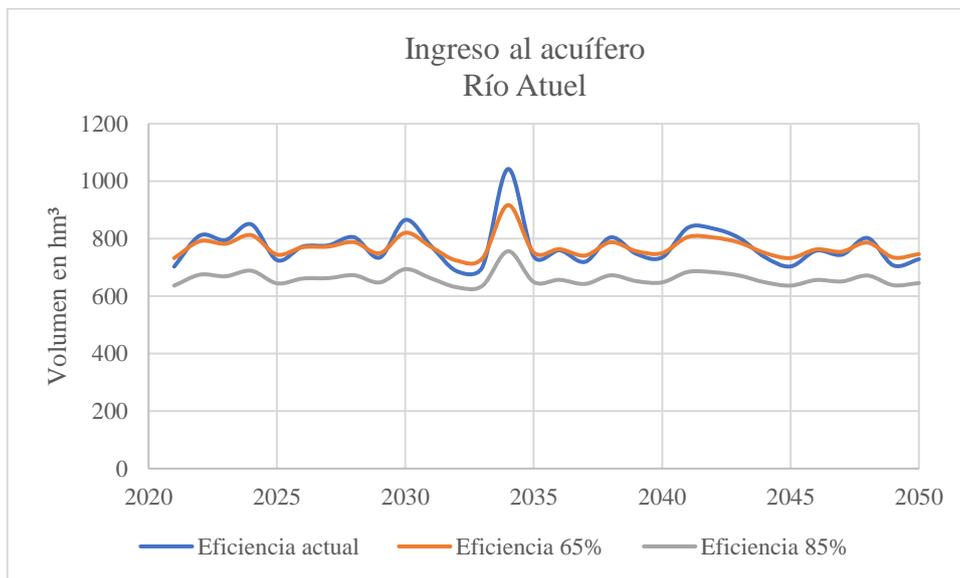


Tabla 2.13: Proyecciones ingreso de agua al acuífero Río Atuel 2021-2050.

Al analizar el escenario actual con una eficiencia del 45%, podemos ver que los ingresos del acuífero se mantienen constantes con el paso del tiempo sin mostrar descensos ni ascensos abruptos en la curva de volúmenes de agua proyectados. El cambio en la eficiencia se traduce como una disminución de estos ingresos, trasladando la curva ligeramente a volúmenes menores (pasando de 45% a 65% de eficiencia). El salto de eficiencia del 65% al 85% si significa un cambio mayor en los volúmenes de ingreso al acuífero, bajando la curva a valores que promedian los 660 hm³.

2.5.3 Agua tratada

En la cuenca del río Atuel, el tratamiento y reúso de aguas residuales se encuentra en etapa de consolidación, con una contribución significativa de la planta de tratamiento de

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

efluentes cloacales ubicada en la ciudad de General Alvear, gestionada por la empresa AySAM SAPEM. Esta planta trata diariamente 6.139 m³ de efluentes.

Aunque el uso actual de agua tratada tiene una menor incidencia en comparación con las fuentes superficiales y subterráneas, su potencial para reúso agrícola y urbano alivia la presión sobre los recursos hídricos tradicionales. La ampliación de la infraestructura y el fomento de proyectos de reúso podrían incrementar su aplicación en zonas agrícolas del departamento de General Alvear, promoviendo una gestión hídrica más sostenible en la región. La siguiente tabla muestra los valores proyectados de oferta de agua tratada a partir del agua poblacional que se reutilizará en las futuras décadas.

Tabla 2.14: Agua tratada Río Atuel proyecciones 2030-2050.

Cuenca	Agua tratada. Volumen proyectado en hm ³ /año			
	2020	2030	2040	2050
Atuel	4	9,7	10,2	10,6

2.6 OFERTA RÍO MALARGÜE

2.6.1 Agua superficial

El río Malargüe, de 73 km de longitud, se origina en el lago Malargüe a 2.500 m.s.n.m. y desemboca en la laguna de Llancanelo, siendo su principal afluente. Su cuenca, la única endorreica de la provincia, abarca 11.146 km² y comprende principalmente el departamento Malargüe y una pequeña porción de San Rafael.

El río presenta un régimen termonival, con máximos de caudal en la temporada estival. A lo largo de su recorrido, recibe aportes significativos de arroyos como Torrecillas, Lagunitas, Agua Hedionda, Pincheira, y Loncoche, entre otros. La determinación de las ofertas hídricas normal y seca se basa en los caudales registrados en la Estación de Aforos La Barda, utilizando datos de la Secretaría de Infraestructura y Políticas Hídricas (SIyPH) de la Nación para la serie temporal 2000-2021.

Además de los caudales del río principal, la cuenca incluye ríos y arroyos secundarios que alimentan la laguna de Llancanelo, como Butamallín, Chacay, Álamo, Mocho y Malo, que contribuyen a la oferta hídrica total de este sistema endorreico.

Registros de agua disponible superficial del 2000 al 2021.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 2.15: Volúmenes de agua registrados Río Malargüe.

Año	Malargüe A.D (hm ³)
2000-01	475
2001-02	466
2002-03	442
2003-04	263
2004-05	371
2005-06	627
2006-07	397
2007-08	320
2008-09	346
2009-10	297
2010-11	149
2011-12	187
2012-13	192
2013-14	146
2014-15	132
2015-16	340
2016-17	204
2017-18	142
2018-19	149
2019-20	140
2020-21	190

Proyecciones de agua disponible para el Río Malargüe para las futuras décadas.

Tabla 2.16: Agua disponible Atuel, percentiles anuales - Agua disponible total del Río Atuel (hm³).

Cuenca	Percentil	2020	2030	2040	2050
Malargüe	5	200,1	193,0	145,0	115,7
	10	217,0	209,8	162,9	130,9
	25	248,3	241,0	197,9	161,0
	50	288,4	281,2	245,6	202,7
	75	335,0	328,0	304,9	255,1
	90	383,5	377,1	370,7	314,0
	95	415,7	409,7	416,3	355,3

2.6.2 Agua subterránea

La interacción entre las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del río Malargüe es moderada, influida por las infiltraciones a lo largo del recorrido del río y de los arroyos

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

secundarios que aportan al sistema. La dinámica hídrica subterránea en áreas cercanas a la laguna de Llancanelo es clave para mantener sus niveles y ecosistemas asociados. Estas aguas subterráneas son alimentadas por las percolaciones desde el río principal y sus afluentes, además de aportes provenientes de las vertientes y pozos permanentes en la región, como los Menucos y Carapacho.

2.6.3 Agua tratada

Actualmente, la ciudad de Malargüe no dispone del servicio de recolección y tratamiento de efluentes domiciliarios. Aunque parte de la red de infraestructura ya está ejecutada, la planta de tratamiento aún se encuentra en proceso de construcción. Este desarrollo es crucial para atender las necesidades de la población urbana y reducir el impacto sobre los recursos hídricos locales, especialmente en el contexto de un sistema endorreico como el de la laguna de Llancanelo.

Tabla 2.17: Agua tratada Río Malargüe proyecciones 2030-2050.

Cuenca	Agua tratada. Volumen proyectado en hm ³ /año			
	2020	2030	2040	2050
Malargüe	-	3,1	3,3	3,6

3 REVISIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SOSTENIBLE POR DÉCADA

3.1 GENERALIDADES

La oferta hídrica sostenible se define como la cantidad de agua disponible que puede garantizar un abastecimiento confiable para los distintos usos, considerando las restricciones físicas, climáticas, de infraestructura y de gestión.

Este concepto implica evaluar no solo el volumen de agua que puede ser utilizado en el presente, sino también la capacidad de mantener ese uso en el tiempo sin comprometer la disponibilidad a futuro.

Para cada cuenca, la oferta sostenible se determina mediante simulaciones que incorporan variaciones en la capacidad de almacenamiento y las demandas futuras proyectadas, así como distintos niveles de confiabilidad (como el 90% y el 80%).

Los resultados reflejan la relación entre las infraestructuras existentes, los usos del agua, y la necesidad de optimizar la gestión para maximizar el abastecimiento bajo diferentes escenarios climáticos y de demanda.

3.2 OFERTA SOSTENIBLE RÍO MENDOZA

La cuenca del Río Mendoza se caracteriza por su dependencia de las infraestructuras de almacenamiento. Las primeras simulaciones se hicieron a partir de la capacidad actual de almacenamiento (395 hm³), aumentando el nivel de abastecimiento entre 800 y 2 000 hm³ por año.

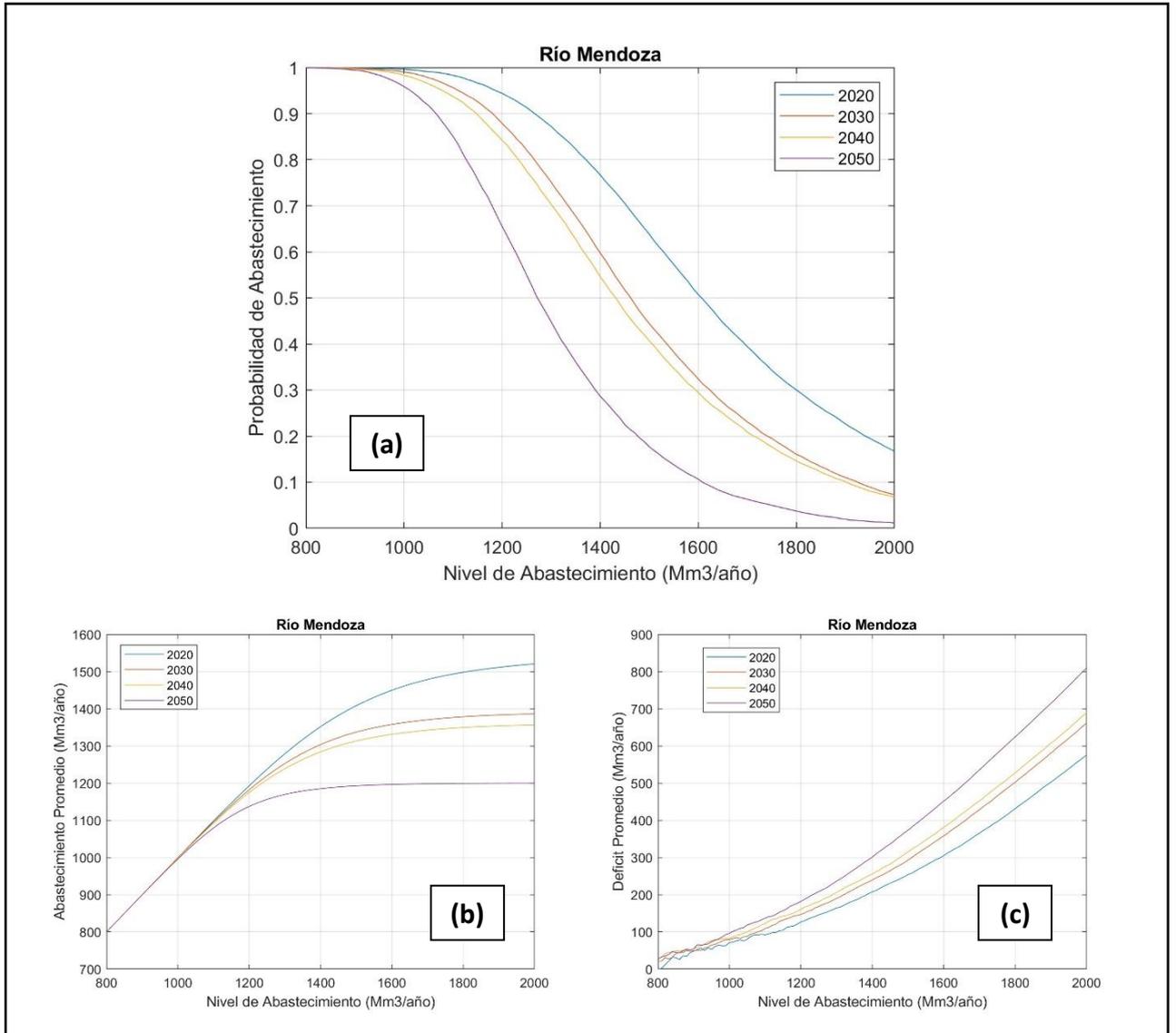


Figura 3.1: Río Mendoza variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (395 hm³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.

A continuación, se muestran los valores obtenidos para una confiabilidad de 90% y de 80%, en cada década.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 3.1: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en hm³ en la cuenca del Río Mendoza para Niveles de confiabilidad del 90 y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050). Capacidad de Almacenamiento, 395 hm³.

Nivel de Confiabilidad	90%				80%			
Década	2020 ¹	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento	1270	1180	1150	1070	1370	1270	1230	1130
Abastecimiento Promedio	1255	1166	1136	1057	1333	1235	1197	1101
Déficit Promedio	151	137	138	121	188	172	170	146

Luego en otra etapa se realizaron simulaciones a partir de los niveles de abastecimiento obtenidos para un 90 % de nivel de confiabilidad, realizando variaciones de manera progresiva en la capacidad de almacenamiento de 395 hm³ hasta 800 hm³. Las simulaciones muestran que la confiabilidad de abastecimiento mejora significativamente al aumentar la capacidad de almacenamiento, alcanzando valores superiores al 96% para 800 hm³, pero embargo el nivel de abastecimiento promedio no aumenta en forma considerable (menos de 10 m³). Sin embargo, el incremento en la oferta promedio es marginal, evidenciando que la sostenibilidad en esta cuenca no se limita a la infraestructura, sino que requiere mejoras en la eficiencia de uso y la gestión de las reservas hídricas. Esto subraya la importancia de considerar tanto la dimensión física como la administrativa en la sostenibilidad de la oferta.

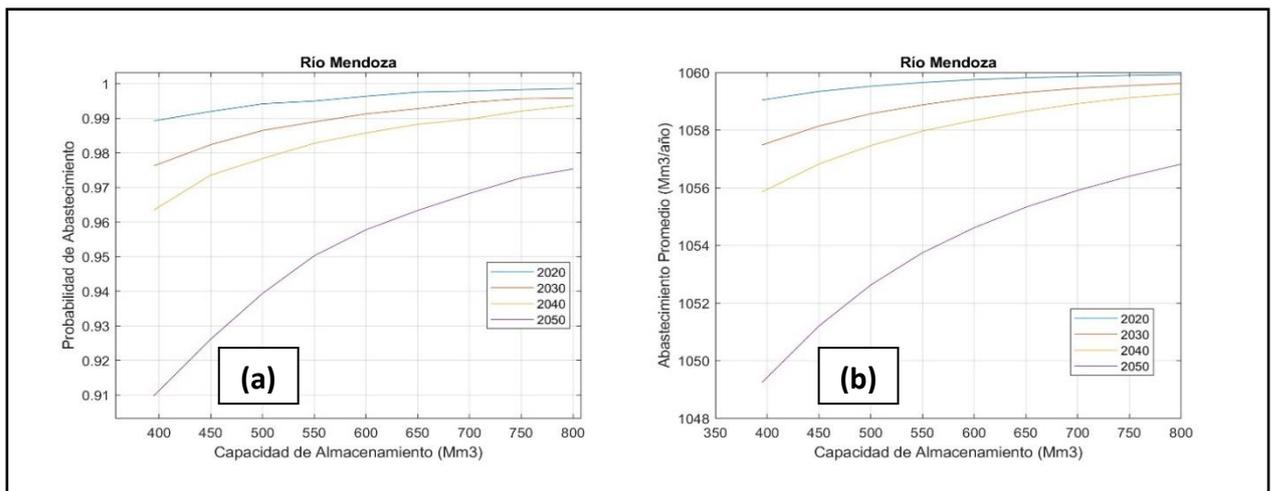


Figura 3.2: Río Mendoza variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento y (b) abastecimiento Promedio, para distintas Capacidades de Almacenamiento con Niveles de Abastecimiento Fijos para 2020, 2030, 2040 y 2050.

3.3 OFERTA SOSTENIBLE RÍO TUNUYÁN

La cuenca del Río Tunuyán posee una capacidad de almacenamiento de 276 hm³. Se realizaron simulaciones para su capacidad actual, cambiando el nivel de abastecimiento entre 1.000 y 2.200 hm³ por año.

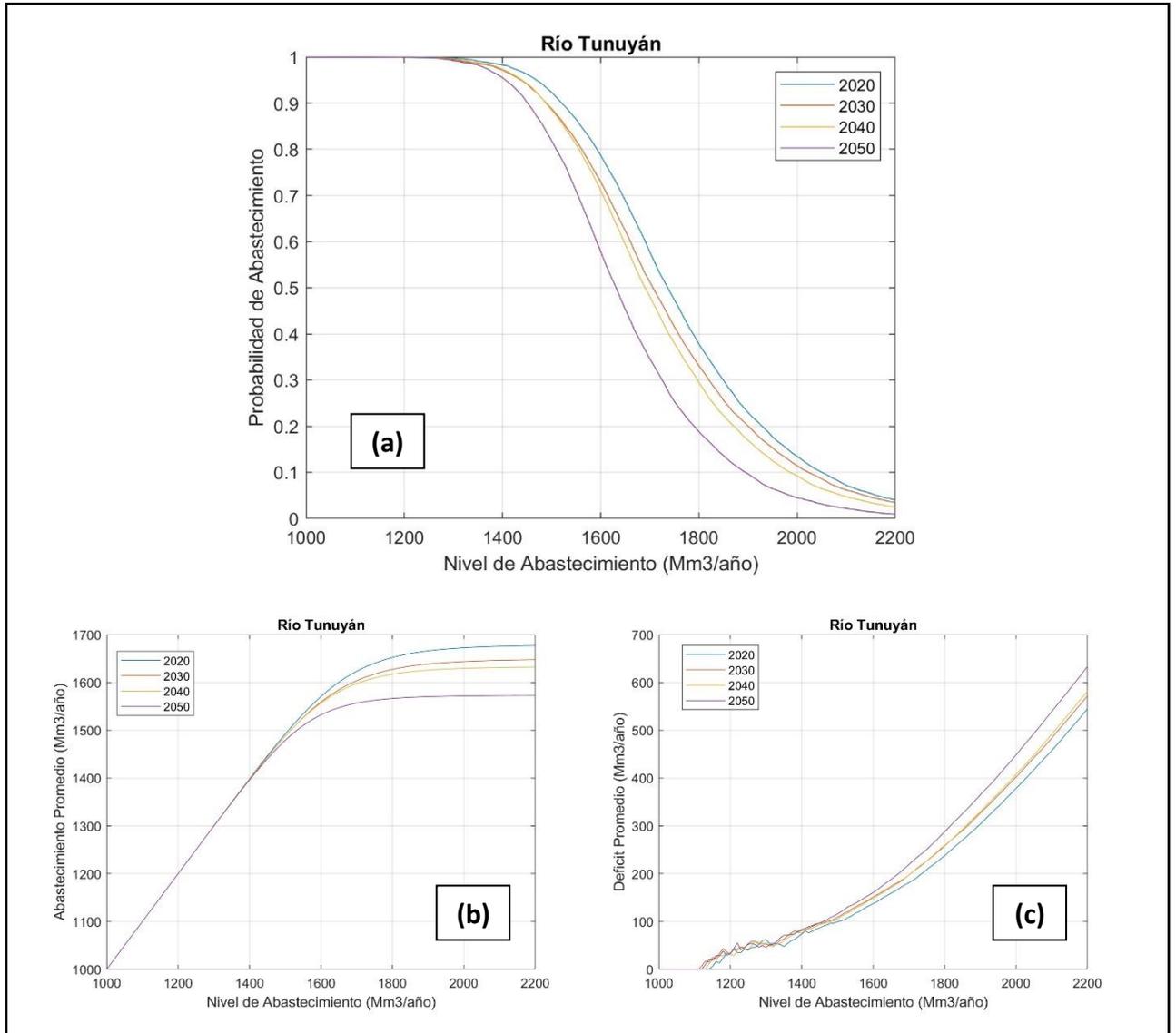


Figura 3.3: Río Tunuyán variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (276 Mm³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.

La siguiente tabla muestra los valores obtenidos para dos niveles de confiabilidad, 90% y 80%, en cada década.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 3.2: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en hm³ en la cuenca del Río Tunuyán para Niveles de confiabilidad del 90 y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050), 276 hm³.

Nivel de Confiabilidad	90%				80%			
Década	2020 ²	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento	1520	1490	1490	1450	1590	1550	1550	1510
Abastecimiento Promedio	1510	1479	1480	1440	1563	1526	1525	1485
Déficit Promedio	104	104	102	96	129	127	124	120

En la segunda etapa de simulación, se procedió de igual manera que con el Río Mendoza, tomando los niveles obtenidos para un nivel de confiabilidad del 90% y variando gradualmente la capacidad de almacenamiento de su valor actual a 600 hm³.

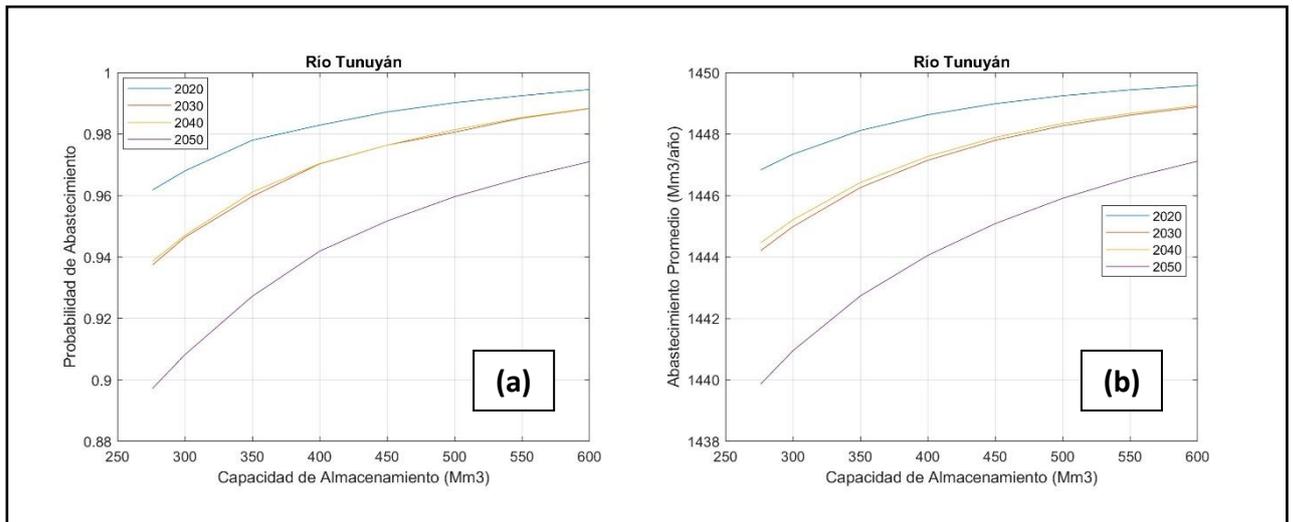


Figura 3.4: Río Tunuyán variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento y (b) Abastecimiento Promedio, para distintas Capacidades de Almacenamiento con Niveles de Abastecimiento Fijos para 2020, 2030, 2040 y 2050.

A partir de los resultados obtenidos se observan patrones similares: la confiabilidad aumenta significativamente con mayores capacidades de almacenamiento (hasta 600 hm³), mientras que los incrementos en el abastecimiento promedio son limitados. Esto sugiere que la sostenibilidad en esta cuenca debe enfocarse en la diversificación de fuentes y la optimización del uso, además de considerar inversiones estratégicas en infraestructura.

3.4 OFERTA SOSTENIBLE RÍO ATUEL

La cuenca del Río Atuel posee una oferta regulada por una capacidad de almacenamiento actual de 352 hm³, y enfrenta una complejidad adicional debido a una pronunciada disminución de los niveles de abastecimiento y confiabilidad para el año 2050. Las primeras simulaciones se realizaron para la capacidad actual de almacenamiento, cambiando el nivel de abastecimiento entre 600 y 2.000 hm³ por año.

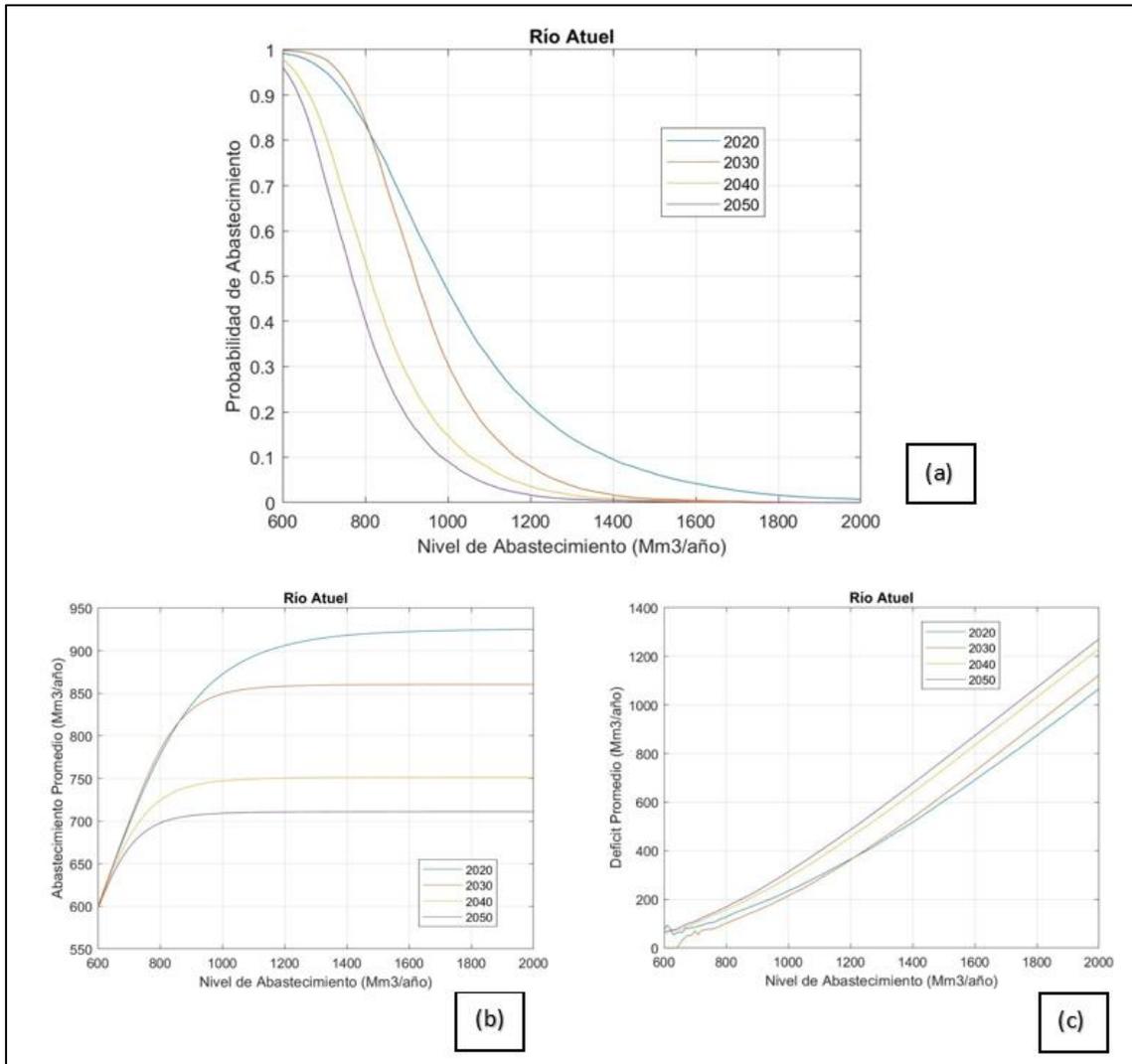


Figura 3.5: Río Atuel variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (352 Mm³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.

La Tabla 3.3 muestra los valores obtenidos para dos niveles de confiabilidad, 90% y 80%, en cada década.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 3.3: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en hm³ en la cuenca del Río Atuel para Niveles de confiabilidad del 90 y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050).

Nivel de Confiabilidad	90%				80%			
	2020 ³	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento	750	770	660	635	820	815	705	675
Abastecimiento Promedio	739	761	652	627	791	793	684	655
Déficit Promedio	113	94	89	169	144	114	110	102

De igual forma que en las otras cuencas, se realizó una segunda etapa de simulaciones tomando los niveles obtenidos para un nivel de confiabilidad del 90 %. Las simulaciones indican que el almacenamiento mejorado podría elevar la confiabilidad por encima del 96%, pero con incrementos marginales en la oferta promedio. La gestión sostenible en esta cuenca requerirá un enfoque integral que abarque tanto el mejoramiento de la infraestructura existente como la regulación de la demanda en sectores críticos.

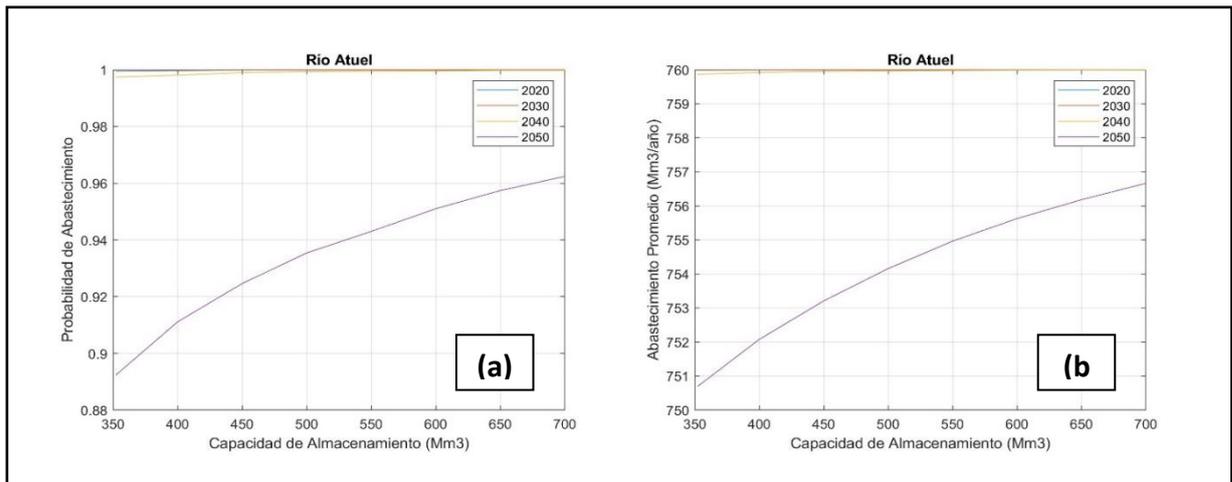


Figura 3.6: Río Atuel variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento y (b) Abastecimiento Promedio, para distintas Capacidades de Almacenamiento con Niveles de Abastecimiento Fijos para 2020, 2030, 2040 y 2050.

3.5 OFERTA SOSTENIBLE RÍO DIAMANTE

Para la cuenca del Río Diamante, las primeras simulaciones se realizaron para la capacidad actual de almacenamiento 544 hm³, cambiando el nivel de abastecimiento entre 600 y 1.600 hm³ por año. Los resultados son presentados en la siguiente figura.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

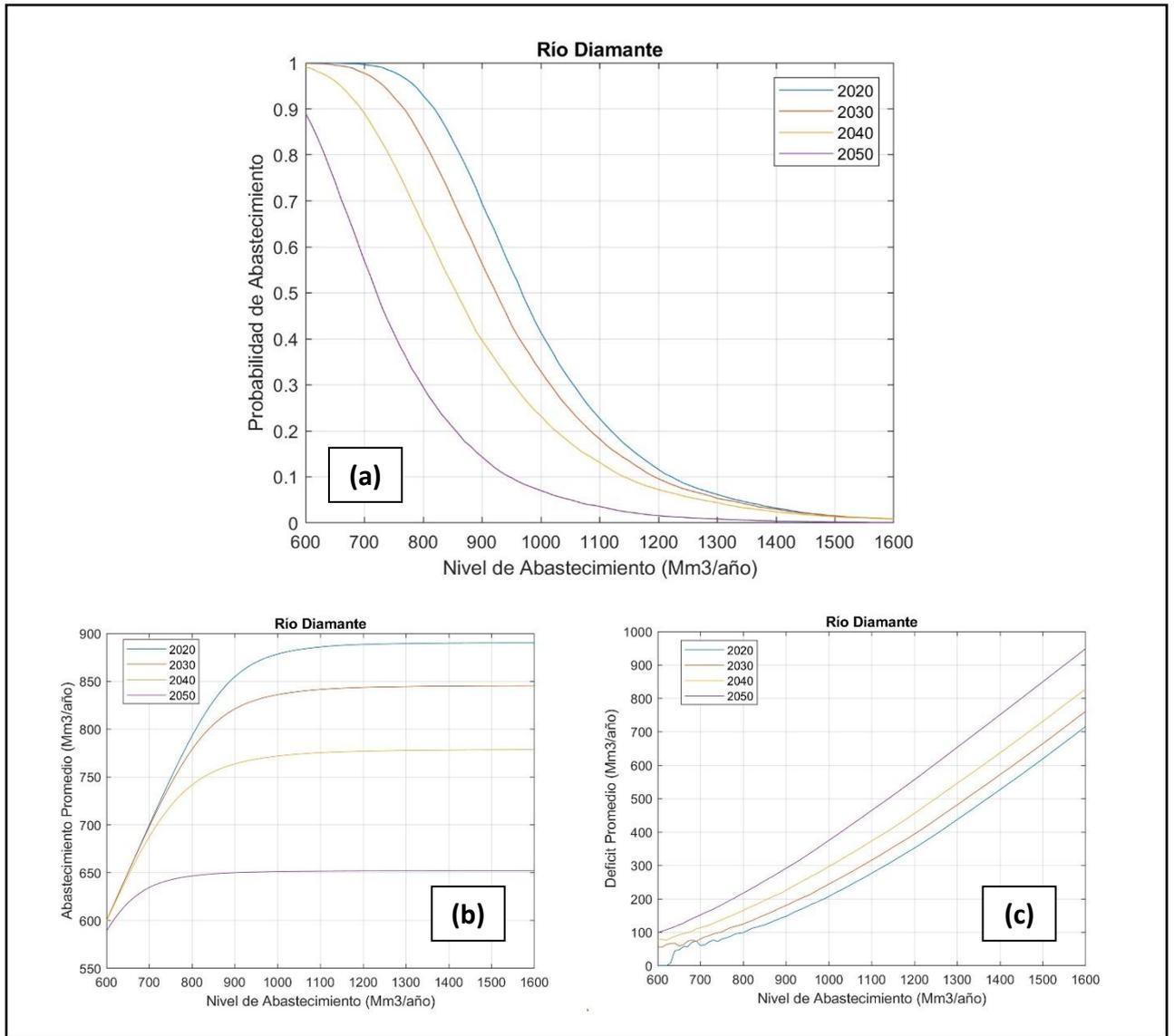


Figura 3.7: Río Diamante variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (544 Mm³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.

Tabla 3.4: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en hm³ en la cuenca del Río Diamante para Niveles de confiabilidad del 90 y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050).

Nivel de Confiabilidad	90%				80%			
	2020 ⁴	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento	820	770	690	600	860	810	740	630
Abastecimiento Promedio	809	758	680	589	835	785	714	608
Déficit Promedio	112	114	111	99	128	130	133	112

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Luego se realizó una segunda proyección a partir de los niveles obtenidos de abastecimiento con 90% de confiabilidad, variando gradualmente la capacidad de almacenamiento de 544 hm³ hasta 1.100 hm³.

Las proyecciones muestran una caída en los niveles de abastecimiento confiable hacia 2050. Realizar un aumento en la capacidad hasta 1.100 hm³ nos muestra una mejora notable en términos de confiabilidad, aunque no sucede lo mismo para los valores de abastecimiento promedio, con un impacto limitado.

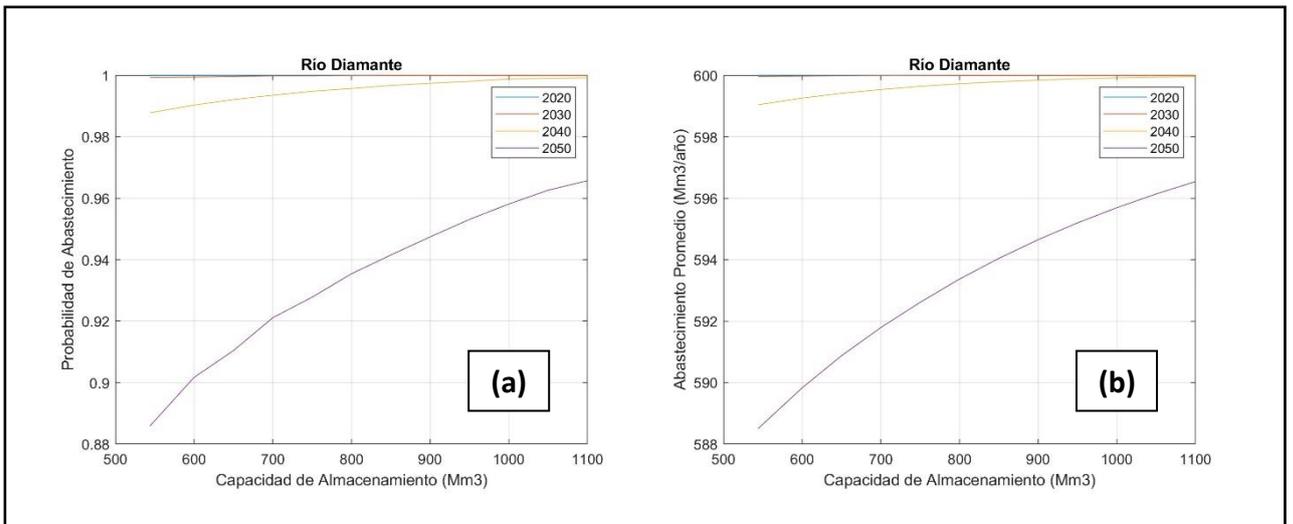


Figura 3.8: Río Diamante variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento y (b) Abastecimiento Promedio, para distintas Capacidades de Almacenamiento con Niveles de Abastecimiento Fijos para 2020, 2030, 2040 y 2050.

4.5. RÍO MALARGÜE

La cuenca del Río Malargüe presenta características únicas debido a la ausencia de infraestructura de almacenamiento actual. Las primeras simulaciones se realizaron para la capacidad actual de almacenamiento, que para este caso es de 0 hm³, cambiando el nivel de abastecimiento entre 100 y 600 hm³ por año.

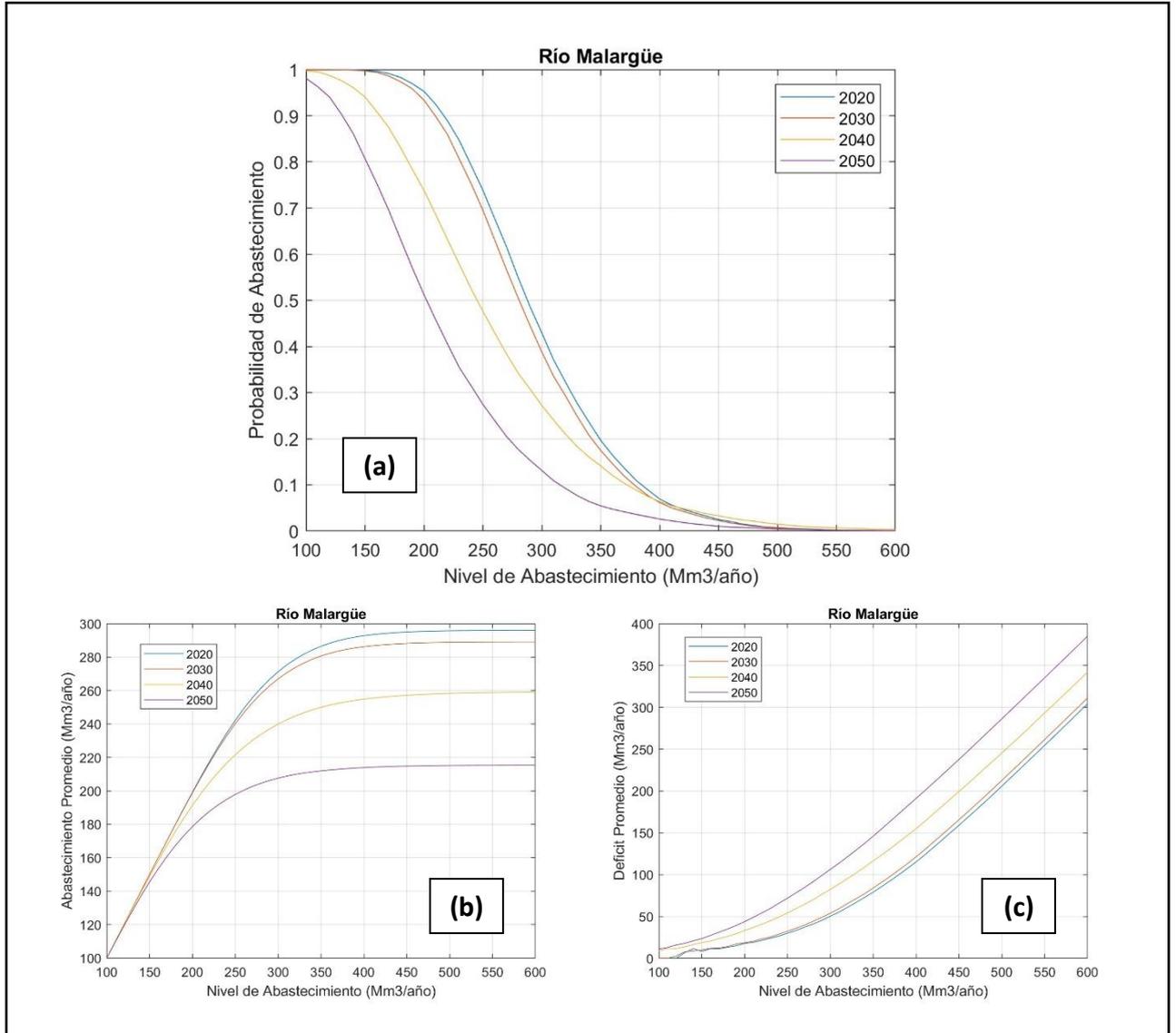


Figura 3.9: Río Malargüe variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (0 Mm³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.

La Tabla 4.5 muestra los valores obtenidos para dos niveles de confiabilidad, 90 y 80%, en cada década.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 3.5: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en hm³ en la cuenca del Río Malargüe para niveles de confiabilidad del 90% y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050).

Nivel de Confiabilidad	90%				80%			
Década	2020 ⁵	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento	220	210	160	130	240	230	190	150
Abastecimiento Promedio	218	208	158	128	234	225	184	145
Déficit Promedio	21	20	21	18	27	25	29	24

Para la segunda etapa las simulaciones realizadas se hicieron tomando como punto de partida los niveles obtenidos para un nivel de confiabilidad del 90%, variando gradualmente la capacidad de almacenamiento de 0 hasta 200 hm³.

Las simulaciones muestran que incluso un almacenamiento limitado (200 hm³) podría incrementar significativamente la confiabilidad del abastecimiento, pero como en los casos anteriores el nivel de abastecimiento promedio no aumenta significativamente (menos de 5 hm³). Estos resultados destacan la importancia de desarrollar infraestructura básica para garantizar una oferta hídrica sostenible en esta cuenca, especialmente frente a escenarios futuros de mayor demanda y estrés hídrico.

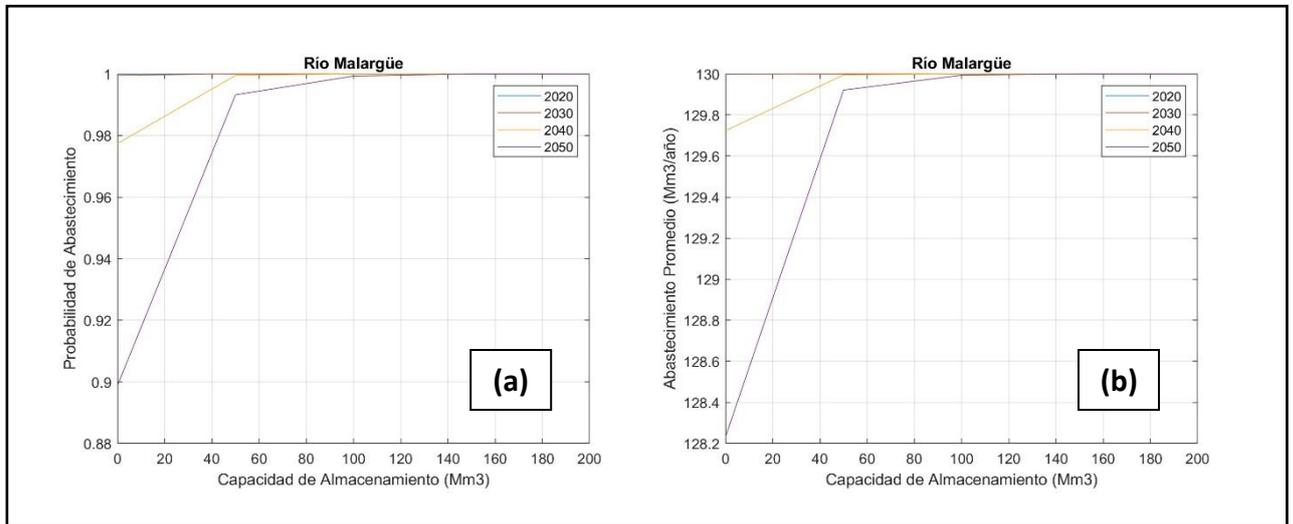


Figura 3.10: Río Malargüe variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (0 Mm3) para 2020, 2030, 2040 y 2050.

4 REVISIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA ACTUAL Y PROYECTADA

4.1 DEMANDA HÍDRICA RÍO MENDOZA

La cuenca del río Mendoza se abastece de diversas fuentes hídricas, entre las que destacan las aguas superficiales provenientes del río Mendoza, el embalse de Potrerillos y los afluentes de montaña, complementadas por aguas. La dotación en el Dique Cipolletti representa una parte considerable de la fuente superficial, supliendo aproximadamente 73% de la demanda.

Las eficiencias globales del sistema varían de fuente a fuente, obteniendo valores más altos de eficiencia para los sistemas abastecidos de agua subterránea, mientras que en los sistemas superficiales los valores de pérdidas son mayores.

La cuenca del río Mendoza abastece tanto a la población como a sectores clave de la agricultura e industrias diversas. La demanda hídrica total podemos dividirla en tres grandes usos: demanda poblacional, agrícola e industrial. La demanda agrícola constituye la mayor parte, representando el 82% del consumo total con aproximadamente 1.778 hm³/año, seguido por la demanda poblacional (14%) e industrial (3%).

Demanda de agua - Río Mendoza
[hm³/año]

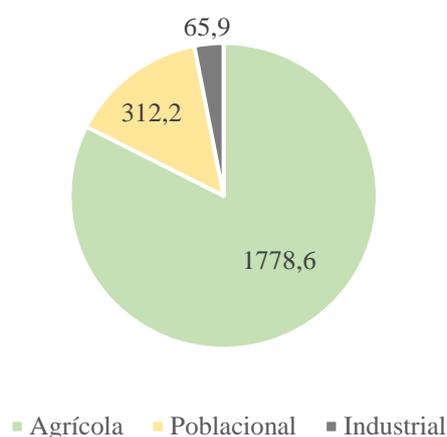


Figura 4.1: Demanda brutal total. Cuenca Río Mendoza.

4.1.1 Demanda Poblacional

La población de la cuenca, que supera el millón de habitantes, depende mayormente del río Mendoza y, en menor medida, de fuentes subterráneas.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Esta demanda es del tipo prioritaria, y el abastecimiento del agua se encuentra a cargo de la empresa AYSAM y otras entidades locales que gestionan la potabilización y distribución. Según la empresa distribuidora la demanda poblacional ronda los 312 l/hab.día, de los cuales 72 l/hab.día se destinan a usos del agua potable que no son para consumo.

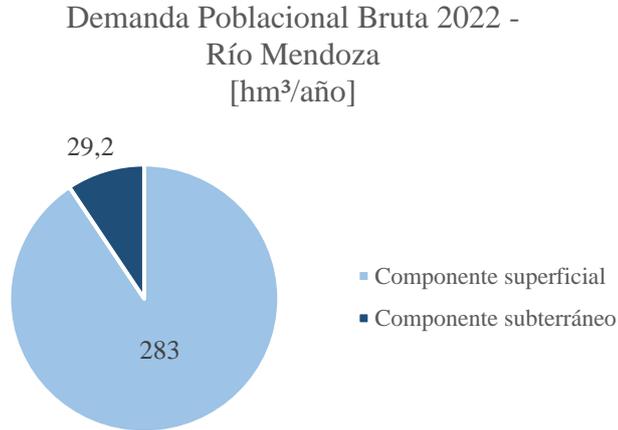


Figura 4.2: Fuente de abastecimiento. Demanda Poblacional. Cuenca del Río Mendoza.

Actualmente, el consumo neto se estima en 312 hm³/año, con una tendencia de aumento que, de continuar, llegaría a 393,6 hm³/año para el año 2050, impulsado por el crecimiento poblacional. El sistema actualmente presenta un nivel de pérdidas significativo, estimado en 46%.

Tabla 4.1: Río Mendoza Demanda Poblacional - Proyecciones

Río Mendoza. Composición de la Demanda poblacional y suministro.				
Proyección de la demanda poblacional. Volumen en hm ³ /año.				
Componente demanda	2022	2030	2040	2050
Demanda residencial	133,1	143,7	155,2	167,7
Demanda poblacional no residencial	34,2	36,9	39,9	43,1
Pérdidas del sistema 46%	144,9	156,5	169,1	182,7
Consumo Poblacional proyectado	312,2	337,2	364,2	393,6
Proyección de la oferta por fuente de suministro. Volumen en hm ³ /año.				
Suministro	2022	2030	2040	2050
Componente superficial	283,0	305,6	330,1	356,7
Componente subterráneo	29,2	31,6	34,1	36,8

4.1.2 Demanda Agrícola

La agricultura es el mayor consumidor de agua, con cultivos como frutales, vides, olivos y forrajes. La eficiencia promedio en este sector ronda el 44%, aunque varía dependiendo de la fuente: desde un 43% en los sistemas que dependen del Dique Cipolletti hasta un 59% para el caso de las aguas subterráneas.

Las proyecciones agrícolas, manteniendo la superficie de cultivos y la tecnología de riego actual, indican que los cambios en la evapotranspiración, causados por el cambio climático, aumentarán levemente la demanda neta para 2050, elevándose a 824,4 hm³ anuales.

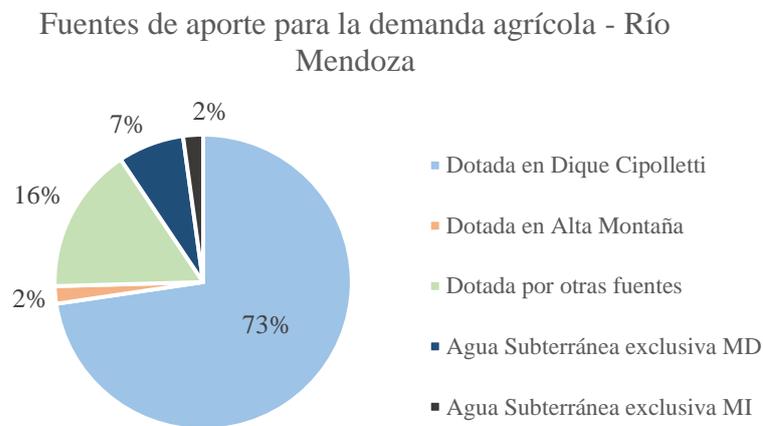


Figura 4.3: Fuentes de provisión de agua. Demanda Agrícola. Río Mendoza.

4.1.3 Demanda Industrial

Otros sectores, como el industrial y recreativo, representan una porción menor pero constante en el consumo total abarcando un 3% de la demanda actual de la cuenca, en términos de volumen anual, unos 65.9 hm³.

Para el caso de la cuenca del Río Mendoza, esta demanda está compuesta en mayor medida por uso industrial vitivinícola que incluye el destilado de vinos, concentración de mostos, elaboración de bebidas y demás actividades relacionadas. Además, existen otras demandas como transporte, petroquímicas, conserveras, etc., incluidas en el uso industrial que abarcan demandas de agua menores.

Aunque el crecimiento en estos sectores es modesto (estimado en 0,5% anual), su desarrollo implica una ligera pero sostenida presión sobre los recursos hídricos.

4.2 DEMANDA HÍDRICA RÍO TUNUYÁN

La cuenca del río Tunuyán se divide en una zona alta, el Tunuyán Superior y otra ubicada sobre la llanura, Tunuyán Inferior. La zona alta se abastece de diversas fuentes hídricas, entre las que destacan las aguas superficiales provenientes del Dique Valle de Uco, arroyos de manantial, arroyos provenientes de la cordillera frontal y por último acuíferos de la zona. El Tunuyán Superior no posee un embalse regulador del sistema a diferencia de la zona baja. Por otro lado, el Tunuyán inferior se abastece del dique Tiburcio Benegas en mayor medida, y de agua subterránea para suplir la demanda restante.

Las eficiencias globales del sistema varían entre las dos subcuencas y de fuente a fuente. Para la subcuenca del Tunuyán Superior el agua proveniente de los acuíferos cuenta con una eficiencia global del 44%, mientras que la eficiencia de la fuente superficial cae a valores que rondan el 30%. Para el Tunuyán Inferior los valores de eficiencia de las distintas fuentes son similares y se encuentran entorno al 50%.

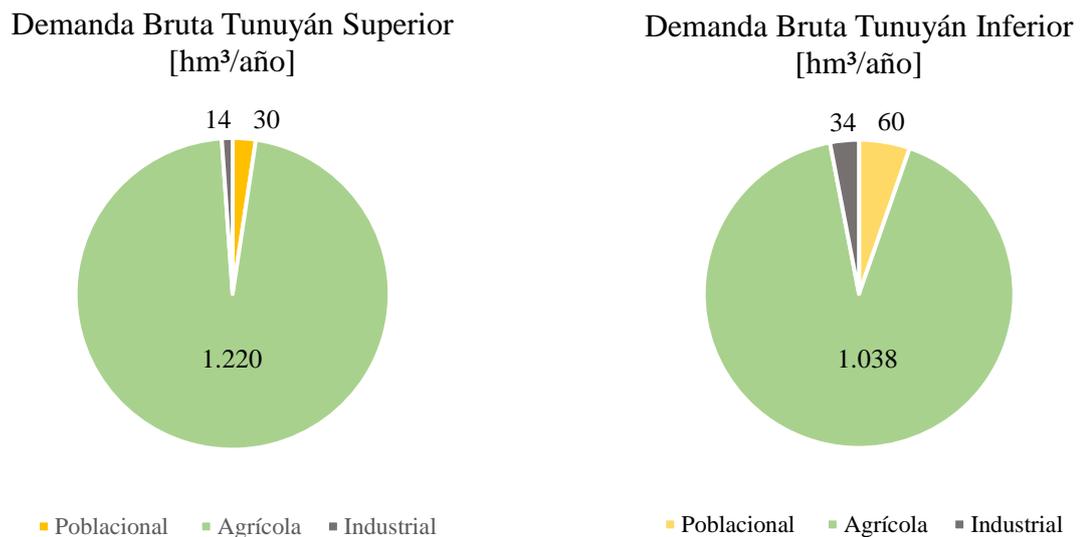


Figura 4.4: Demanda de agua. Cuenca Río Tunuyán.

La cuenca del río Tunuyán abastece tanto a la población como a sectores de la agricultura e industrias diversas. El sector agrícola constituye la mayor parte de la demanda para ambas subcuencas, representando el 97% para el Tunuyán Superior y el 92% para el Tunuyán Inferior respecto del consumo total, seguido por la demanda poblacional (2% y 5% respectivamente) y uso industrial (1% y 3%).

Poseen una distribución de la demanda similar las zonas alta y baja de la cuenca como puede apreciarse en los gráficos.

4.2.1 Demanda Poblacional

La demanda poblacional es el uso prioritario de la cuenca. El consumo anual para la zona del Tunuyán Superior es de 30 hm³ al año y para la subcuenca del Tunuyán Inferior los valores alcanzan los 60 hm³ anuales.

En cuanto a la distribución de la demanda respecto a las fuentes podemos apreciar que el agua superficial y subterránea suplen la demanda del Tunuyán Superior en proporciones similares. En el caso del Tunuyán Inferior, el agua es netamente de fuente subterránea.

Demanda poblacional - Tunuyán Superior
[hm³/año]

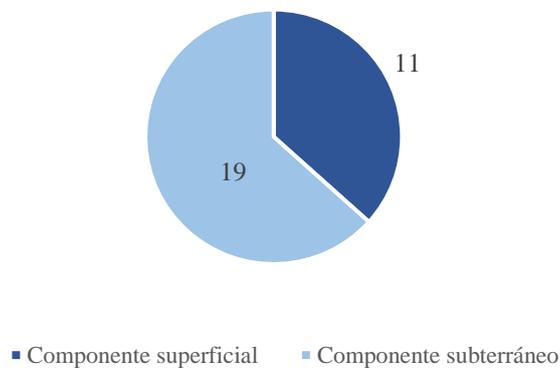


Figura 4.5: Fuentes de abastecimiento. Demanda Poblacional. Cuenca del Río Tunuyán Superior.

Para el Tunuyán Superior entre los organismos encargados de la red, se encuentra AYSAM gestionando un 51% de las conexiones, el resto se encuentra a cargo el Municipio de Tupungato con un 26% de las conexiones y el 23% restante, corresponde a pequeños operadores comunitarios. El sistema de distribución de agua potable cuenta con pérdidas del 40% en promedio. Se prevé un aumento en la demanda poblacional a casi 40 hm³/año para la década del 2050.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 4.2: Río Tunuyán Superior Demanda Poblacional – Proyecciones.

Rio Tunuyán Superior. Composición de la demanda poblacional y suministro.				
Proyección de la demanda poblacional. Volumen en hm ³ /año.				
Componente demanda	2022	2030	2040	2050
Demanda residencial	14,3	15,8	17,3	19,0
Demanda poblacional no residencial	3,7	4,1	4,5	4,9
Pérdidas del sistema 40%	12,0	13,3	14,6	16,0
Consumo Poblacional proyectado	30,0	33,1	36,4	39,9
Proyección de la oferta por fuente de suministro. Volumen en hm ³ /año.				
Suministro	2022	2030	2040	2050
Componente superficial	11,0	12,1	13,3	14,6
Componente subterráneo	19,0	20,9	23,0	25,3

En el caso del Tunuyán Inferior la gestión involucra a AySAM con un 74% de las conexiones, un 25% gestionado de manera comunitaria y el 1% restante es de gestión municipal. Las pérdidas también alcanzan el 40% y se espera un crecimiento de la demanda poblacional a 75 hm³/año para el 2050.

Estos incrementos en la demanda se espera que sean absorbidos por una mejor en la eficiencia del sistema.

Tabla 4.3: Río Tunuyán Inferior Demanda Poblacional – Proyecciones.

Rio Tunuyán Inferior. composición de la demanda poblacional y suministro.				
Proyección de la demanda poblacional. Volumen en hm ³ /año.				
Componente demanda	2022	2030	2040	2050
Demanda residencial	28,5	30,8	33,2	35,7
Demanda poblacional no residencial	7,3	7,9	8,5	9,2
Pérdidas del sistema 40%	24,2	26,1	28,2	30,3
Consumo Poblacional proyectado	60,0	64,8	69,9	75,1
Proyección de la oferta por fuente de suministro. Volumen en hm ³ /año.				
Suministro	2022	2030	2040	2050
Componente subterráneo	60,0	64,8	69,9	75,1

La agricultura es el mayor consumidor de agua en ambas subcuencas. La eficiencia promedio en para el Tunuyán Superior ronda el 35%, aunque varía dependiendo de la fuente. En el caso del Tunuyán Inferior las eficiencias se mantienen en torno al 53%.

4.2.2 Demanda Agrícola

Las proyecciones agrícolas, manteniendo la superficie de cultivos y la tecnología de riego actual, indican que los cambios en la evapotranspiración, causados por el cambio climático, aumentarán levemente la demanda neta para 2050, llevando la demanda bruta a valores cercanos a los 454,6 hm³ anuales para el Tunuyán Superior y 580,6 hm³ al año para el Inferior.

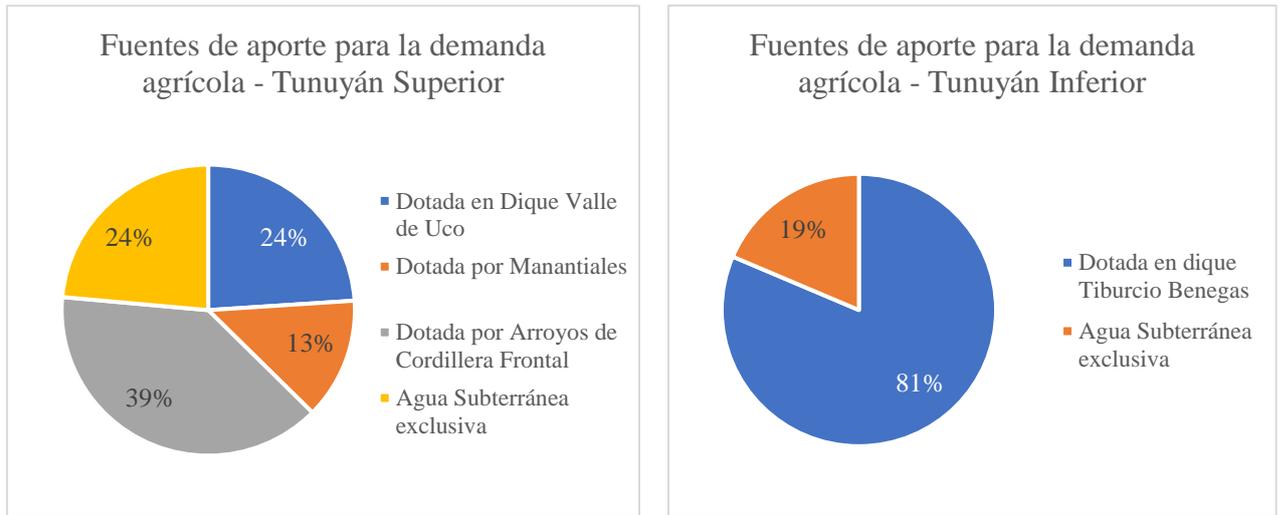


Figura 4.6: Fuentes de suministro. Demanda Agrícola. Cuenca Río Tunuyán.

Como puede apreciarse en los gráficos, para el Tunuyán Superior las distintas fuentes aportan de manera similar. Para la zona del Tunuyán Inferior, la situación es más dispar, siendo la mayor fuente es el agua superficial proveniente del Dique Tiburcio Benegas y solo 20% de la demanda es cubierta por agua subterránea.

Tabla 4.4: Demanda Agrícola Neta y Bruta - Río Tunuyán Superior.

Demanda hídrica de cultivos. Total, de la cuenca. Años 2000 a 2020			
Fuente principal	Demanda Neta (hm ³)	Eficiencia (%)	Demanda Bruta (hm ³)
Dotada en Dique Valle de Uco	98,1	34%	292,4
Dotada por Manantiales	56,3	34%	164,3
Dotada por Arroyos de Cordillera Frontal	142,3	30%	476,1
Agua Subterránea exclusiva	127,1	44%	287,5
Total	423,7	35%	1220,3

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 4.5: Demanda Agrícola Neta y Bruta - Río Tunuyán Inferior.

Demanda hídrica de cultivos. Total, de la cuenca. Años 2000 a 2020			
Fuente principal	Demanda Neta (hm ³)	Eficiencia (%)	Demanda Bruta (hm ³)
Dotada en dique Tiburcio Benegas	437,4	52%	845,4
Agua Subterránea exclusiva	106,6	55%	193
Superficie Total	544	52%	1038,4

Demanda Industrial

La demanda industrial representa una porción mucho menor de demanda. Siendo para el Tunuyán Superior es el 1% de la demanda. Para el Tunuyán Inferior el uso industrial es el 3% de lo demandado, unos 48 hm³ al año. El sector que mayor demanda realiza es el vitivinícola. El crecimiento proyectado en estos sectores es modesto, estimado en 0,5% anual.

4.3 DEMANDA HÍDRICA RÍO DIAMANTE

La cuenca del río Diamante se abastece de diversas fuentes hídricas: las aguas superficiales provenientes del río Diamante, los desagües y drenajes del sistema y por último las aguas subterráneas. La dotación del Dique Galileo Vitali cubre una parte considerable de la fuente superficial.

Las eficiencias globales del sistema varían según el tipo de fuente, obteniendo valores más altos de eficiencia para los sistemas abastecidos de agua subterránea, mientras que en los sistemas superficiales los valores de pérdidas son mayores.

La cuenca del río Diamante abastece a la población de manera prioritaria y a otros como a sectores como la agricultura e industrias. La demanda hídrica total está dividida en tres grandes usos: demanda poblacional, agrícola y de uso industrial. La demanda agrícola constituye la mayor parte, del consumo total con aproximadamente el 96% seguido por la demanda poblacional 2% y, por último, la industrial con el 1%.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Demanda Hídrica Total - Río Diamante
[hm³/año]

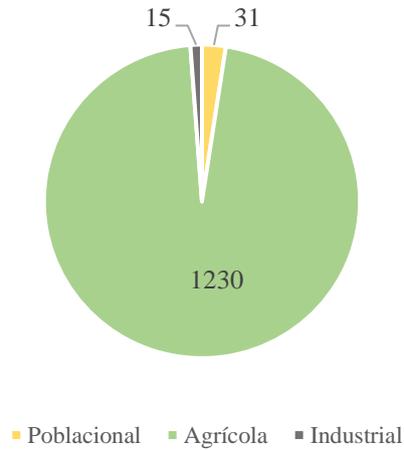


Figura 4.7: Demanda hídrica. Cuenca Río Diamante.

4.3.1 Demanda poblacional

La cuenca posee una población de 151.444 habitantes, con una residencial anual es de 280hm³. El agua potable estimada para otros usos distintos al consumo poblacional se estimó en 73 hm³ anuales.

Tabla 4.6: Río Diamante Demanda Poblacional

Diamante	l/hab. día	280	72		
	2022	Demanda residencial	Demanda poblacional no residencial	Pérdidas del sistema 37%	Consumo Poblacional
Departamento	Población	hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año	hm ³ /Año
San Rafael (72%)	151.544	15,5	4,0	11,5	31,0
Total	139.765	15,5	4,0	11,5	31,0

Esta demanda se abastece de dos tipos de fuentes, la superficial cubriendo la mayor parte de la necesidad de agua potable y el agua subterránea complementando.

Demanda poblacional Bruta - Río Diamante
[hm³/año]

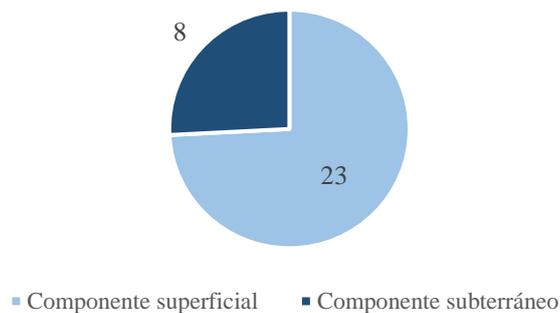


Figura 4.8: Fuentes de abastecimiento. Demanda Poblacional. Río Diamante.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Se estima que el incremento de la demanda poblacional se compensa con la mejora de eficiencia de la red, que actualmente se encuentran en el orden del 37%.

Tabla 4.7: Río Diamante Demanda Poblacional – Proyecciones.

Rio Diamante. composición de la demanda poblacional y suministro.				
Proyección de la demanda poblacional. Volumen en hm ³ /año.				
Componente demanda	2022	2030	2040	2050
Demanda residencial	15,5	16,4	17,3	18,2
Demanda poblacional no residencial	4,0	4,2	4,4	4,7
Pérdidas del sistema 37%	11,5	12,1	12,8	13,5
Consumo Poblacional proyectado	31,0	32,7	34,5	36,4
Proyección de la oferta por fuente de suministro. Volumen en hm ³ /año.				
Suministro	2022	2030	2040	2050
Componente superficial	23,0	24,3	25,6	27,0
Componente subterráneo	8,0	8,4	8,9	9,4

4.3.2 Demanda Agrícola

La demanda agrícola de la cuenca es abastecida por tres grandes fuentes de agua: el agua superficial dotada a partir del dique Galileo Vitali, el agua proveniente de los desagües y drenajes del sistema y el agua subterránea. La mayor fuente de agua proviene del componente superficial, quedando el agua subterránea relegada a suplir solo el 1% de la demanda.

Tabla 4.8: Fuentes de abastecimiento. Demanda agrícola Río Diamante.

Demanda hídrica de cultivos. Total, de la cuenca. Años 2000 a 2020			
Fuente principal	Demanda Neta (hm ³)	Eficiencia (%)	Demanda Bruta (hm ³)
Dotada en dique Galileo Vitali	350,6	31%	1.142,7
Dotada por desagües y drenajes	25,7	32%	79,8
Agua Subterránea exclusiva	3,0	41%	7,5
Total	379,3	31%	1.230,0

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Fuentes de abastecimiento para la demanda agrícola -
Río Diamante

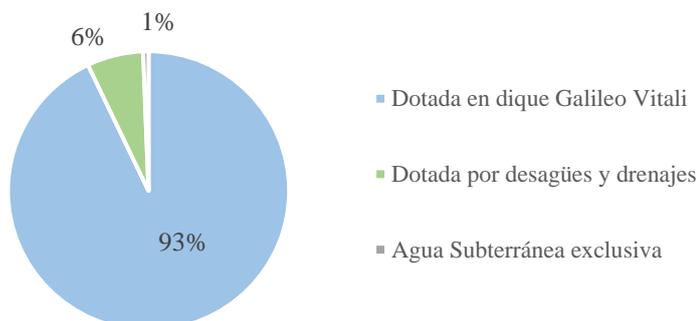


Figura 4.9: Fuentes de abastecimiento. Demanda Agrícola. Río Diamante.

4.3.3 Demanda Industrial

Para el caso del río Diamante las demandas para el sector industrial representan una pequeña parte de la demanda de la cuenca, el 1,2% unos 15 hm³ al año. Este uso se encuentra distribuido entre diferentes actividades, siendo la principal el uso industrial olivícola junto con el tratamiento de agua. El uso olivícola incluye todos los procesos industriales relacionados al olivo: elaboración de aceites, encurtido de aceitunas, entre otros.

Las proyecciones de la demanda industrial se espera que tengan un crecimiento constante del 0,5% hasta el año 2050.

4.4 DEMANDA HÍDRICA RÍO ATUEL

La cuenca del Río Atuel se abastece de distintas fuentes hídricas, por un lado, las aguas superficiales provenientes del Dique Valle Grande y además los afluentes de las tomas superiores. La dotación proveniente del dique cubre la mayor parte de la demanda 97%. Las eficiencias globales del sistema son similares para las distintas fuentes, alcanzando valores del 42% aproximadamente.

La demanda agrícola abarca la mayor parte un 97%, seguido por la demanda poblacional 2% e industrial un 1%.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Demanda Hídrica Total - Río Atuel
[hm³/año]



Figura 4.10: Demanda Hídrica. Cuenca Río Atuel.

Tabla 4.9: Río Atuel Demanda Poblacional – Proyecciones.

Río Atuel. composición de la demanda poblacional y suministro.				
Proyección de la demanda poblacional. Volumen en hm ³ /año.				
Componente demanda	2022	2030	2040	2050
Demanda residencial	11,2	11,7	12,3	12,8
Demanda poblacional no residencial	2,9	3,0	3,2	3,3
Pérdidas del sistema 26%	5,0	5,2	5,5	5,7
Consumo Poblacional proyectado	19,0	19,9	20,9	21,8
Proyección de la oferta por fuente de suministro. Volumen en hm ³ /año.				
Suministro	2022	2030	2040	2050
Componente superficial	3,9	4,1	4,3	4,5
Componente subterráneo	15,4	16,2	16,9	17,7

4.4.1 Demanda Poblacional

La cuenca del río Atuel abastece los departamentos de General Alvear y el 28% de la población de San Rafael. La gestión es realizada un 46% por AySAM, un 35% por pequeños operadores y un 1% por el municipio. Las pérdidas se estiman en un 26% en el sistema actual con un consumo de 19 hm³/año. La proyección de la demanda indica que este valor crecerá a 21,8hm³/año.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Demanda Poblacional - Río Atuel
[hm³/año]

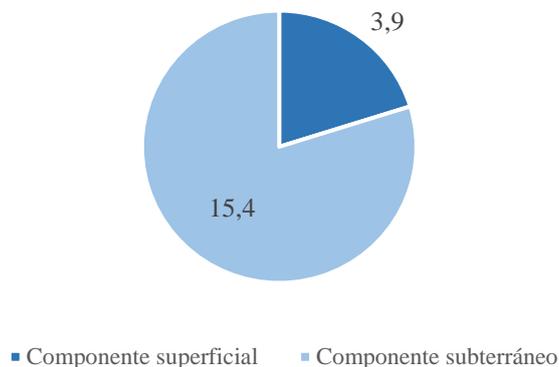


Figura 4.11: Fuentes de abastecimiento. Demanda Poblacional. Río Atuel.

4.4.2 Demanda Agrícola

Practicamente la totalidad de la deamanda agricola, un 97%, se abastece desde el dique Valle Grande. El 3% restantes, responde a las tomas superiores, ubicadas aguas arriba del dique El Nihuil.

Fuentes de abastecimiento para la demanda agrícola -
Río Atuel

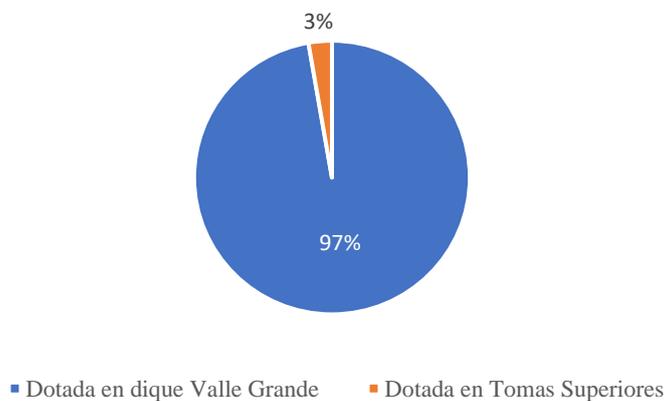


Figura 4.12: Fuentes de abastecimiento para la demanda Agrícola. Río Atuel.

Tabla 4.10: Fuentes de abastecimiento para la demanda Agrícola. Río Atuel.

Demanda hídrica de cultivos. Total, de la cuenca. Años 2000 a 2020			
Fuente principal	Demanda Neta (Hm ³)	Eficiencia (%)	Demanda Bruta (Hm ³)
Dotada en dique Valle Grande	396,4	42%	949,0
Dotada en Tomas Superiores	11,4	43%	26,7
Total	407,8	42%	975,7

4.4.3 Demanda Industrial

La demanda industrial respresenta el 6% de la demanda total de la cuenca. Las proyecciones estiman que la demanda industrial tendrá una tasa de crecimiento del 0,5% para el 2050.

4.5 DEMANDA RÍO MALARGÜE

La cuenca del Río Malargüe se compone de dos fuentes hídricas: el río Malargüe y los arroyos El Alamito y Chacay.

Las eficiencias globales del sistema son similares tanto para el sistema abastecido por el río como por el arroyo, alcanzando valores en el entorno del 45%.

El río malrgüe posee un importante uso ambiental, abasteciendo a la laguna de Llancanello, aguas abajo del oasis irrigado.

4.5.1 Uso Ambiental

En la cuenca del río Malargüe, se incluye un uso relacionado con la demanda ambiental de la laguna Llancanello, registrado bajo la categoría Eventual y que abarca un total de 2478,15 hectáreas.

4.5.2 Demanda Poblacional

La cuenca del río Malargüe abastece de agua para consumo poblacional de 33.107 habitantes (departamento de Malargüe). Aysam gestiona el 87% de las conexiones y el 13% es suministrada por el municipio. El suministro de agua proviene de fuentes superficiales en mayor medida y subterráneas.

Tabla 4.11: Río Malargüe Demanda Poblacional – Proyecciones.

Río Malargüe. Composición de la demanda poblacional y suministro.				
Proyección de la demanda poblacional. Volumen en hm ³ /año.				
Componente demanda	2022	2030	2040	2050
Demanda residencial	3,4	3,7	4,0	4,4
Demanda poblacional no residencial	2,9	3,1	3,4	3,7
Pérdidas del sistema 26%	2,2	2,4	2,6	2,9
Consumo Poblacional proyectado	8,5	9,3	10,1	11,0
Proyección de la oferta por fuente de suministro. Volumen en hm ³ /año.				
Suministro	2022	2030	2040	2050
Componente superficial	3,0	1,9	2,1	2,3
Componente subterráneo	5,5	7,5	8,2	8,9

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Demanda Poblacional Bruta - Río Malargüe
[hm³/año]

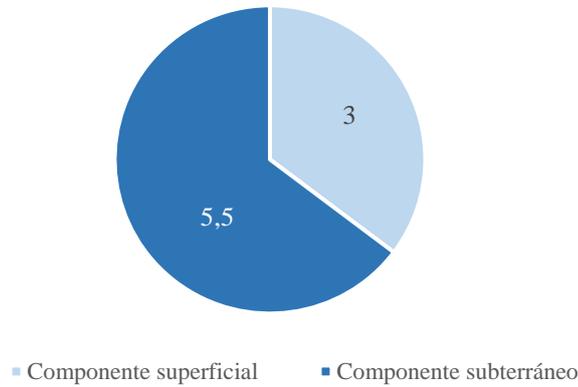


Figura 4.13: Fuentes de abastecimiento. Demanda poblacional. Río Malargüe.

La demanda actual es de 8,5 hm³ al año y se espera que para el año 2050 se alcancen los 11 hm³ anuales con el crecimiento poblacional proyectado. Como en la cuencas anteriores, el aumento de la demanda se suple con una mejora en la eficiencia de la red.

4.5.3 Demanda Agrícola

Para la cuenca del Río Malargüe los aportes de agua a la red de riego se encuentran distribuidos de manera similar. El río provee el 56% de la demanda, mientras que los arroyos abastecen el resto del sistema.

Tabla 4.12: Fuentes de abastecimiento de la demanda agrícola. Cuenca Río Malargüe.

Demanda hídrica de cultivos. Total, de la cuenca. Años 2000 a 2020			
Fuente principal	Demanda Neta (hm ³)	Eficiencia (%)	Demanda Bruta (hm ³)
Dotada por el río	28,2	43%	65,7
Dotada por arroyo	36,6	47%	78,4
Total	64,8	45%	144,0

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Fuente de aportes demanda agrícola -
Río Malargüe

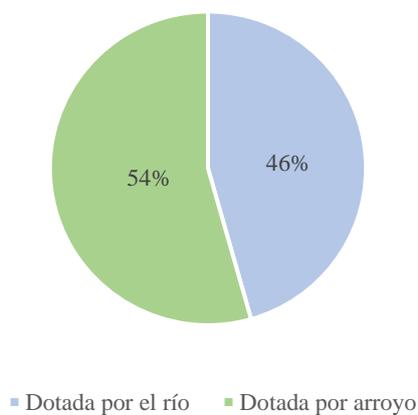


Figura 4.14: Fuentes de abastecimiento. Demanda Agrícola. Cuenca Río Malargüe.

4.5.4 Demanda Industrial

La cuenca del Río Malargüe posee una demanda industrial baja, ya que el valor alcanza un 0,1 hm³/año según los datos relevados por el DGI. Esta demanda se compone de usos relacionados a conserveras, transporte y petroquímicas en mayor medida.

5 ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

De las alternativas presentadas en el informe 5, y de acuerdo con las consideraciones discutidas con representantes de la Provincia y Departamento General de Irrigación, se considera que la combinación de las opciones 2.2 y 2.3, junto con la inversión en el revestimiento de la red primaria y secundaria y la flexibilización de las estructuras de derivación, es la más adecuada en términos generales. Siguiendo la siguiente secuencia de desarrollo:

La implementación de la Alternativa 2.3 se llevará a cabo entre los años 2025 y 2035. A partir del año 2035, se implementará la Alternativa 2.2 hasta que se elimine el déficit hídrico. En caso de que la Alternativa 2.2 no permita eliminar el déficit, también se evaluará la Alternativa 2.1, cuya eficiencia es mayor, pero requiere inversiones significativamente más altas en comparación con la Alternativa 2.2.

A continuación, se presentará una breve descripción de cada una de las alternativas, los costos requeridos y una representación esquemática de cada alternativa.

La segunda alternativa propone mejorar la eficiencia en la aplicación del agua de riego a través de tres subalternativas, según el nivel de intervención en la red de distribución y el grado de tecnificación en las propiedades. Todas las opciones buscan garantizar un volumen de regulación que cubra la demanda diaria de sistemas de riego tecnificados. La Subalternativa 2.1 plantea un sistema comunitario de entrega de agua presurizada, interviniendo la red terciaria con tuberías adecuadas. Las otras subalternativas consideran mantener la red actual, implementando mejoras específicas para ajustarse a las necesidades de los cultivos.

5.1.1 Alternativa 2.1

La Alternativa 2.1 propone la construcción de un reservorio central en las unidades administrativas de manejo, junto con la presurización del sistema y la entrega de agua a través de tuberías en condiciones adecuadas para la implementación de sistemas de riego por goteo. El objetivo es alcanzar una eficiencia de aplicación del 85%.

La implementación de un sistema comunitario de entrega de agua presurizada no solo mejora la aplicación del agua de riego, sino que también aumenta la eficiencia de conducción del sistema, ya que requiere una red de tuberías de distribución. Para

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

cuantificar esta mejora, se estima la longitud de la red terciaria impermeabilizada por cada hectárea donde se implementa esta mejora.

En la cuenca del río Mendoza, se calcula que existen 41 metros de conducción terciaria por hectárea cultivada, un valor obtenido de la relación entre la longitud total de la red y la superficie cultivada de la cuenca. Se asume una relación lineal entre la longitud impermeabilizada de la red terciaria y la eficiencia de conducción de toda la red de riego.

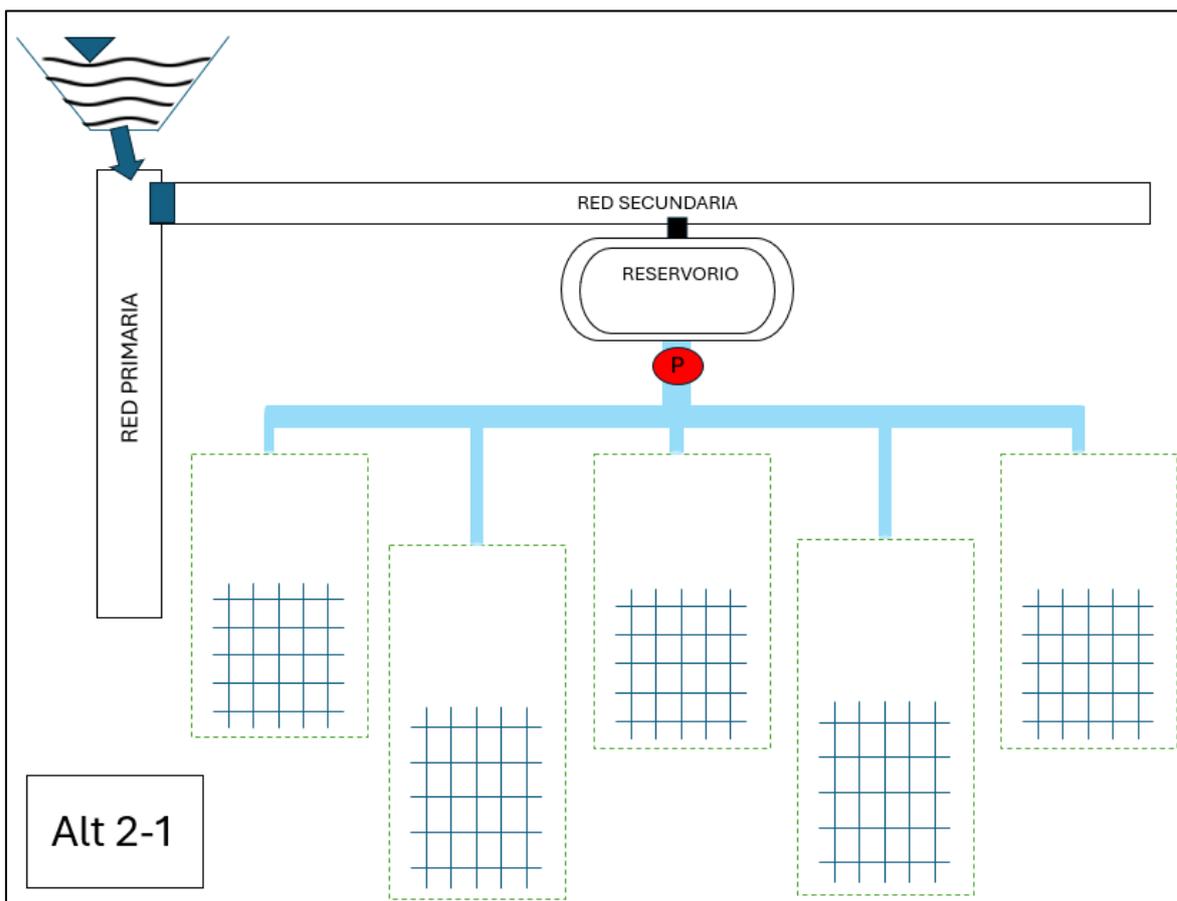


Figura 5.1: Esquema de alternativa 2.1.

5.1.2 Alternativa 2.2. Inversiones adicionales

La Alternativa 2.2 propone unidades de riego con sistemas de aplicación tecnificados y tradicionales, con potencialidad de ser escalable hasta llegar a implementar riegos tecnificados en la totalidad del área cultivada.

El sistema propuesto cuenta con un reservorio central con capacidad de dotar, mediante canales de riego, a reservorios menores ubicados en las propiedades.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Se considera la aplicación de riego por goteo en las propiedades, y el sistema de presurización y filtrado se realiza en cada propiedad o unidad de riego menor. La eficiencia de aplicación pretendida es del 85%. No se plantean cambios en el valor de eficiencia de conducción actual.

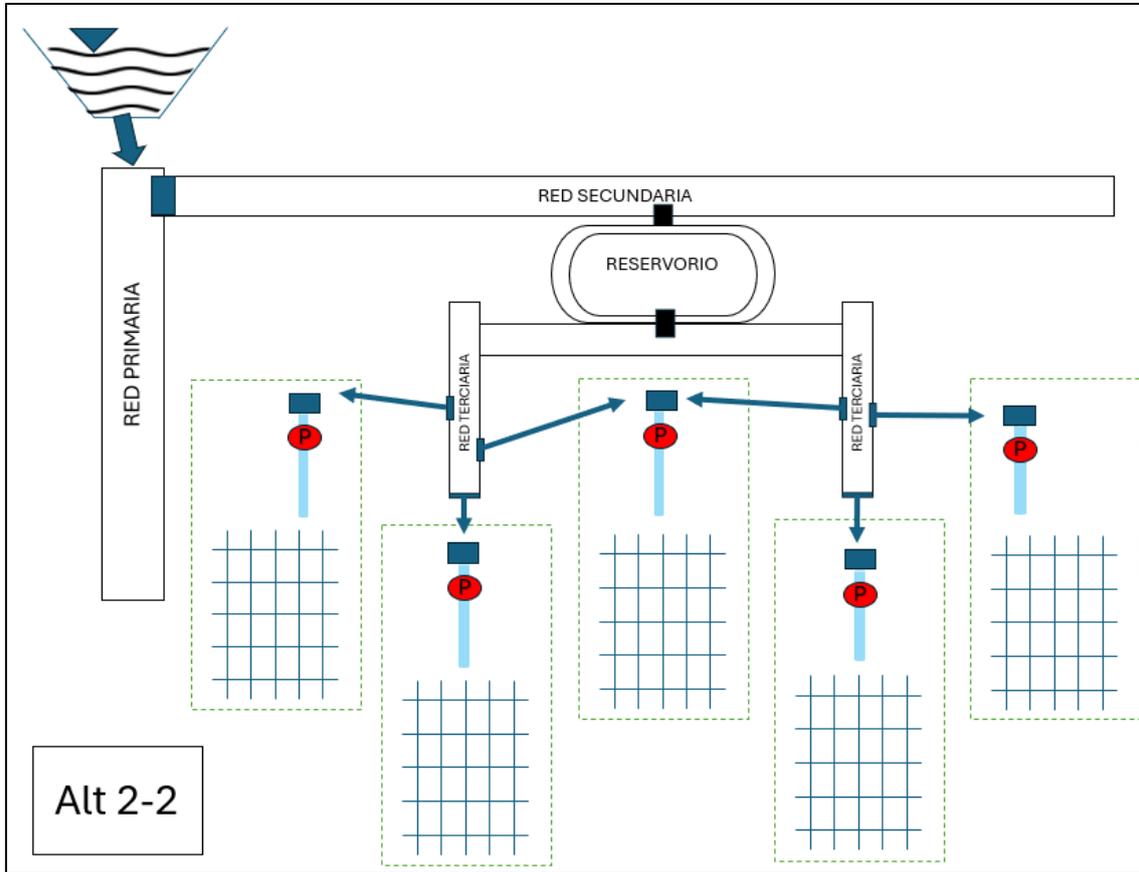


Figura 5.2: Esquema de alternativa 2.2.

5.1.3 Alternativa 2.3

La Alternativa 2.3 se presenta como una mejora a los sistemas de distribución actuales. Es compatible con los sistemas tradicionales de entrega y contempla la aplicación de riegos tecnificados a baja presión en una mayor cantidad de propiedades, que las otras alternativas.

Esta alternativa es escalable a la alternativa 2.1 y necesita de una menor inversión por hectárea. El sistema planteado cuenta con un reservorio central que implementa sistemas acordados de entrega, y riegos por mangas permitiendo así la disminución las pérdidas de conducción interna del agua en las propiedades, un mayor control de los caudales y tiempos de los riegos por surcos. La eficiencia de aplicación pretendida es del 65%. La misma responde a una mejora en la gestión de los turnos de riego, admitiendo una

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

distribución flexible en función de la demanda hídrica estacional de los mismos. La eficiencia de conducción es la que actualmente posee el sistema.

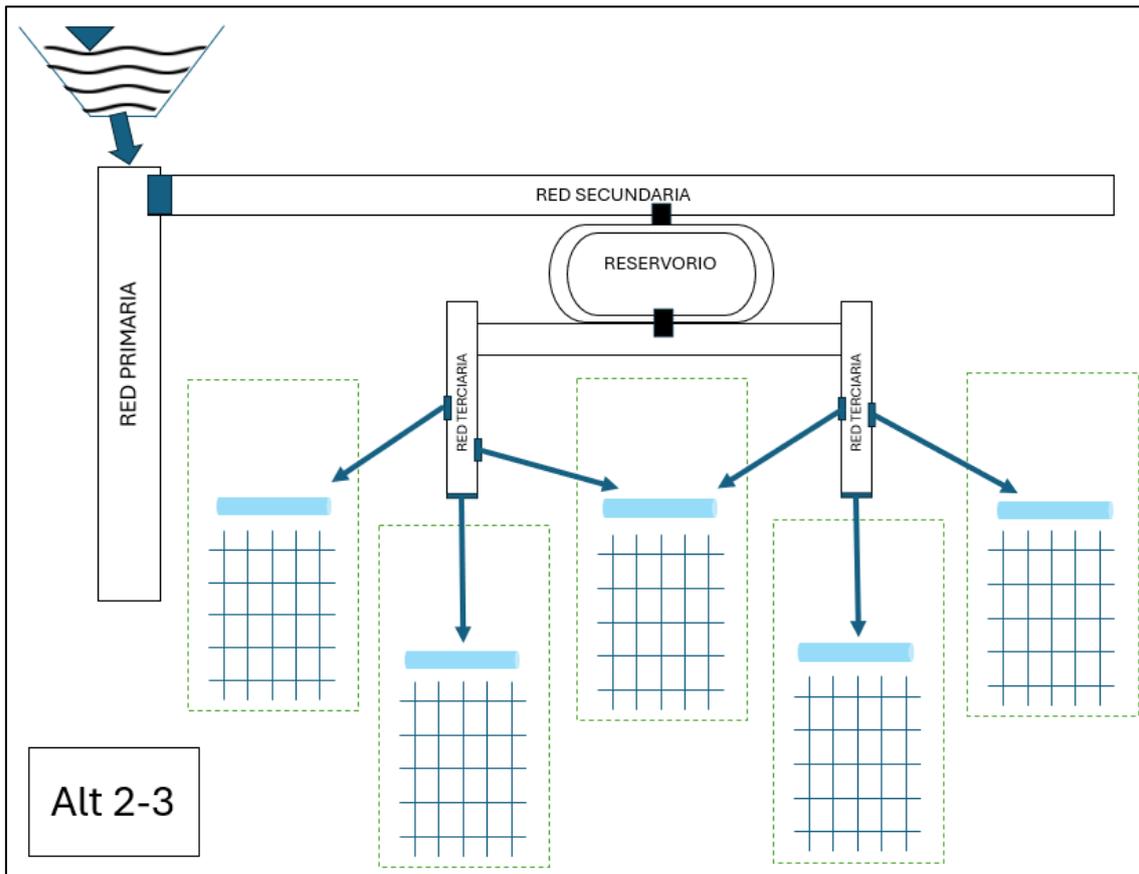


Figura 5.3: Esquema de alternativa 2.3.

6 APLICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

6.1 INTRODUCCIÓN

El presente análisis tiene como objetivo evaluar el desempeño de las alternativas e inversión hacia 2050 considerando la capacidad de almacenamiento de cada sistema, la demanda hídrica actual afectada por las tendencias de cambio climático y las proyecciones de los derrames utilizadas en los informes previos.

6.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EFICIENCIA

En el capítulo 4 se presenta un resumen de los valores de oferta sostenible proyectada hacia 2050. La misma se define como el nivel de suministro de agua que puede mantenerse constante cada año, considerando la variabilidad hídrica y la capacidad de almacenamiento disponible. Este nivel de oferta sostenible garantiza un nivel de satisfacción de la demanda hídrica, considerado adecuado, ajustándose a las proyecciones futuras y teniendo en cuenta la optimización de la gestión de excedentes en años húmedos y déficits en años secos.

El valor de confiabilidad de la oferta disponible mide la frecuencia con la que se cumple el nivel propuesto. El análisis se realiza para un nivel de confiabilidad del 80%. Esto genera que existirán años con déficit, donde será necesario tener planes de mitigación del mismo cuando los mismos se presenten. Al largo del desarrollo del capítulo se presentan los valores de oferta disponible para un nivel de confiabilidad del 80%, valor con el que se desarrollan las alternativas en el reporte 5.

6.3 DETERMINACIÓN DE LA UNIDAD DE RIEGO DE REFERENCIA

Para evaluar la inversión y la eficiencia de diversas alternativas en el manejo del agua, se ha seleccionado un área de referencia que sirve como unidad de manejo. Esta unidad de referencia representa la situación de una inspección de cauce o un canal de riego. La selección de esta unidad se basa en criterios como la superficie empadronada, el tamaño medio de las hijuelas o unidades de turnado, y la longitud de las redes secundaria, terciaria y cuaternaria.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 6.1: Longitud de la red de riego en metros para la cuenca del Río Mendoza.

CANALES RELEVADOS	SECUNDARIA	TERCIARIA Y CUATERNARIA
Canal Bajada de Araujo	4.043	83.927
Canal Barrancas Espino	6.034	2.128
Canal Céspedes	14.622	88.846
Canal Compuertas	13.424	31.034
Canal Matriz Lulunta	933	10.662
Canal Rufino Ortega	5.253	355
Hijuela Morales Villanueva	11.232	49.501
Hijuela Santa Rita	3.232	15.898
Lujan Centro	13.480	9.815
Rama Algarrobal	5.313	36.899
Rama Lujan Oeste Unificada	27.545	30.488
Rama Lujan Sur Unificada	34.443	5.618
Rama Mathus Hoyos	6.498	79.122
Rama Matriz Gil	2.910	78.402
Rama Nueva California	33.284	33.329
Rama San Roque	711	1.131
Rama Sobremonte	6.195	41.409
Valores medios en m	11127	35210
Valores medios en km	11,13	35,21

Para la determinación de esta unidad de referencia, se ha utilizado información actualizada (a junio de 2024) del relevamiento de la red de riego para la cuenca del Río Mendoza, proporcionada por el departamento de SIG. La superficie media empadronada en la cuenca del río Mendoza, por inspección de cauce es de 1800 ha y su superficie total media es de 3800 ha. Estos valores se tienen en cuenta en la construcción de la unidad de referencia.

La unidad de referencia se compone de la siguiente manera, siendo sus principales características las siguientes:

- a) Superficie cultivada: 1.800 ha
- b) Longitud de la red secundaria (principal y derivaciones): 11,3 km
- c) Longitud de la red terciaria y cuaternaria: 38,0 km
- d) Número de hijuelas o unidades de turnado: 10, divididas en 2 ramas de 5 hijuelas cada una.
- e) Número de propiedades por hijuela: 40
- f) Superficie de las propiedades: 4,5 ha
- g) Superficie total de la unidad: 3.870 ha

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Esta descripción general proporciona una base para la evaluación de los costos de inversión y la eficiencia de las distintas alternativas de manejo del agua en la cuenca del Río Mendoza, y extrapolable al resto de las cuencas de la provincia.

La unidad de referencia se ha construido con las longitudes medias de las redes secundarias y terciaria/cuaternaria. La red secundaria cuenta con un tramo inicial de 1 km, que abastece 1.800 hectáreas, y luego se divide en dos ramas que suministran agua a 900 hectáreas cada una. Estas ramas, a su vez, abastecen 10 hijuelas de 180 hectáreas cada una, que distribuyen el agua de acuerdo con sus necesidades específicas.

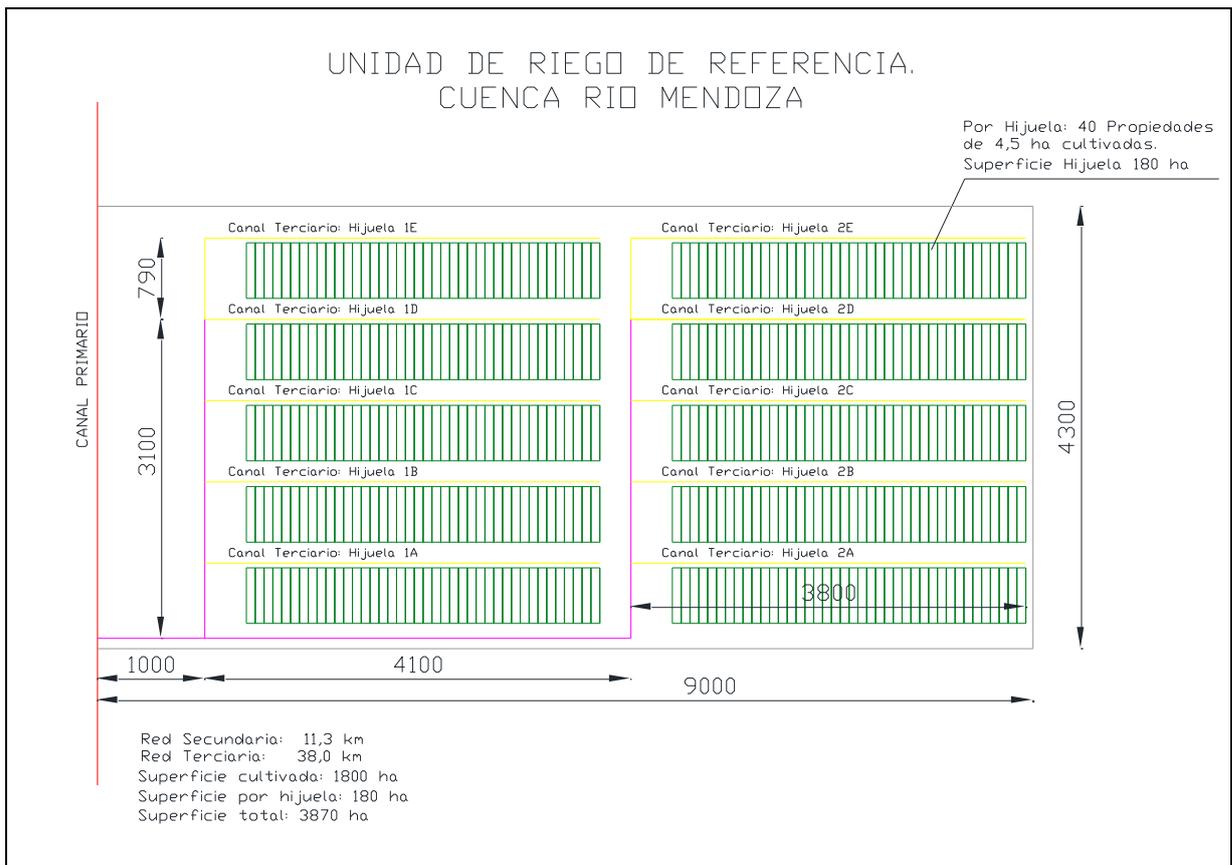


Figura 6.1: Unidad de manejo de referencia.

6.4 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

Se define como capacidad de almacenamiento o de regulación al volumen que el sistema necesita para que sea capaz de absorber las diferencias entre la presentación de los derrames (o caudales en el río) y las erogaciones necesarias para satisfacer la demanda, en un espacio de tiempo determinado. La capacidad de almacenamiento en un embalse o sistema de embalses puede ser clasificada en dos categorías: regulación estacional e interanual.

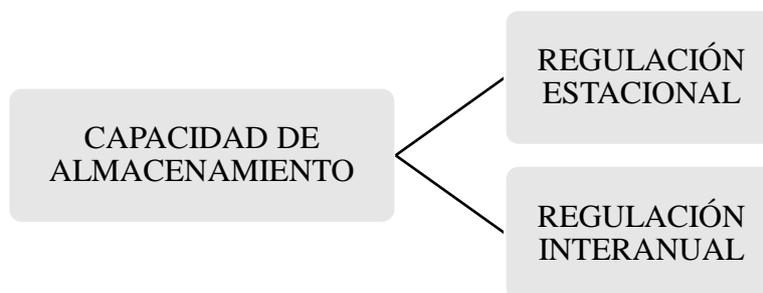


Figura 6.2: Capacidad de almacenamiento.

6.4.1 Almacenamiento Estacional

La regulación estacional busca ajustar las erogaciones a las demandas anuales, minimizando las diferencias entre la oferta hídrica y la demanda. En este tipo de regulación, el volumen erogado es similar al volumen de oferta hídrica del año. Los sistemas de regulación estacional tienen como objetivo disminuir el déficit estacional, pero no aseguran poder satisfacer la demanda hídrica total de la cuenca en un año determinado, ni se puede asegurar un mismo nivel de cobertura de la demanda para años sucesivos. No tienen la capacidad (o la misma es limitada) para regular la variabilidad interanual con la que se presentan los derrames.

Un ejemplo de sistemas de regulación estacional son los embalses de la provincia de Mendoza. Estos sistemas buscan satisfacer las demandas de primavera y compensarlas con los meses de menor demanda (enero, otoño e invierno). De esta manera, se asegura un equilibrio estacional en la gestión de las erogaciones.

6.4.2 Almacenamiento Interanual

La regulación interanual busca independizar las erogaciones que satisfacen la demanda hídrica de la oferta hídrica anual de un año determinado, asegurando así la satisfacción de la demanda año tras año, sin importar las variaciones en la oferta. Para alcanzar este nivel de regulación, se requiere al menos alguna de estas condiciones:

Gran capacidad de regulación con respecto a la demanda: El volumen de almacenamiento dependerá de cada caso en particular. Fundamentalmente de la presentación estacional y la variabilidad interanual de los derrames y de la demanda hídrica.

Agua Subterránea u otras fuentes hídricas: Contar con la posibilidad de extraer agua de los acuíferos u otra fuente hídrica (agua de mar desalinizada o reúso de efluentes tratados)

en la cantidad y calidad necesaria para satisfacer las demandas y poder independizar la cobertura de la demanda de la oferta hídrica superficial de un año determinado.

6.5 LA DEMANDA HÍDRICA Y SU ROL EN LA CAPACIDAD DE REGULACIÓN

Es factible aumentar o mejorar la capacidad de regulación mediante la reducción de la demanda hídrica bruta. Bajo un escenario donde la demanda bruta se logre disminuir a niveles que se asegure el nivel de satisfacción pretendido se alcanzaría una regulación estacional efectiva, con posibilidad de almacenar una parte del agua para la temporada siguiente. Esto genera la independencia del nivel pretendido de satisfacción de la demanda y la oferta hídrica de un año determinado.

En resumen, un aumento de la eficiencia genera sistemas menos vulnerables a las sequías, optimizando la capacidad de almacenamiento existente y liberando una cantidad significativa de agua para ser asignada a otros usos.

6.6 VOLUMEN DE RESERVORIOS EN LAS REDES DE RIEGO

Las alternativas analizadas, cuentan con la construcción de reservorios de agua comunitarios en las redes de riego. Con ellos se busca satisfacer requerimientos puntuales de caudal y volumen de agua adaptados a los sistemas de riego tanto tecnificados como sistemas acordados de agua, posibilitando llegar a los niveles de eficiencia global que se pretenden.

Las consideraciones que se tienen en cuenta a la hora de definir el volumen necesario se pueden resumir en:

- Proporcionar un volumen de agua que permita erogaciones acordes a las demandas de los sistemas de riego utilizados y los cultivos de distribución secundarios
- Independizar las entregas de la red primaria con las entregas de la red secundaria. Por ejemplo, si un canal primario está dotado solo 4 días en la semana y abastece una zona de riego donde los productores pretenden regar los 7 días de la semana, el reservorio deberá tener la capacidad de recibir el agua durante los 4 días y luego entregarla el resto de los días donde no se cuente con agua en el sistema primario.

Dado que los costos de almacenar agua son elevados, resulta conveniente analizar la posibilidad de operar la red primaria de manera continua o reducir al máximo los tiempos

de rotación de los turnos en dicha red. Durante estos períodos, el reservorio será el encargado de abastecer de agua al sistema secundario y terciario.

El análisis se enfoca en calcular el volumen de agua necesario para satisfacer las demandas de los cultivos, considerando la operación de la red primaria de distribución. No se incluye el volumen requerido para absorber flujos impermanentes derivados de cuestiones operativas en la red de riego. Si se pretende que el reservorio debe cumplir con este requerimiento, además de su función reguladora, deberá contar con un volumen de almacenamiento adicional que permita absorber las fluctuaciones de caudal generadas en la red de riego y, a su vez, recibir el agua necesaria para atender a los cultivos.

Para cada cuenca, se calcula una lámina que representa la demanda media de la misma, ajustada a un nivel de eficiencia aceptable. Con este valor de lámina de diseño, se procede a determinar el volumen requerido bajo diversas condiciones de operación de la red.

6.7 CONSIDERACIONES DE OPERACIÓN DE EMBALSES Y GESTIÓN DE LAS EROGACIONES

Al inicio de cada temporada, se calculan las erogaciones destinadas al riego, descontando los usos prioritarios al derrame proyectado. Esto permite determinar, al inicio de la temporada, qué proporción de la demanda será posible cubrir, es decir, la satisfacción de la demanda. Con este valor se ajustan las erogaciones, manteniendo las proporciones de la curva de demanda. La diferencia entre los volúmenes a erogar, dependientes de la demanda de riego, y los derrames en el río es absorbida por el o los embalses. Tanto la capacidad de los mismos como su gestión están orientadas a cubrir los déficits estacionales.

En cuanto a la regulación interanual, entendida como la posibilidad de regular más de una temporada de riego (más de 12 meses), en principio no se contempla, ya que las cuencas no cuentan con capacidad de embalse suficiente para ello. Sin embargo, se considera un porcentaje de las reservas podrá ser utilizado cuando la cobertura de la demanda desciende por debajo de un cierto umbral. Esto impacta directamente en la satisfacción de la demanda del año siguiente, una situación observada en los embalses de la provincia durante los primeros años de la última sequía, donde durante el desarrollo del misma, se observa que cada nueva temporada, los embalses comenzaban con menos agua que la anterior. Esto llega a un límite, donde se debe empezar a destinar agua para recuperar las reservas utilizadas. Este aspecto adquiere relevancia a medida que aumenta la eficiencia

del riego, lo que permite una mayor capacidad de regulación al reducir los requerimientos de agua. No obstante, esto no alcanza para lograr una regulación interanual completa.

6.7.1 Metodología general de cálculo

Con los datos de derrames mensuales proyectados hacia 2050 y la demanda neta se simula los cambios en el almacenamiento del embalse y la cobertura de la demanda año tras año.

6.7.2 Secuencia de cálculo

1. Se calcula el valor de derrame para toda la temporada. Volúmenes mensuales entre agosto y julio del año siguiente.
2. Se estima el valor de demanda bruta a satisfacer (requerimiento de riego) para todo el año. Se suman los valores mensuales de demanda bruta (neta afectada por la eficiencia global).
3. Se resta el volumen de agua que no está disponible para distribuir como oferta superficial, pérdidas o infiltración en el lecho del río o embalses.
4. Se restan los volúmenes destinados a usos prioritarios del derrame anual del río (como por ejemplo el abastecimiento poblacional en el Río Mendoza).
5. Con el valor de derrame anual del río destinado a riego, se calcula la cobertura anual de ese año, dividiendo el valor de derrame por el valor de demanda bruta.
6. Se afectan las demandas brutas mensuales por el valor de cobertura para obtener las erogaciones mensuales.
7. Para cada mes, se tienen las erogaciones y los ingresos de agua. La diferencia es absorbida por el embalse.
8. Para cada temporada de riego, se calcula el almacenamiento estacional requerido. El valor se estima como la máxima diferencia entre las demandas acumuladas y los ingresos al embalse en cada temporada.
9. Se calcula el agua no embalsada como que volumen que no es capaz de almacenar debido a que el embalse llega a su capacidad máxima. Es el volumen que se libera aguas abajo.
10. Con la tasa de sedimentación se considera año tras año la pérdida en volumen útil de almacenamiento.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

11. Para todo el periodo de análisis, se calcula el volumen de almacenamiento teórico que se necesita para ser capaz de regular la totalidad de los derrames y aseguran un nivel de abastecimiento estable (o constante) todos los años.

6.7.3 Datos Generales

- **Volumen almacenamiento inicial.** En el sistema de embalses.
- **Volumen máximo.** En el sistema de embalses.
- **Volumen mínimo.** En el sistema de embalses.
- **Tasas de sedimentación:** Reducción anual en capacidad de embalses.
- Perdidas en el embalse y río
- **Uso de reservas:** Las reservas a utilizar se calcula como una proporción de la demanda bruta.
- **Umbral para uso de reservas:** Valor de cobertura a partir del cual se utilizan las reservas del embalse.
- **Eficiencia de aplicación y de conducción:** Actual y bajo la aplicación de las alternativas.

6.7.4 Materiales

- Serie de derrames anuales proyectados en cada cuenca hasta 2050
- Estacionalidad media en la presentación de los caudales para cada río
- Eficiencias de aplicación esperadas para cada cuenca y cada alternativa
- Demanda neta y bruta según Informe 3
- Superficie cultivada según Informe 3
- Capacidad de los embalses y tasa de sedimentación de cada uno
- Pérdidas entre el punto de salida de la cuenca y el sitio de toma principal de la cuenca

6.7.5 Resultados

- Capacidad de almacenamiento estacional requerida en cada cuenca
- Capacidad de almacenamiento interanual requerida en cada cuenca
- Cobertura anual global
- Cobertura de la demanda para la situación actual y su tendencia
- Cobertura de la demanda para la situación con las alternativas de inversión
- Tendencia en la cobertura de la demanda y nivel de abastecimiento
- Cálculo de la lámina de diseño para cada reservorio
- Estimación de los costos de aplicación de las alternativas

7 RESUMEN Y ACTUALIZACIONES SOBRE EL COSTO DE INVERSIONES PARA LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS

Este capítulo presenta el costo de las inversiones necesarias para la implementación de las alternativas seleccionadas: Alternativa 2.3, Alternativa 2.2 (revisada) y Alternativa 2.1 (revisada). Los costos se calculan de acuerdo con los costos unitarios estimados en el Informe N.º 5. Se considera la aplicación de las alternativas de manera progresiva a lo largo del tiempo.

7.1 ALTERNATIVA 2.3

Esta alternativa incluye los siguientes componentes, reservorios en red de riego, inversión intrafinca (riego por mangas), sistema de gestión de la distribución, estructuras de derivación y caudalímetros.

7.1.1 Reservorios en red de riego

Para calcular el volumen de agua necesario en los reservorios ubicados en la red de riego, se toman en cuenta las láminas de riego requeridas, la eficiencia del sistema, el tiempo que se pretende satisfacer la demanda desde el reservorio y la superficie cultivada.

Las láminas de riego se obtienen del reporte 3. Adicionalmente, se supone que los reservorios son capaces de regular el suministro de agua en un período de 24 horas. Este valor, aunque puede variar dependiendo de las características específicas de cada sistema, se considera adecuado para estimaciones globales.

El análisis de las láminas de riego incluye un análisis de sensibilidad, realizado con dos metodologías diferentes comparadas con la lámina recomendada: la lámina media ponderada del mes de mayor consumo, excluyendo los cultivos de invierno; y un valor estándar de 8 mm recomendado por el Departamento General de Irrigación, esto se realiza para cada cuenca.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

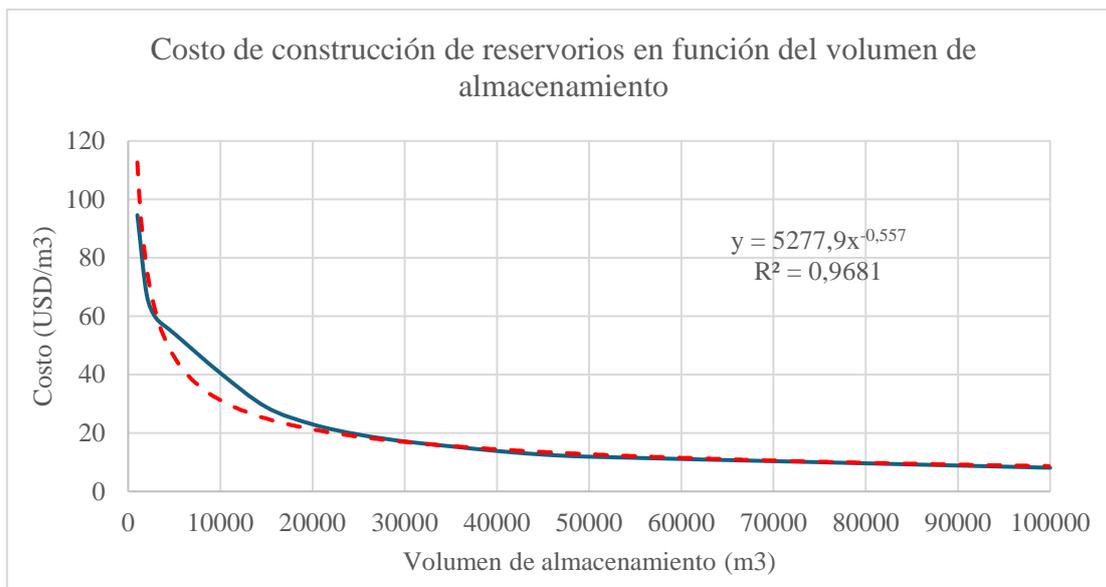


Figura 7.1: Costo de construcción de reservorios Fuente: Compañía nacional de agua de Israel.

7.1.2 Inversiones Intrafinca. Riego por Mangas

La Tabla 7.1 presenta el desglose de costos de los materiales necesarios para la implementación de un sistema de riego por mangas. En ella se detalla la cantidad requerida, el precio unitario y los subtotales en dólares estadounidenses (US\$) y pesos argentinos (ARS) para cada componente del sistema, considerando un tipo de cambio de referencia de 1 US\$ = 895 ARS. Entre los materiales incluidos se encuentran mangas, compuertas, salidas bridada, niples e insertores. El costo total estimado asciende a 845 US\$ o 756.624 ARS por hectárea.

Tabla 7.1: Costos de materiales para un sistema de riego por mangas.

Ítem	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total US\$
Manga 12	3	131.5	394.6
Compuertas bg50	100	2.2	216.0
Salida bridada 12	6	26.7	160.2
Niple 12	2	22.3	44.6
Insertor bg50	1	30.0	30.0
Total			845

7.1.3 Sistema de gestión de la distribución

La Tabla 8.2 presenta los costos por cuenca necesarios para la implementación de un sistema de gestión de distribución. Se consideran los “Costo Total Primer año” como los

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

costos de inversiones, y el “Costo Total Anual” como el costo de mantenimiento del sistema. Los valores se dividen por la superficie cultivada de cada río a los fines de estandarizar los costos a costos por hectárea.

Tabla 7.2: Costos estimados en dólares para la implementación de un sistema de gestión de la distribución (en USD).

Cuenca	Cantidad de Inspecciones	Costo Implementación	Mantenimiento del software por año	Mantenimiento del servidor por año	Costo Total Primer año	Costo Total anual
Río Mendoza	52	172.343	65.371	62.400	300.114	127.771
Río Tunuyán Superior	26	86.171	32.686	31.200	150.057	63.886
Río Tunuyán Inferior	20	66.286	25.143	24.000	115.429	49.143
Río Diamante	19	62.971	23.886	22.800	109.657	46.686
Río Atuel	23	76.229	28.914	27.600	132.743	56.514
Río Malargüe	2	6.629	2.514	2.400	11.543	4.914

Fuente: Departamento General de Irrigación.

Tabla 7.3: Costos estimados en dólares para la implementación de un sistema de gestión de la distribución por unidad de superficie cultivada (en USD/ha).

Cuenca	Costo Implementación (US\$)	Costo Implementación (US\$/ha)
Río Mendoza	172.343	2,67
Río Tunuyán Superior	86.171	1,93
Río Tunuyán Inferior	66.286	1,09
Río Diamante	62.971	1,51
Río Atuel	76.229	1,42
Río Malargüe	6.629	2,21

7.1.4 Mejora de las estructuras de derivación y distribución

Si bien la alternativa no contempla la impermeabilización de los cauces terciarios, si se estima el costo de mejora en las estructuras de distribución para permitir entregas más

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

flexibles de agua y posibilitar la implementación del sistema de riego por mangas con las eficiencias pretendidas.

Tabla 7.4: Costos de mejora en estructuras de derivación por hectárea.

Cuenca	Superficie Cultivada (ha)	Longitud de la Red (km)	Red Secundaria (m/ha)	Red Terciaria (m/ha)	Costo de estructuras de derivación de red secundaria (US\$/ha)	Costo de estructuras de derivación de red terciaria (US\$/ha)	Costo de estructuras de derivación de red (US\$/ha)
Mendoza	91823	4440	7.3	41.1	254	699	953
Tunuyán Inferior	77135	2025	3.9	22.3	138	379	517
Tunuyán Superior	64507	1289	3.0	17.0	105	289	394
Diamante	45280	2239	7.4	42.0	260	715	975
Atuel	53620	1947	5.4	30.9	191	525	716
Malargüe	7839	88	1.7	9.5	59	162	221

Fuente: Elaboración propia.

7.1.5 Caudalímetros

El costo estimado de los caudalímetros es de 700 USD por unidad, lo cual incluye tanto el dispositivo como la infraestructura necesaria para su instalación. Se prevén, además, 700 USD en costos asociados a la transmisión de los datos que estos dispositivos generan. Para calcular el costo total de inversión en caudalímetros para el sistema, se debe considerar el número de usuarios en cada cuenca y la superficie cultivada.

Tabla 7.5: Costos de caudalímetros en las diferentes cuencas por unidad de superficie.

Cuenca	Superficie Cultivada (ha)	Cantidad estimada de usuarios	Costos de caudalímetros en (US\$/ha)
Mendoza	64.343	57.420	1.249
Tunuyán Inferior	60.431	20.320	471
Tunuyán Superior	15.272	23.380	735
Diamante	41.786	21.806	731
Atuel	53.623	11.967	312
Malargüe	2.997	1.120	523

7.2 ALTERNATIVA 2.2 (INVERSIONES ADICIONALES)

7.2.1 Riego por goteo, cámara de carga y presurización en propiedades

La Tabla 7.6 muestra los costos asociados a los componentes necesarios para implementar un sistema de riego por goteo en cultivos, desagregado en términos del precio por hectárea (USD/ha). Entre los elementos incluidos se destacan la telemetría, automatización y control (66 USD/ha), la instalación de la red eléctrica (60 USD/ha), y los costos de operación y puesta a punto (21 USD/ha). Los componentes principales, como manguera y goteros, representan una inversión significativa de 3.000 USD/ha. Además, se consideran elementos complementarios como cámaras de carga (900 USD/ha), estaciones de presurización (2.046 USD/ha) y estaciones de filtrado (360 USD/ha).

Tabla 7.6: Inversiones alternativa 2.2 (2035 – 2050).

Componentes	Precio por ha (USD/ha)
Telemetría automatización y control	66
Red eléctrica	60
Operación y puesta a punto	21
Manguera y goteros	3.000
Cámara de carga. 3 horas (20 m ³ /ha)	900
Estación de presurización en propiedades	2.046
Contingencia (20%)	1.219
TOTAL	7.312

7.3 ALTERNATIVA 2.1 (INVERSIONES ADICIONALES)

La Tabla 7.7 presenta los costos asociados a los componentes necesarios para implementar un sistema de riego presurizado comunitario, alternativa 2.1, durante el período 2035-2050, desagregados en términos del costo por hectárea. Los mismos incluyen: telemetría, automatización y control, la instalación de la red eléctrica y los costos de operación y puesta a punto.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Entre los componentes principales se destacan las mangueras y goteros, y la red de tuberías, se consideran los costos asociados a la presurización del sistema para las zonas donde no es factible utilizar el desnivel topográfico para presurizar, finalmente se añade un monto de contingencia equivalente al 20% del total estimado.

Tabla 7.7: Inversiones alternativa 2.1 (2035 – 2050).

Componentes	Precio por ha (USD/ha)
Telemetría automatización y control	66
Red eléctrica	60
Operación y puesta a punto	21
Manguera y goteros	3.000
Estación de presurización comunitaria	1.620
Red de tuberías	7.859
Contingencia (20%)	2.525
TOTAL	15.151

En la aplicación de la alternativa 2.1 en la cuenca del río Tunuyán Superior, se asume que la presurización se logra aprovechando el desnivel topográfico natural. Por ello, este costo se considera nulo, tanto para las áreas abastecidas por el río como para las abastecidas por los arroyos de la cordillera frontal.

7.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS ANUALES

Los costos anuales de implementación se componen de tres elementos principales:

- **Devolución del capital por la inversión:** Este componente incluye la amortización del capital invertido más los intereses durante la vida útil de las instalaciones. Se calcula considerando una tasa de interés del 5% y una vida útil de 30 años.
- **Costos de mantenimiento:** El mantenimiento anual se estima como un porcentaje de la inversión total. En este caso, se asume un costo de mantenimiento del **0,75% de la inversión total por año**.
- **Costos de energía:** Este componente se calcula en función del consumo energético anual (en kWh) y el costo unitario de la energía (USD/kWh). En este caso, los costos de energía se dividen en dos componentes:

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

- Energía requerida para aguas subterráneas
- Energía requerida para los sistemas de riego presurizado

Los costos anuales totales para la implementación de las alternativas se determinan sumando los valores resultantes de cada componente.

Tabla 7.8: Parámetros para el cálculo de los costos anuales. Río Mendoza.

Componente	Valor
Vida útil (Años)	30
Interés	5%
kw*h USD	0,1432
Mantenimiento	0,75%
Energía (aguas subterráneas) kw	181,481
Energía RPG Energy kw	158,796

Tabla 7.9: Parámetros para el cálculo de los costos anuales. Río Tunuyán Superior.

Componente	Valor
Vida útil (Años)	30
Interés	5%
kw*h USD	0,1432
Mantenimiento	0,75%
Energía (aguas subterráneas) kw	258,796
Energía RPG Energy kw	158,796

Tabla 7.10: Parámetros para el cálculo de los costos anuales. Río Tunuyán Inferior.

Componente	Valor
Vida útil (Años)	30
Interés	5%
kw*h USD	0,1432
Mantenimiento	0,75%
Energía (aguas subterráneas) kw	54,444
Energía RPG Energy kw	158,796

Tabla 7.11: Parámetros para el cálculo de los costos anuales. Río Tunuyán Diamante.

Componente	Valor
Vida útil (Años)	30
Interés	5%
kw*h USD	0,1432
Mantenimiento	0,75%
Energía (aguas subterráneas) kw	36,296

8 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN

El análisis de las alternativas de inversión proyectado hacia 2050 se realiza con un intervalo de tiempo mensual, utilizando las proyecciones de derrames elaboradas en el reporte N.º 2.

Los resultados se expresan en términos de año medio. Esta metodología con paso de tiempo mensual genera diferencias en los valores de abastecimiento superficial y déficit anual respecto a los presentados en el reporte N.º 4, debido a que este se realiza en términos anual, para un nivel de confiabilidad del 80%.

Sin embargo, este análisis no invalida al anterior, sino que adopta un enfoque complementario para estimar el nivel de almacenamiento estacional necesario y el déficit anual, considerando los déficits mensuales generados.

8.1 CUENCA DEL RÍO MENDOZA

8.1.1 Determinación del nivel de eficiencia. Río Mendoza

La Tabla 8.1 muestra el balance hídrico proyectado para las décadas de 2020, 2030, 2040 y 2050, considerando un nivel de confiabilidad del 80% para la totalidad de la cuenca.

Tabla 8.1: Agua disponible y Balance Hídrico proyectado en hm^3 . Cuenca Río Mendoza.

Nivel de Confiabilidad	80%			
Década	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento para una confiabilidad del 80%	1.370	1.270	1.230	1.130
Oferta de Agua Tratada (ACRE)	102	102	102	102
Oferta recirculada	50	53	53	53
Volumen Sostenible de Agua Subterránea (según informe 2.2)	317	317	316	316
Demanda Proyectada	2.152	2.290	2.326	2.364
Balance Hídrico	-312	-548	-625	-764

En términos globales, el balance hídrico proyectado considera todas las fuentes de la cuenca, incluyendo agua superficial (nivel de abastecimiento), agua tratada (ACRE), agua recirculada y agua subterránea (volumen sostenible). Para un nivel de confiabilidad del 80%, se observa una disminución progresiva en el nivel de abastecimiento de agua

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

superficial, que pasa de 1.370 hm³ en 2020 a 1.130 hm³ en 2050. La oferta de agua tratada⁶ (ACRE) permanece constante en 102 hm³ durante todo el período, mientras que la oferta recirculada muestra un leve incremento, pasando de 50 hm³ en 2020 a 53 hm³ en 2030, manteniéndose estable hasta 2050. El volumen sostenible de agua subterránea, según el informe 2.2, se mantiene prácticamente constante alrededor de 316 hm³.

Por otro lado, la demanda proyectada de agua crece de manera constante, aumentando de 2.152 hm³ en 2020 a 2.364 hm³ en 2050, lo que refleja un incremento sostenido en las necesidades hídricas de la cuenca. Como resultado, se evidencia un déficit creciente en el balance global, que pasa de -312 hm³ en 2020 a -764 hm³ en 2050. Este déficit es consecuencia de la combinación de una menor disponibilidad de agua superficial y un aumento continuo en la demanda total de la cuenca.

Existen alternativas que, si bien no logran eliminar completamente el déficit, lo disminuyen considerablemente. Para ello se elaboran cinco escenarios, un escenario base o tendencial y cuatro escenarios de mejoras. Los mismos son:

Tabla 8.2: Escenarios simulados. Cuenca Río Mendoza.

Base o de referencia
2.3 y 2.2 Pérdidas poblacional 46%
2.3 y 2.2 Pérdidas poblacional 25%
2.3 y 2.1 Pérdidas poblacional 46%
2.3 y 2.1 Pérdidas poblacional 25%

Para cada década se establece el valor de eficiencia, tanto de conducción como de aplicación, que logra eliminar el déficit, para los valores de oferta determinados. Cada una de las alternativas analizadas determina diferentes niveles de eficiencia, costos e infraestructura que se afecta en la red. Esto genera diferentes escenarios con desempeños y costos totales diferentes. Si analizamos las alternativas 2.3 y 2.1 para el río Mendoza, se observa cómo, década tras década es necesario aumentar la eficiencia de aplicación para lograr reducir el déficit.

⁶ Esto se debe a que no se indaga sobre el aumento de la capacidad de tratamiento de las plantas, esto no significa que existe un potencial de crecimiento de esta fuente hídrica, que deberá ser acompañado por infraestructura de tratamiento y distribución.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.3: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3. Río Mendoza.

Poblacional 46%	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Ha.	Δ Ha	Déficit (Hm ³)
	2020	85%	52%	75 654	16 170	-312
	2030	85%	61%	72 285	19 539	-342
	2040	85%	65%	71 304	20 520	-333
	2050	85%	70%	65 380	26 444	-400
Poblacional 30%	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Ha.	Δ Ha.	Déficit (Hm ³)
	2020	85%	52%	79 443	12 381	-239
	2030	85%	61%	76 807	15 017	-263
	2040	85%	65%	76 574	15 250	-247
	2050	85%	70%	71 481	20 343	-308

Tabla 8.4: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.2. Río Mendoza.

Poblacional 46%	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Ha.	Δ Ha	Déficit (Hm ³)
	2020	85%	52%	75.654	16.170	-312
	2030	85%	63%	74.362	17.462	-292
	2040	85%	74%	76.927	14.896	-214
	2050	85%	85%	72.864	18.960	-237
Poblacional 30%	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Ha.	Δ Ha.	Déficit (Hm ³)
	2020	85%	52%	79.443	12.381	-239
	2030	85%	63%	79.087	12.737	-213
	2040	85%	74%	82.879	8.944	-128
	2050	85%	85%	80.251	11.573	-145

Tabla 8.5: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.1. Río Mendoza.

Poblacional 46%	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Ha.	Δ Ha	Déficit (Hm ³)
	2020	85%	52%	75.654	16.170	-312
	2030	91%	63%	77.820	14.003	-219
	2040	93%	74%	81.714	10.109	-132
	2050	96%	85%	77.980	13.844	-153
Poblacional 30%	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Ha.	Δ Ha.	Déficit (Hm ³)
	2020	85%	52%	79.443	12.381	-239
	2030	91%	63%	82.882	8.942	-140
	2040	93%	74%	88.266	3.557	-46
	2050	96%	85%	86.354	5.470	-60

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

En este capítulo se analizan dos escenarios simulados para la cuenca del Río Mendoza, diseñados con el objetivo de evaluar el impacto de mejoras en la eficiencia de uso del agua en el futuro. Estos escenarios se centran en la progresiva implementación de las alternativas 2.3, 2.2 y 2.1, que buscan mitigar el déficit hídrico proyectado a través de diversas estrategias de inversión en infraestructura y tecnología. Ambos escenarios consideran el período 2025-2050, comenzando con la alternativa 2.3, que mejora la red de distribución y promueve el riego por mangas, y alcanzando eficiencias de aplicación del 70%. A partir de 2035, se incorporan las alternativas 2.1 y 2.2, las cuales contemplan inversiones en riego por goteo y la impermeabilización de la red terciaria. Este análisis permite comparar los costos relativos y los niveles de eficiencia logrados en cada caso.

Escenario 2.3 – 2.2

El escenario 2.3 - 2.2 combina la aplicación progresiva de dos estrategias para mejorar la eficiencia hídrica. Entre 2025 y 2035 se implementa la alternativa 2.3, alcanzando una eficiencia del 70% mediante mejoras en canales y riego por mangas. Desde 2035 hasta 2050 se aplica la alternativa 2.2, con riego por goteo, buscando niveles mayores de eficiencia sin aumentar la eficiencia de conducción. A continuación, se detallan los niveles de eficiencia pretendidos para cada etapa.

Tabla 8.6: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3 – 2.2. Río Mendoza.

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa [ha]
2025	50%	85%	43%	Actualidad	0
2030	60%	85%	51%	2.3	35912
2035	70%	85%	60%	2.3	65839
2040	75%	85%	64%	2.2	21946
2045	80%	85%	68%	2.2	43893
2050	85%	85%	72%	2.2	65839

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

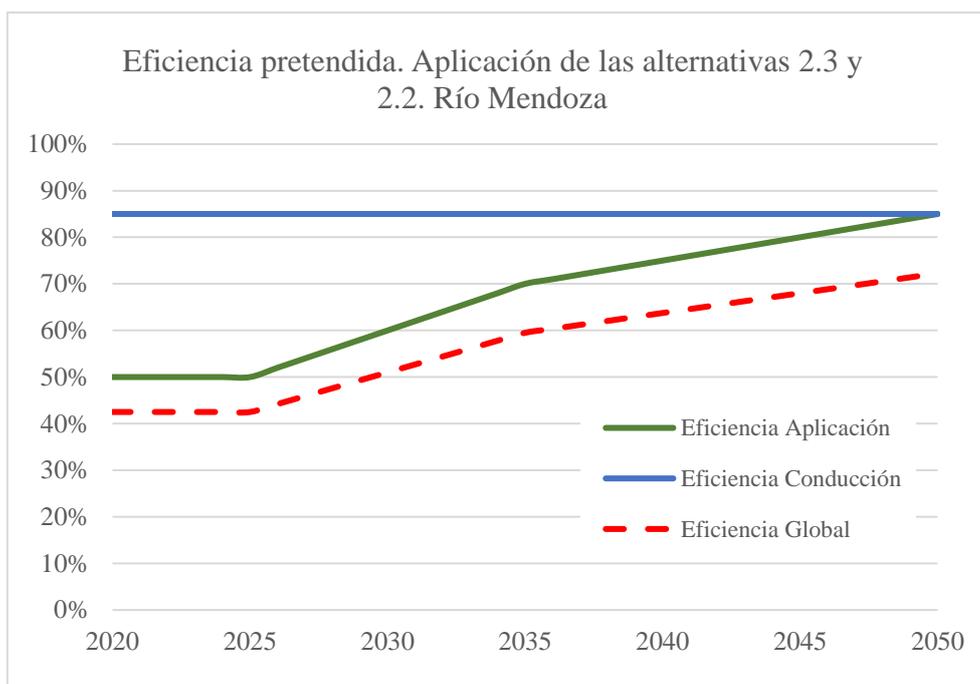


Figura 8.1: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3 – 2.2. Río Mendoza.

Escenario 2.3 – 2.1

El escenario 2.3 - 2.1 combina, al igual que el escenario anterior, la aplicación progresiva de dos estrategias para mejorar la eficiencia hídrica. Entre 2025 y 2035 se implementa la alternativa 2.3, alcanzando una eficiencia del 70% mediante mejoras en canales y riego por mangas. Desde 2035 hasta 2050 se aplica la alternativa 2.1, con riego por goteo e impermeabilización de la red terciaria, buscando niveles aún mayores de eficiencia, manteniendo un crecimiento sostenido de la eficiencia hasta 2050. A continuación, se detallan los niveles de eficiencia pretendidos para cada etapa.

Tabla 8.7: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3 – 2.1. Río Mendoza.

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa [ha]
2025	50%	84%	43%	Actualidad	0
2030	60%	84%	51%	2.3	35.912
2035	70%	84%	60%	2.3	65.839
2040	75%	89%	67%	2.1	21.946
2045	80%	92%	74%	2.1	43.893
2050	85%	96%	82%	2.1	65.839

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

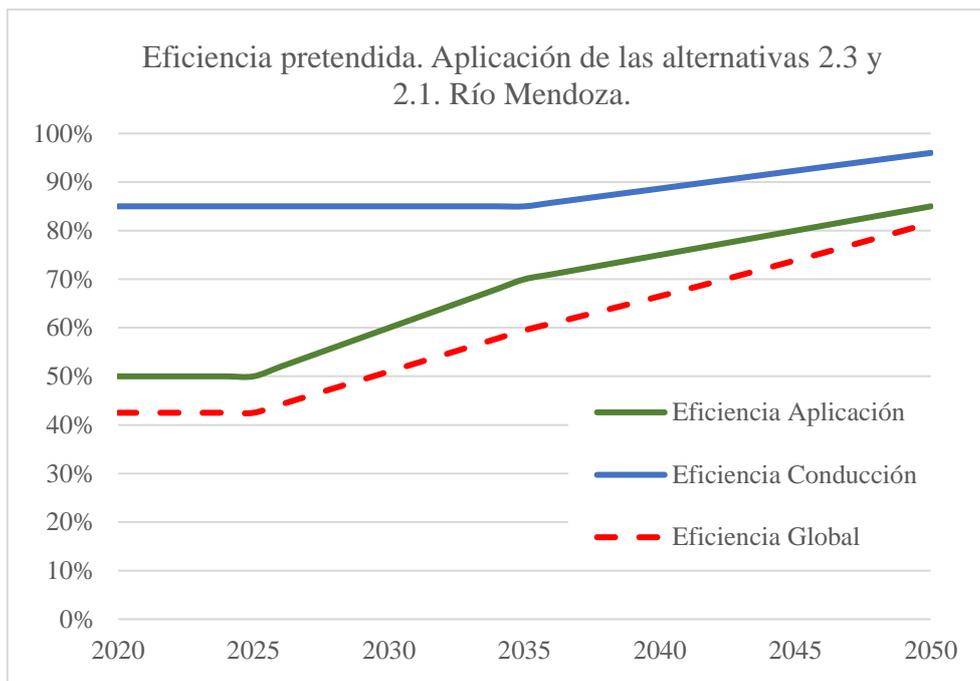


Figura 8.2: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3 – 2.1. Río Mendoza.

Uso poblacional

Debido a la magnitud que tiene el volumen de agua destinado al abastecimiento poblacional en la cuenca del río Mendoza, cada uno de los escenarios descritos anteriormente se analiza bajo dos situaciones distintas. El primero corresponde a una situación tendencial o de base, donde se proyecta un incremento en la demanda poblacional manteniendo los niveles actuales de eficiencia, con pérdidas del 46% según el Reporte 3. El segundo enfoque supone un escenario optimizado, en el que el aumento de la demanda es compensado por mejoras significativas en las redes de distribución, reduciendo las pérdidas (desde un 46% a un 25%) y logrando que, para 2050, el volumen de agua destinado al abastecimiento poblacional sea equivalente al de los niveles actuales. Esto permite evaluar el impacto relativo de las mejoras en la distribución poblacional dentro de cada escenario.

Sub-escenario con eficiencia actual (46% de pérdidas): Este sub-escenario considera la situación tendencial en la cual las pérdidas en la red de distribución se mantienen en el nivel actual del 46% durante todo el período analizado. Como resultado, la demanda bruta aumenta progresivamente, desde 312,1 hm³/año en 2020 a 393,3 hm³/año en 2050, mientras que la oferta se compone principalmente del componente superficial y, en menor medida, del componente subterráneo.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.8: Volumen de abastecimiento poblacional. Escenario tendencial. Río Mendoza.

Año	Demanda Neta (hm ³ /año)	Perdidas % (hm ³ /año)	Demanda Bruta (hm ³ /año)	Componente Superficial (hm ³ /año)	Componente Subterráneo (hm ³ /año)
2020	167,3	46%	312,1	283,0	29,2
2025	172,3	46%	321,4	290,9	30,5
2030	180,6	46%	336,9	305,6	31,6
2035	187,9	46%	350,5	317,2	33,2
2040	195,1	46%	364,0	330,1	34,1
2045	203,0	46%	378,6	343,5	35,1
2050	210,8	46%	393,3	356,7	36,8

Sub-escenario con reducción progresiva de pérdidas (hasta 25%): Este sub-escenario proyecta una mejora gradual en la eficiencia de la red de distribución, reduciendo las pérdidas desde el 46% en 2020 hasta un 25% en 2050. Este aumento en la eficiencia permite que la demanda bruta disminuya progresivamente de 312,1 hm³/año en 2020 a 281,1 hm³/año en 2050, a pesar del incremento en la demanda neta. La oferta sigue dependiendo del componente superficial y subterráneo, pero con una menor presión sobre estos recursos debido al aumento en la eficiencia, permitiendo disponer de mayor volumen para la satisfacción de la demanda agrícola.

Tabla 8.9: Volumen de abastecimiento poblacional. Escenario con mejoras. Río Mendoza.

Año	Demanda Neta (hm ³ /año)	Perdidas % (hm ³ /año)	Demanda Bruta (hm ³ /año)	Componente Superficial (hm ³ /año)	Componente Subterráneo (hm ³ /año)
2020	167,3	46%	312,1	283,0	29,1
2025	172,3	44%	308,2	279,5	28,8
2030	180,6	40%	302,4	273,6	28,9
2035	187,8	36%	295,7	267,7	28,0
2040	195,1	33%	289,7	261,8	27,9
2045	202,9	29%	285,1	255,9	29,2
2050	210,8	25%	281,1	250,0	31,1

8.1.2 Volumen de almacenamiento requerido

Aplicación de alternativas 2.3 y 2.2

El análisis se realiza tanto para la situación base como para los escenarios con la aplicación de las alternativas. Los valores de coberturas presentados responden a valores medios durante todo el periodo de simulación, para la condición de referencia y para la condición de aplicación progresiva de las alternativas de inversión.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

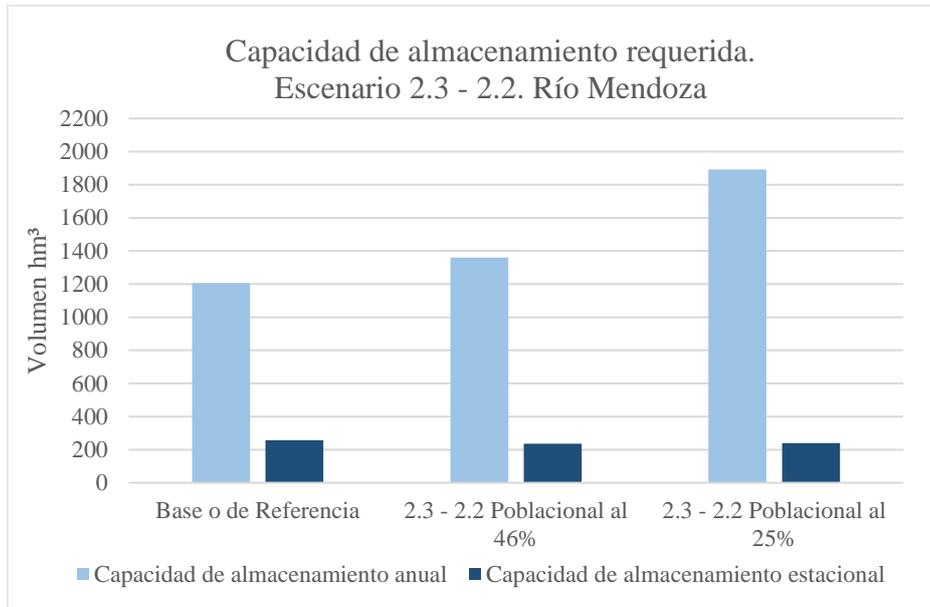


Figura 8.3: Capacidad de almacenamiento requerida. Escenario 2.3 – 2.2. Cuenca del Mendoza.

Tabla 8.10: Escenario 2.3 – 2.2. Cobertura de la demanda. Cuenca del Río Mendoza.

Escenario Analizado	Con aporte de agua subterránea		Sin aporte de agua subterránea	
	Regulación Interanual	Regulación Estacional	Regulación Interanual	Regulación Estacional
Base o de Referencia	58%	57%	44%	44%
2.3 - 2.2 Poblacional al 46%	68%	67%	58%	57%
2.3 - 2.2 Poblacional al 25%	73%	71%	63%	63%

Se presenta la capacidad de almacenamiento requerida y la cobertura de la demanda en la cuenca del río Mendoza, considerando diferentes escenarios de regulación hídrica con la inclusión o exclusión del aporte subterráneo. Los resultados permiten evaluar el impacto del agua subterránea en la mejora de la cobertura de la demanda y en la necesidad de almacenamiento interanual y estacional. La Tabla 9.10 destaca de que manera el aporte subterráneo contribuye a mejorar la cobertura anual global de la cuenca.

En el escenario de referencia, contar con almacenamiento interanual permitiría una cobertura de la demanda del 44% todos los años, que ascendería al 58% considerando el aporte subterráneo⁷. Este patrón se mantiene en los escenarios proyectados: para el

⁷ Debido a que el aporte subterráneo se compone de perforaciones administradas por cada usuario, este refuerzo adicional no se distribuye de manera constante a lo largo de la cuenca. Existiendo usuarios que podrán satisfacer el 100% de su demanda y los usuarios que no dispongan de perforaciones, solo podrán satisfacer el 45%.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

escenario con aplicación de las alternativas 2.3 – 2.2 y considerando las actuales pérdidas en el abastecimiento poblacional la cobertura interanual mejora al 68% con el aporte subterráneo, mientras que sin considerarlo alcanza el 58%. Considerando una mejora en la distribución de agua potable (pérdidas poblacionales del 25%) los valores son del 73% con aporte subterráneo y 63% sin él.

Para la regulación estacional⁸, analizando la situación actual de la cuenca, las coberturas medias con aporte subterráneo son del 57%, mientras que sin este aporte son del 44%. En los escenarios de aplicación de las alternativas de inversión, las coberturas alcanzan el 67% considerando pérdidas poblacionales del 46% y 71% considerando pérdidas poblacionales del 25% con el aporte subterráneo, frente al 57% y 63% correspondientemente.

Este análisis resalta la importancia del agua subterránea en la cuenca del Río Mendoza como un complemento importante para garantizar mayores niveles de cobertura para la situación actual. Se evidencia que, aunque un aumento en el almacenamiento de la cuenca (hasta alcanzar una regulación interanual) mejora la cobertura de la demanda, este incremento es mínimo en términos absolutos y prácticamente insignificante en relación con la capacidad de almacenamiento necesaria.

En el escenario de referencia, la capacidad de almacenamiento interanual requerida es de 1.207 hm³, aumentando a 1.359 hm³ considerando pérdidas del 46% en el agua poblacional y 1.892 hm³ para pérdidas del 25%.

Por otro lado, los volúmenes necesarios para almacenamiento estacional responden a la demanda bruta que se busca cubrir y a la presentación de la oferta destinada para riego. Para la situación actual, el volumen necesario asciende a 257 hm³, disminuyendo sensiblemente a 236 hm³ para el escenario 2.3 – 2.2 con pérdidas del 46% en el abastecimiento poblacional y a 241 hm³ en el escenario 2.3 – 2.2 con pérdidas del 25%.

⁸ Los valores de cobertura anual para la condición de regulación estacional representan valores de cobertura media durante todo el periodo de modelación, existiendo años con valores superiores e inferiores.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.11: Escenario 2.3 – 2.2. Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del río Mendoza.

Escenario Analizado	Regulación Interanual	Regulación Estacional
	Capacidad de almacenamiento anual (hm ³)	Capacidad de almacenamiento estacional (hm ³)
Base o de Referencia	1.207	257
2.3 - 2.2 Poblacional al 46%	1.359	236
2.3 - 2.2 Poblacional al 25%	1.892	241

Los resultados de la simulación indican que, si bien el almacenamiento interanual permitiría una mayor cobertura de la demanda, su efectividad depende en gran medida de la forma en que se presentan los derrames del río, lo que introduce una alta incertidumbre. Esto implica que, incluso con infraestructura capaz de almacenar grandes volúmenes, no se puede garantizar que se alcancen los niveles de cobertura previstos, ni que sea posible almacenar la cantidad de agua necesaria para lograrlo.

El almacenamiento estacional brinda al sistema la seguridad necesaria para cubrir los déficits asociados a variaciones estacionales. Actualmente, la cuenca cuenta con capacidad suficiente para realizar una regulación estacional, representando el desafío a futuro mantener esta capacidad operativa y funcional lo largo del tiempo.

El análisis conjunto de la cobertura revela dos aspectos fundamentales. Por un lado, la importancia del agua subterránea para incrementar la cobertura de la demanda hídrica, especialmente en escenarios de alta demanda poblacional. Sin este aporte, la cobertura anual global se reduce significativamente, limitando la capacidad del sistema para satisfacer las necesidades hídricas de la cuenca.

Por otro lado, aunque el almacenamiento interanual permite mejorar la cobertura de la demanda, los volúmenes requeridos son extremadamente altos y su efectividad está condicionada por la variabilidad de los derrames del río. Esto plantea dudas sobre la viabilidad de esta alternativa, tanto desde una perspectiva económica como operativa. En contraste, el almacenamiento estacional, con el que cuenta la cuenca en la actualidad, ofrece una solución más eficiente y confiable, con un impacto positivo en la cobertura de la demanda.

Aplicación de alternativas 2.3 y 2.1

Al igual que el escenario anterior, el análisis se realiza en términos relativos entre la situación base y los escenarios simulados la situación con la aplicación de las alternativas.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Los valores de coberturas presentados responden a valores medios durante todo el período de simulación, para la condición de referencia y para la condición de aplicación progresiva de las alternativas de inversión.

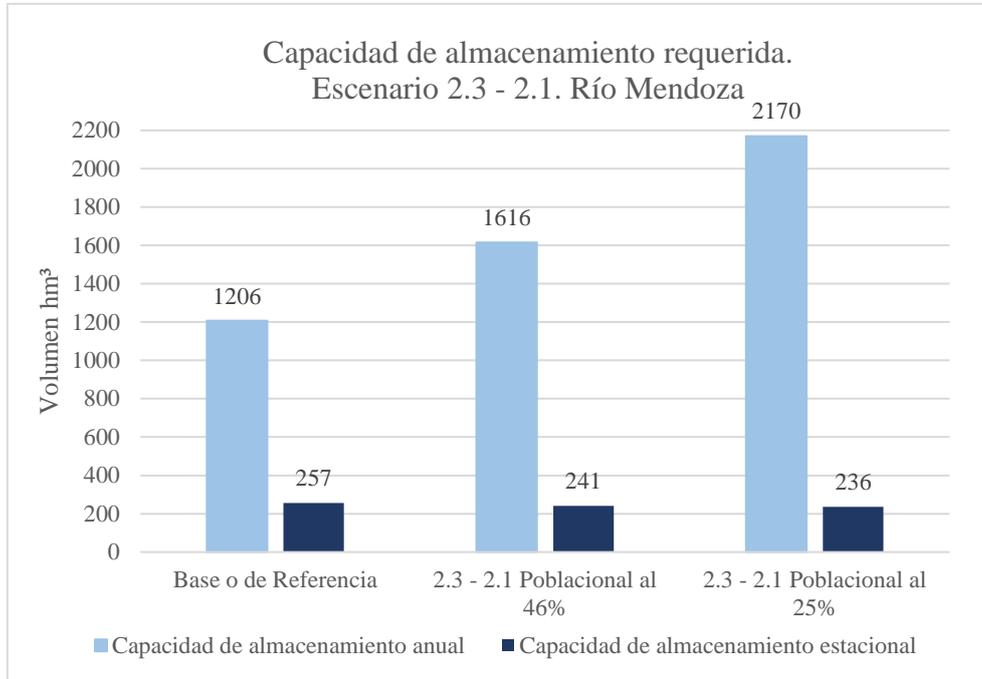


Figura 8.4: Capacidad de almacenamiento requerida. Escenario 2.3 – 2.1. Cuenca del Mendoza.

Tabla 8.12: Escenario 2.3 – 2.1. Cobertura de la demanda. Cuenca del Río Mendoza.

Escenario Analizado	Con aporte de agua subterránea		Sin aporte de agua subterránea	
	Regulación Interanual	Regulación Estacional	Regulación Interanual	Regulación Estacional
Base o de Referencia	58%	57%	44%	44%
2.3 - 2.1 Poblacional al 46%	69%	68%	60%	59%
2.3 - 2.1 Poblacional al 25%	74%	72%	65%	65%

Las tablas analizan la capacidad de almacenamiento requerida y la cobertura media de la demanda hídrica en la cuenca del río Mendoza, considerando diferentes escenarios de regulación hídrica con la inclusión o exclusión del aporte subterráneo. Los resultados, además, permiten evaluar el impacto del agua subterránea en la mejora de la cobertura de la demanda y en la necesidad de almacenamiento interanual y estacional.

Los resultados muestran relaciones similares a las ya vistas para el escenario anterior. Al considerar el aporte subterráneo, las coberturas interanual y estacional son consistentemente superiores en todos los escenarios. Estas diferencias se mantienen en

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

los escenarios con aplicación de alternativas 2.3 – 2.1: con pérdidas poblacionales del 46%, las coberturas interanual y estacional son de 69% y 68% con aporte subterráneo, frente a 60% y 59% sin él. Para pérdidas poblacionales del 25%, los valores llegan a 74% y 62% con aporte subterráneo, en comparación con 65% sin este aporte.

En la Tabla 9.13: Capacidad de almacenamiento requerida, los volúmenes necesarios para el almacenamiento interanual nuevamente son elevados, con valores que aumentan significativamente en los escenarios proyectados. En el escenario de referencia, se requieren 1.207 hm³, elevándose a 1.616 hm³ y 2170 hm³ para coberturas poblacionales del 46% y 25%, respectivamente. Por otro lado, los volúmenes requeridos para almacenamiento estacional son considerablemente más bajos y se mantienen relativamente constantes, con valores de 257 hm³ para el escenario base, con 236 hm³ para el escenario con pérdidas del 46% y un leve incremento a 241 hm³ en el último.

Tabla 8.13: Escenario 2.3 – 2.1. Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del río Mendoza.

Escenario Analizado	Regulación Interanual	Regulación Estacional
	Capacidad de almacenamiento anual (hm ³)	Capacidad de almacenamiento estacional (hm ³)
Base o de Referencia	1.207	257
2.3 - 2.1 Poblacional al 46%	1.616	236
2.3 - 2.1 Poblacional al 25%	2.170	241

Tal como se señaló en el análisis anterior, estos resultados confirman que la regulación interanual, a pesar de sus elevados volúmenes de requerimiento, no garantiza una mejora sustancial en la cobertura de la demanda debido a la alta variabilidad de los derrames del río. Por el contrario, el almacenamiento estacional sigue siendo una alternativa más manejable y eficiente para la regulación de la cuenca.

Las relaciones entre los valores de las tablas coinciden con las observadas en el análisis del escenario anterior, reafirmando la relevancia del agua subterránea para mejorar las coberturas de la demanda hídrica para la situación de eficiencia y demandas actuales. Asimismo, los altos volúmenes requeridos para el almacenamiento demostrar su limitada confiabilidad frente a la incertidumbre que genera la elevada variabilidad en la presentación de los derrames del río. El almacenamiento estacional, y su mantenimiento a futuro, con menor requerimiento de almacenamiento y un impacto consistente en la cobertura, se posiciona como la opción preferible para la gestión hídrica de la cuenca.

8.1.3 Análisis de la aplicación de las alternativas

Escenario de referencia con el almacenamiento actual

A continuación, se presentan los valores de cobertura de la demanda, nivel de abastecimiento y las tendencias a lo largo de las décadas considerando la capacidad de almacenamiento actual de la cuenca de 393 hm³ bajo la tendencia actual de sedimentación.

Tabla 8.14: Capacidad de almacenamiento requerida. Situación tendencial o de referencia. Cuenca del río Mendoza.

Escenarios simulados	Década	Cobertura de demanda. Sin agua subterránea.	Cobertura de demanda. Con agua subterránea.	Demanda Bruta (hm ³ /año)	Agua disponible Superficial para riego (hm ³ /año)	Agua Subterránea (hm ³ /año)	Balance anual. Con Agua subterránea (hm ³ /año)
Base o de referencia	2020/30	47%	62%	1.399	690	201	-507
	2030/40	45%	58%	1.436	577	204	-656
	2040/50	39%	53%	1.437	571	197	-670

La tabla presentada corresponde al escenario tendencial o de referencia para la cuenca del río Mendoza, el cual proyecta la situación actual considerando una capacidad de almacenamiento de 393 hm³ y los efectos acumulados de la sedimentación. Este escenario refleja una tendencia creciente hacia el aumento del déficit hídrico en la cuenca, evidenciado por la disminución en la cobertura de la demanda y su consiguiente incremento de los niveles de déficit anual.

En términos de cobertura de la demanda, sin el aporte del agua subterránea, la cobertura disminuye del 47% en la década 2020/30 al 45% en 2030/40, alcanzando un valor del 39% en 2040/50. Con el aporte subterráneo, aunque las coberturas son mayores, la tendencia negativa persiste, pasando del 62% en 2020/30 al 58% en 2030/40 y al 53% en 2040/50. Este comportamiento evidencia la creciente incapacidad del sistema para satisfacer las demandas hídricas bajo las condiciones de eficiencia actuales tanto de uso agrícola como de abastecimiento poblacional.

Análisis del escenario 2.3-2.2 con el almacenamiento actual

Se analiza el escenario 2.3–2.2, que incorpora la aplicación progresiva de las alternativas de inversión 2.3 y 2.2 en la cuenca del río Mendoza. Estas medidas incluyen la implementación de riego por mangas hacia 2035 y el riego por goteo en 2050, evaluando la situación bajo las condiciones actuales de eficiencia en el abastecimiento poblacional (46% de pérdidas) y la situación objetivo con pérdidas reducidas al 25%. Además, los

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

cálculos consideran un uso sostenible del agua subterránea, limitando su explotación al volumen sostenible de los acuíferos para evitar afectaciones.

Tabla 8.15: Análisis del escenario 2.3-2.2. Cuenca del río Mendoza

Escenarios simulados	Década	Cobertura de demanda. Sin agua subterránea.	Cobertura de demanda. Con agua subterránea.	Demanda Bruta (hm ³ /año)	Agua disponible Superficial para riego (hm ³ /año)	Agua Subterránea (hm ³ /año)	Balance anual. Con Agua subterránea (hm ³ /año)
2.3 – 2.2 Pérdidas poblacionales 46%	2020/30	50%	64%	1.308	699	179	-431
	2030/40	58%	67%	1025	547	98	-369
	2040/50	63%	68%	883	564	47	-224
2.3 – 2.2 Pérdidas poblacionales 25%	2020/30	51%	65%	1.308	711	179	-417
	2030/40	62%	71%	1025	593	98	-323
	2040/50	73%	77%	883	634	47	-154

En este contexto, se observa una mejora progresiva en la cobertura de la demanda a medida que avanzan las décadas y se reducen las pérdidas poblacionales. Este incremento está relacionado tanto con la mejora en la eficiencia del uso del agua superficial como con la disminución gradual de la dependencia del agua subterránea. Esta, debido a una disminución de los volúmenes sostenibles de explotación generada por la disminución de la recarga que genera aumento en la eficiencia.

En el escenario de pérdidas poblacionales del 46%, la cobertura de la demanda sin agua subterránea aumenta del 50% en la década 2020/30 al 63% en 2040/50, mientras que con agua subterránea la cobertura se incrementa del 64% al 68% en el mismo período. Por otro lado, en el escenario de pérdidas del 25%, la cobertura sin agua subterránea alcanza el 73% en 2040/50, mientras que con agua subterránea se incrementa ligeramente al 77%.

Análisis del escenario 2.3-2.1 con el almacenamiento actual

El análisis del escenario 2.3–2.1, incluye la implementación de medidas orientadas a mejorar tanto la eficiencia en la conducción como de aplicación del agua. En particular, la alternativa 2.1, además de considera el riego por goteo, incorpora la impermeabilización de cauces en la red terciaria, con el objetivo de aumentar la eficiencia de conducción, hacia 2050. Este escenario, a diferencia del anterior, tiene un impacto directo en la dinámica del aporte de agua subterránea debido a la reducción de la recarga natural derivada de la mejora en la eficiencia de uso del agua.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.16: Análisis del escenario 2.3-2.1. Cuenca del Río Mendoza.

Escenarios simulados	Década	Cobertura de demanda. Sin agua subterránea.	Cobertura de demanda. Con agua subterránea.	Demanda Bruta (hm ³ /año)	Agua disponible Superficial para riego (hm ³ /año)	Agua Subterránea (hm ³ /año)	Balance anual. Con Agua subterránea (hm ³ /año)
2.3 – 2.1 Pérdidas poblacionales 46%	2020/30	50%	64%	1.268	656	224	-474
	2030/40	59%	68%	981	593	101	-325
	2040/50	68%	70%	786	550	23	-234
2.3 – 2.1 Pérdidas poblacionales 25%	2020/30	51%	65%	1.268	669	224	-461
	2030/40	63%	72%	981	635	101	-283
	2040/50	77%	79%	786	627	23	-158

En este escenario, se evidencian incrementos en la cobertura de la demanda a medida que avanzan las décadas analizadas. Sin agua subterránea, la cobertura aumenta del 50% en 2020/30 al 68% en 2040/50 en el caso de pérdidas poblacionales del 46%, y del 51% al 77% en el caso de pérdidas del 25%. Cuando se considera el uso de agua subterránea, los valores también mejoran, pasando del 64% al 70% para pérdidas del 46% y del 65% al 75% para pérdidas del 25%.

Sin embargo, un elemento crítico en este escenario es que los aportes de agua subterránea disminuyen de manera sustancial hacia 2040/50 (a 23 hm³/año). Este fenómeno refleja la disminución en la recarga de los acuíferos debido a las mejoras en la eficiencia de conducción y aplicación del agua. Como consecuencia, podría generar la situación de que sea necesario destinar agua superficial proveniente del río para suplir las demandas en las zonas de uso exclusivo de agua subterránea, para mantener los volúmenes sostenibles de explotación, descritos en el Reporte 4.

8.1.4 Reservorios en redes de riego

Láminas de diseño

El volumen del reservorio es proporcional a la lámina de diseño que se opte. A continuación, se presentan los valores de láminas para la cuenca del Río Mendoza.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.17: Láminas de diseño para reservorios.

Láminas de diseño	mm/día
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia global del 60%. Alt. 2.3)	8,9
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia global del 72%. Alt. 2.2)	7,4
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia del 82%. Alt. 2.1)	6,5
Lámina recomendada de diseño. DGI	8,0

La capacidad de almacenamiento en reservorios, ubicados en la red de riego, para las 65.839 ha cultivadas existentes en el río Mendoza, abastecidas desde Potrerillos para cada alternativa de inversión es diferente, ya que la alternativa 2.3 (riego por mangas) considera una eficiencia de aplicación del 70% (global del 60%) y la alternativa 2.2, considera una eficiencia de aplicación del 85% (global del 72%) y la alternativa 2.1 considera, además de la eficiencia de aplicación del 85% una de conducción del 96% (global del 82%).

Tabla 8.18: Volumen de reservorios requeridos para las 66.839 ha cultivadas del río Mendoza, abastecidas desde Potrerillos.

Alternativas de inversión / Láminas de diseño	Volumen de almacenamiento en reservorios en red de riego	
	Lámina Ponderada por superficie de cultivos (mm/día)	Lámina de diseño de 8 (mm/día)
2.3: Riego por magas. Ef. Global: 60%	5,86 hm ³	5,27 hm ³
2.2: Riego por goteo. Ef. Global: 72%	4,87 hm ³	
2.1: Riego por goteo e impermeabilización de cauces terciarios Ef. Global: 82%	4,28 hm ³	

Determinación del tamaño del reservorio

La capacidad estimada de 5,27 hm³ se considera distribuida en distintos reservorios a lo largo de la red de riego. La capacidad de estos reservorios se determina en función de la superficie de la Unidad de Riego de Referencia, tal como se describe en el apartado 7. El tamaño de cada reservorio se calcula de acuerdo con las necesidades de almacenamiento requeridas por dicha unidad.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

En este caso, se requieren 37 reservorios, cada uno de los cuales abastecerá una superficie de 1.800 hectáreas cultivadas. Dado que el volumen total de almacenamiento necesario es de 5,27 hm³, al dividir esta capacidad entre 37 reservorios, se obtiene un volumen aproximado de 144.000 m³ por reservorio.

8.1.5 Inversiones en superficie irrigada por el río Mendoza

Alternativa 2.3: 2025 a 2035

Las inversiones necesarias para la implementación de la alternativa seleccionada se presentan con base en el Informe 5.1, Capítulo 8 - "EVALUACIÓN DE COSTOS PARA OBRAS DE MEJORAS" y Capítulo 9 - "ALTERNATIVAS PARA ELIMINAR EL DÉFICIT PROYECTADO".

La Alternativa 2.3 busca la optimización del sistema actual de distribución, permitiendo entregas programadas o a demanda, mediante la implementación de métodos de riego tecnificados de baja presión, como el uso de mangas, se considera la aplicación de la alternativa en las 65.839 ha irrigadas desde el embalse Potrerillos y las zoans de alta montaña.

Tabla 8.19: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la Cuenca Río Mendoza.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego	565	1.017.000	37.199.035
Mangas	845	1.521.000	55.633.955
Estructuras de derivación	953	1.715.400	62.744.567
Implementación de sistema de gestión	2,67	4.806	175.790
Caudalímetros	1.249	2.248.200	82.232.911
Contingencia (20% del costo de inversión)	723	1.301.281	47.597.252
TOTAL	4.338	7.807.806	285.583.510

Alternativa 2.2: 2035 a 2050

El escenario 2.3 - 2.2 considera que a partir del año 2035, se introduce la Alternativa 2.2, incorporando el riego por goteo en totalidad de las 65.839 hectáreas en 2050. Esta última requiere inversiones adicionales en riego por goteo, con el objetivo de llegar a los niveles de eficiencia pretendidos.

Tabla 8.20: Inversiones alternativa 2.2 (2035 – 2050) para la Cuenca Río Mendoza.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Telemetría, red eléctrica y puesta a punto	147	264.600	9.678.333
Mangueras y goteos	3.000	5.400.000	197.517.000
Reservorio en las propiedades. Cámara de carga (20 m ³ /ha)	900	1.620.000	59.255.100
Estación presurización	2.046	3.682.800	134.706.594
Contingencia (20% del costo de inversión)	1.219	2.553.480	93.399.205
TOTAL	7.312	13.161.600	481.388.432

Alternativa 2.1: 2035 a 2050

El escenario 2.3 – 2.1 considera que a partir del año 2035, se introduce la Alternativa 2.1, que considera el desarrollo de sistemas presurizados de entrega y la aplicación de riego por goteo, alcanzando la totalidad de las 65.839 hectáreas en 2050.

Tabla 8.21: Inversiones alternativa 2.1 (2035 – 2050) para la Cuenca Río Mendoza.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Telemetría automatización y control	66	118.800	4.345.374
Red eléctrica	60	108.000	3.950.340
Operación y puesta a punto	21	37.800	1.382.619
Manguera y goteros	3.000	5.400.000	197.517.000
Estación de presurización comunitaria	1.620	2.916.000	106.659.180
Red de tuberías	7.859	14.146.200	517.428.701
Contingencia (20%)	2.525	4.545.360	166.256.643
TOTAL	15.151	27.272.160	997.539.857

Se detallan el costo anual por hectárea, que se incrementa de manera significativa a lo largo de los años, reflejando el aumento en los costos totales y la intensidad de las mejoras necesarias. En 2030, el costo por hectárea es de 361 USD/año·ha, aumentando progresivamente hasta alcanzar 1.106 USD/año·ha en 2050. Este aumento puede atribuirse a los mayores costos de mantenimiento, energía y recuperación de capital en las etapas avanzadas del proyecto, así como a la expansión de las áreas de cobertura

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.22: Costos anuales escenario 2.3 – 2.2. Río Mendoza.

Año	Total de inversiones	Recup. de capital Alt 2.3	Recup. de capital Alt 2.2	Mant. Alt 2.3	Mant. Alt 2.2	Energía (AS)	Energía (RPG)	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año ha
2030	28.558.351	18.577.617	0	1.070.938	0	2.738.699	0	23.633.941	359
2035	28.558.351	18.577.617	0	2.141.876	0	1.751.312	0	23.470.410	343
2040	32.092.562	18.577.617	31.315.008	2.141.876	1.203.471	789.909	5.266.889	60.514.788	944
2045	32.092.562	18.577.617	31.315.008	2.141.876	2.406.942	0	10.537.097	66.393.563	1012
2050	32.092.562	18.577.617	31.315.008	2.141.876	3.610.413	0	15.810.621	72.310.343	1092

La segunda tabla muestra costos significativamente más altos que la primera. En 2050, el costo por hectárea aumenta de 1.106 USD/año·ha para la Alternativa 2.3 – 2.2 a 1.665 USD/año·ha en la alternativa 2.3 – 2.1, debido principalmente al mayor costo de recuperación de capital y mantenimiento de la alternativa 2.1.

Tabla 8.23: Costos anuales escenario 2.3 – 2.1. Río Mendoza.

Año	Total de inversiones	Recup. de capital Alt 2.3	Recup. de capital Alt 2.1	Mant. Alt 2.3	Mant. Alt 2.1	Energía (AS)	Energía (RPG)	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ año ha
2030	28.558.351	18.577.617	0	1.070.938	0	2.738.699	0	23.458.192	359
2035	28.558.351	18.577.617	0	2.141.876	0	1.751.312	0	22.470.805	343
2040	66.502.657	18.577.617	64.891.399	2.141.876	2.493.850	789.909	5.266.889	99.149.240	1517
2045	66.502.657	18.577.617	64.891.399	2.141.876	4.987.699	0	10.537.097	103.629.538	1585
2050	66.502.657	18.577.617	64.891.399	2.141.876	7.481.549	0	15.810.621	108.903.063	1665

8.1.6 Inversiones en ACRES

Cálculo del almacenamiento requerido

Los volúmenes de almacenamiento presentados corresponden a la demanda proyectada al año 2050, con la superficie cultivada de 6.756 ha en total, considerando que se mantienen los valores actuales de producción de agua tratada (valores correspondientes al año 2022).

Los volúmenes de almacenamiento requeridos para suplir los déficits estacionales en los sistemas ACRE Campo Espejo y ACRE Paramillo son el resultado de un análisis de regulación estacional, considerando la estacionalidad en las demandas y la oferta del sistema. En el caso de Campo Espejo, se estima una capacidad de almacenamiento anual de 13 hm³, suficiente para cubrir una cobertura global del 70% en el escenario base o de referencia, y del 100% en la Alternativa 2.3. Por su parte, en Paramillo, el

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

almacenamiento anual requerido es de 14 hm³, permitiendo una cobertura del 61% en el escenario base y del 91% bajo la Alternativa 2.3.

Tabla 8.24: Almacenamiento estacional requerido en ACRE Campo Espejo.

Escenario Analizado	Regulación Estacional	
	Cobertura global	Capacidad de almacenamiento anual en hm ³
Base o de Referencia	70%	13
Alternativa 2.3	100%	13

Tabla 8.25: Almacenamiento estacional requerido en ACRE Paramillo.

Escenario Analizado	Regulación Estacional	
	Cobertura global	Capacidad de almacenamiento anual en hm ³
Base o de Referencia	61%	14
Alternativa 2.3	91%	14

Análisis de la situación actual y aplicación de alternativas

En la situación actual, los sistemas ACRE Campo Espejo y ACRE Paramillo no cuentan con capacidad de regulación estacional, lo que genera una marcada variabilidad en la disponibilidad de agua y limita significativamente la cobertura de las demandas de riego. Bajo el escenario base, se observa una cobertura mensual del 60% en Campo Espejo y del 55% en Paramillo, acompañada de déficits acumulados de -33,6 hm³/año y -49,0 hm³/año, respectivamente. Asimismo, los superávits de agua, normalmente en otoño e invierno, alcanzan valores considerables, como 12,3 hm³/año en Campo Espejo y 12,9 hm³/año en Paramillo. Aunque la Alternativa 2.3 mejora la cobertura al 75% en Campo Espejo y al 69% en Paramillo, y reduce los déficits acumulados a -15,0 hm³/año y -23,8 hm³/año, respectivamente, persisten superávits significativos.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.26: Almacenamiento estacional requerido en ACRE Campo Espejo.

Escenario Analizado	Cobertura Mensual de Septiembre a Abril	Requerimiento de riego Anual (hm ³ /año)	Oferta para riego (hm ³ /año)	Acumulación de Déficit Mensual (hm ³ /año)	Acumulación de Superávit Mensual (hm ³ /año)
Base o de Referencia	60%	92,5	50,6	-33,6	12,3
Alternativa 2.3	75%	48,3	50,6	-15,0	17,2

Tabla 8.27: Almacenamiento estacional requerido en ACRE Paramillo.

Escenario Analizado	Cobertura Mensual de Septiembre a Abril	Requerimiento de riego Anual (hm ³ /año)	Oferta para riego (hm ³ /año)	Acumulación de Déficit Mensual (hm ³ /año)	Acumulación de Superávit Mensual (hm ³ /año)
Base o de Referencia	55%	92,5	56,4	-49,0	12,9
Alternativa 2.3	69%	62,1	56,4	-23,8	18,1

Tabla 8.28: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para los ACRES Paramillo y Campo Espejo.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego	565	3.816.974
Mangas	845	5.708.572
Estructuras de derivación	953	6.438.189
Implementación de sistema de gestión	2,67	18.038
Caudalímetros	1.249	8.437.878
Contingencia (20% del costo de inversión)	723	4.989.930
TOTAL	4.338	29.303.582

La tabla muestra los costos de la alternativa 2.3 para los ACRES Paramillo y Campo Espejo. Las inversiones iniciales de 2.930.358 USD/año se realizan en 2030 y 2035, mientras que desde 2040 solo quedan costos fijos de recuperación de capital y mantenimiento, con un costo total de 315 USD/año·ha.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.29: Inversiones anuales alternativa 2.3 (2025 – 2035) para los ACRES Paramillo y Campo Espejo.

Año	Total de inversiones	Recuperación de capital Alt 2.3	Mantenimiento Alt 2.3	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/ año ha
2030	2.930.358	1.906.240	109.888	2.016.128	298
2035	2.930.358	1.906.240	219.777	2.126.017	315
2040	0	1.906.240	219.777	2.126.017	315
2045	0	1.906.240	219.777	2.126.017	315
2050	0	1.906.240	219.777	2.126.017	315

8.1.7 Inversiones en Otras Fuentes

Los costos de la alternativa 2.3 para las fuentes abastecidas de vertientes y arroyos, unas 5.893 ha se realizan en 2030 y 2035, mientras que desde 2040 solo quedan costos fijos de recuperación de capital y mantenimiento (219,777 USD/año), con un costo total por hectarea de 315 USD/año·ha

Tabla 8.30; Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para Otras Fuentes.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego	565	3.329.750
Mangas	845	4.979.892
Estructuras de derivación	953	5.616.375
Implementación de sistema de gestión	2.67	15.735
Caudalímetros	1 249	7.360.811
Contingencia (20% del costo de inversión)	723	4.260.513
TOTAL	4 338	25.563.076

Tabla 8.31: Inversiones anuales. Alternativa 2.3. Otras Fuentes. Cuenca Río Mendoza.

Año	Total de inversiones	Recuperación de capital Alt 2.3	Mantenimiento Alt 2.3	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/ año ha
2030	2.556.308	1.662.915	95.862	1.758.776	298
2035	2.556.308	1.662.915	191.723	1.854.638	315
2040	0	1.662.915	191.723	1.854.638	315
2045	0	1.662.915	191.723	1.854.638	315
2050	0	1.662.915	191.723	1.854.638	315

8.1.8 Inversiones en áreas subterráneas exclusivas

Se presentan los costos de la Alternativa 2.2 para la zona de uso exclusivo de agua subterránea de 13,534 hectáreas. Las inversiones iniciales de 11,9 millones USD/año se realizan en 2030 y 2035. Desde 2040, los costos anuales, centrados en recuperación de capital, mantenimiento y energía (bombeo y superficial), se estabilizan con un costo por hectárea de 1.078 USD/año. Esto refleja los altos costos operativos del uso exclusivo de agua subterránea.

Tabla 8.32: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para zona exclusiva de agua subterránea.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Telemetría, red eléctrica y puesta a punto	147	264.600	1.989.521
Mangueras y goteos	3.000	5.400.000	40.602.463
Reservorio en las propiedades. Cámara de carga (20 m3/ha)	900	1.620.000	12.180.739
Caudalímetros	1249	2.248.200	16.904.159
Estación presurización	2.046	3.682.800	27.690.880
Contingencia (20% del costo de inversión)	1.219	2.193.480	19.873.552
TOTAL	7.312	13.160.880	98.956.323

Tabla 8.33. Inversiones anuales. Alternativa 2.2. Área subterránea exclusiva. Cuenca Río Mendoza.

Año	Total de inversiones	Recup. de capital Alt 2.2	Mant. Alt 2.	Energía (AS)	Energía (RPG)	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/año ha
2030	11.924.131	7.756.819	447.155	3.734.568	3.267.755	15.206.296	1.124
2035	11.924.131	7.756.819	894.310	3.164.819	2.769.224	14.585.172	1.078
2040	0	7.756.819	894.310	3.166.240	2.770.467	14.587.835	1.078
2045	0	7.756.819	894.310	3.167.660	2.771.710	14.590.499	1.078
2050	0	7.756.819	894.310	3.169.081	2.772.953	14.593.163	1.078

8.1.9 Total de inversiones. Cuenca Río Mendoza

La comparación entre los costos muestra las diferencias entre los escenarios 2-3 a 2.2 y 2-3 a 2.1 para la cuenca del Río Mendoza.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

En cuanto a los costos totales, en 2050, el escenario 2-3 a 2.2 alcanza 90.884.161 USD/año, mientras que el escenario 2-3 a 2.1 asciende a 127.476.380 USD/año. Esta diferencia de casi 37 millones USD se debe principalmente a los mayores costos asociados al Río Mendoza (Alt. 2.3 a 2.1) en el segundo escenario, que incluyen mayores inversiones y costos de operación. Por otro lado, los costos de "otras fuentes" se mantienen constantes en ambos escenarios, con 1.854.638 USD/año, mientras que los costos de las fuentes subterráneas exclusivas (14.5 millones USD/año) y las ACRE's (2.1 millones USD/año) también son similares en ambos casos.

Tabla 8.34: Total de inversiones anuales. Cuenca Río Mendoza. Escenario 2-3 – 2.2.

Año	Río Mendoza (Alt. 2-3 a 2.2)	Otras fuentes	Agua subterránea exclusiva	ACRE'S	Cuenca del Río Mendoza
	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales
	USD/Año	USD/ Año	USD/ Año	USD/Año	USD/Año
2030	23.458.192	1.854.638	15.653.451	2.126.017	43.092.298
2035	22.470.805	1.854.638	14.585.172	2.126.017	41.036.632
2040	60.912.164	1.854.638	14.587.835	2.126.017	79.480.654
2045	66.182.012	1.854.638	14.590.499	2.126.017	84.753.165
2050	71.455.536	1.854.638	14.593.163	2.126.017	90.029.354

Tabla 8.35: Total de inversiones anuales. Cuenca Río Mendoza. Escenario 2-3 – 2. 1.

Año	Río Mendoza (Alt. 2-3 a 2.1)	Otras fuentes	Agua subterránea exclusiva	ACRE'S	Cuenca del Río Mendoza
	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales
	USD/Año	USD/ Año	USD/ Año	USD/Año	USD/Año
2030	23.458.192	1.854.638	15.653.451	2.126.017	43.092.298
2035	22.470.805	1.854.638	14.585.172	2.126.017	41.036.632
2040	99.149.240	1.854.638	14.587.835	2.126.017	117.717.730
2045	103.629.538	1.854.638	14.590.499	2.126.017	122.200.692
2050	108.903.063	1.854.638	14.593.163	2.126.017	127.476.880

8.2 CUENCA DEL RÍO TUNUYÁN

8.2.1 Determinación del nivel de eficiencia. Río Tunuyán

La tabla 9.36 muestra el balance hídrico proyectado para las décadas de 2020, 2030, 2040 y 2050, considerando un nivel de confiabilidad del 80%.

Tabla 8.36: Agua disponible y Balance Hídrico proyectado en hm³. Cuenca Río Tunuyán.

Nivel de Confiabilidad	80%			
Década	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento	1.590	1.550	1.550	1.510
Oferta recirculada	820	844	862	880
Volumen Sostenible de Agua Subterránea (según informe 2.2)	128	129	131	132
Demanda Proyectada	2.521	2.599	2.664	2.730
Balance Hídrico	17	-75	-121	-209

La tabla 9.36 presenta un análisis global del balance hídrico proyectado para la totalidad de la cuenca del río Tunuyán (Reporte 4). Este análisis considera diversas áreas, incluyendo las zonas irrigadas por el río Tunuyán, aquellas que dependen exclusivamente de agua subterránea y las regadas por arroyos de cordillera frontal y de manantial.

En cuanto a los valores presentados, el nivel de abastecimiento refleja la disponibilidad de agua superficial, que disminuye gradualmente desde 1.590 hm³ en 2020 a 1.510 hm³ en 2050. Paralelamente, la oferta recirculada, que corresponde al agua reutilizada dentro del sistema, muestra un leve incremento, pasando de 820 hm³ en 2020 a 880 hm³ en 2050. El volumen sostenible de agua subterránea⁹ para la cuenca del Tunuyán Inferior, basado en el informe 2.2, permanece relativamente estable, oscilando entre 128 hm³ y 132 hm³ a lo largo del período analizado. Sin embargo, la demanda proyectada muestra un incremento significativo, de 2.521 hm³ en 2020 a 2.730 hm³ en 2050. Se observa un déficit creciente, pasando de un superávit de 17 hm³ en 2020 a déficits considerables de -75 hm³ en 2030, -121 hm³ en 2040 y -209 hm³ en 2050.

Para abordar esta cuenca, el análisis de los requerimientos de almacenamiento y la evaluación de alternativas de mejora en la gestión hídrica se enfocarán de manera

⁹ Estos valores de agua subterránea no contemplan el uso en la cuenca del Tunuyán Superior, debido a que están contemplados dentro de los valores de agua recirculada. Este supuesto se trata en los reportes 4 y 5.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

separada en la superficie irrigada por el río Tunuyán, los arroyos de cordillera frontal, arroyos de manantial y zonas exclusivas de uso subterráneo.

Las alternativas que se analizan permiten obtener mejoras en la

Tabla 8.37: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. Río Tunuyán Inferior.

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa [ha]
2025	54%	89%	48%	Actualidad	0
2030	62%	89%	55%	2.3	12.086
2035	70%	89%	62%	2.3	60.431
2040	72%	89%	64%	2.2	6.717
2045	73%	89%	65%	2.2	13.433
2050	75%	89%	67%	2.2	20.150

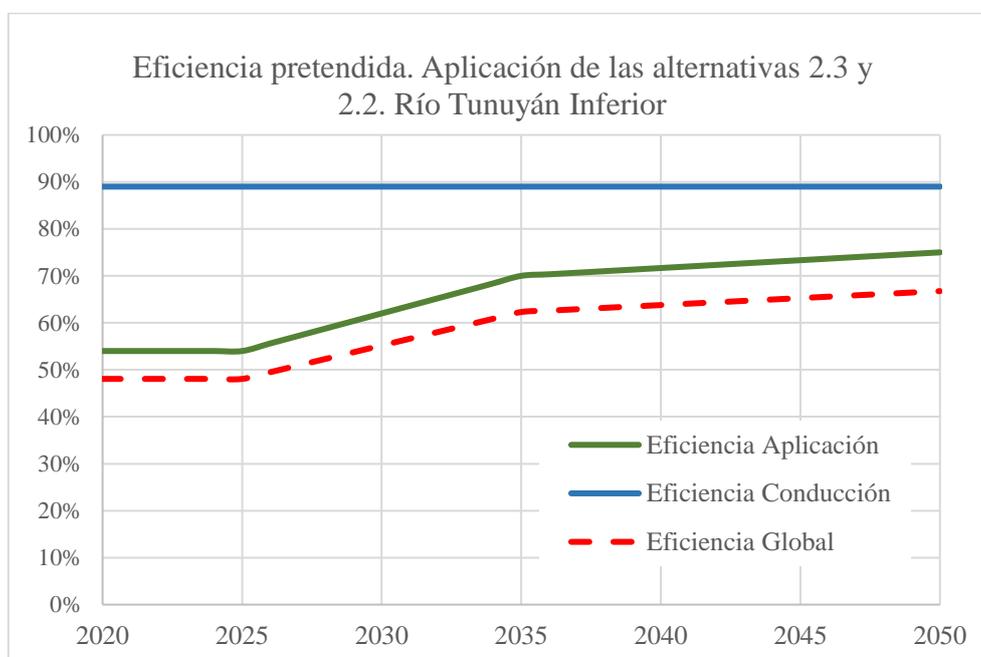


Figura 8.5: Eficiencia pretendida a 2050. Cuenca del Río Tunuyán Inferior.

Tabla 8.38: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. Río Tunuyán Superior.

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa [ha]
2025	54%	80%	34%	Actualidad	0
2030	57%	80%	45%	2.3	7.636
2035	70%	80%	56%	2.3	15.272
2040	75%	85%	64%	2.1	2.376
2045	80%	72%	72%	2.1	4.073
2050	85%	95%	81%	2.1	5.091

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

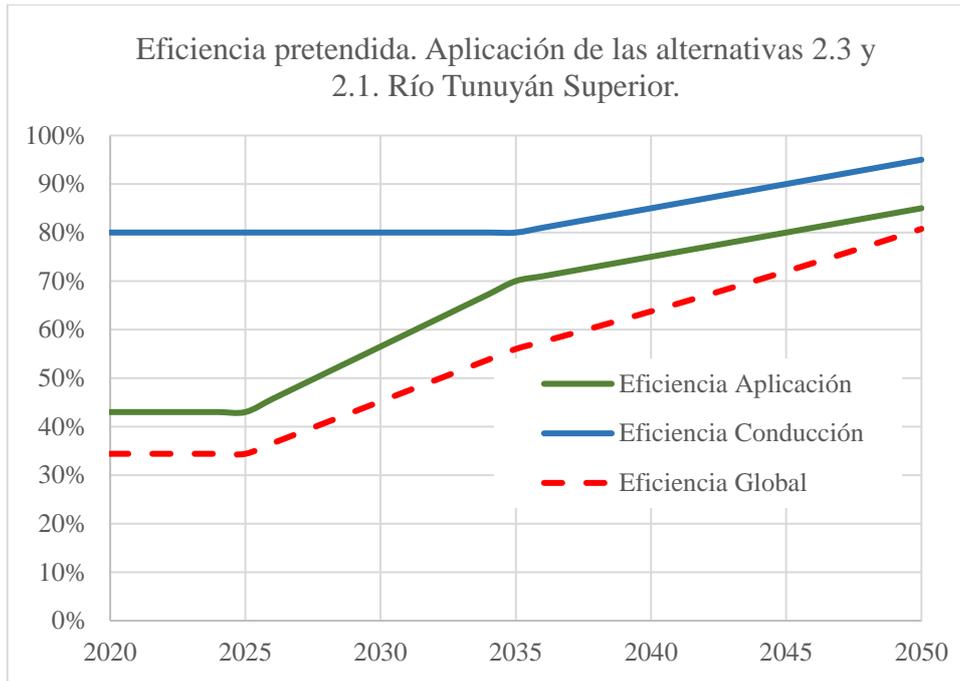


Figura 8.6: Eficiencia pretendida a 2050. Cuenca del Río Tunuyán Superior

8.2.2 Volumen de almacenamiento requerido

Se analiza el almacenamiento estacional e interanual necesario, comparando los niveles de eficiencia que son factibles de lograr para cada uno. El análisis se realiza en términos relativos entre la situación base y la situación con la aplicación de las alternativas en las proporciones expresadas anteriormente. Se considera un manejo conjunto del Río Tunuyán Superior y Tunuyán Inferior.

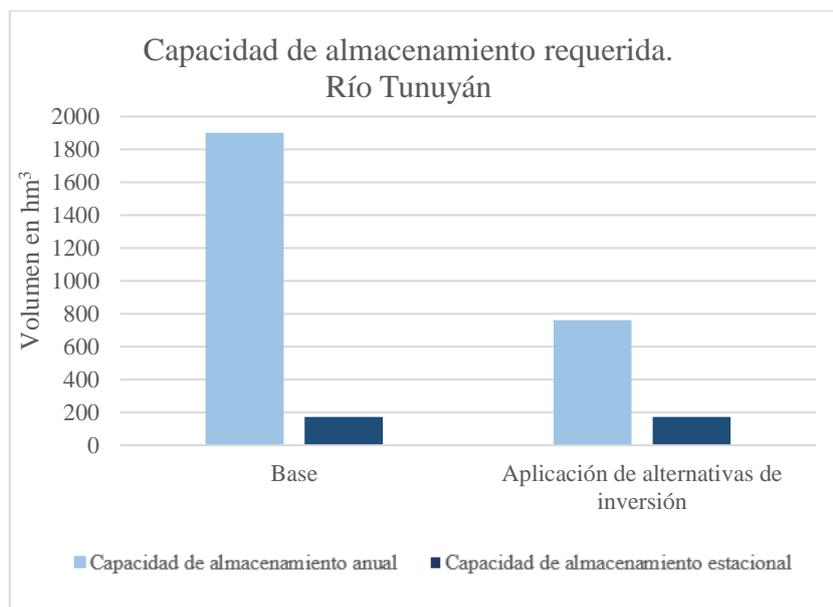


Figura 8.7: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Tunuyán.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.39: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Tunuyán.

Escenario Analizado	Regulación Interanual		Regulación Estacional	
	Cobertura anual global	Capacidad de almacenamiento anual (hm ³)	Cobertura media anual	Capacidad de almacenamiento estacional (hm ³)
Base o de Referencia	67%	1900	65%	172
Aplicación de alternativas de inversión	84%	887	78%	172

En cuanto a la cobertura anual global, el escenario de referencia posee una cobertura media de la demanda del 65% considerando un almacenamiento estacional, ascendiendo a 67% como cobertura anual global con almacenamiento interanual. Se observa que, en el sentido práctico, contar con un almacenamiento interanual no mejoraría sustancialmente la cobertura.

Por otro lado, para el escenario con aplicación de alternativas de inversión la cobertura anual global bajo un almacenamiento interanual mejora alcanzando el 84%, y para un sistema con almacenamiento estacional la cobertura de la demanda también se incrementa llegando al 78%. Este aumento en la cobertura indica el impacto positivo que genera un aumento en la eficiencia de uso del agua.

Respecto a la capacidad de almacenamiento anual requerida, el escenario de referencia demanda 1900 hm³ para lograr un almacenamiento interanual¹⁰ y 172 hm³ para almacenamiento estacional.

En el escenario con alternativas de inversión, la capacidad de almacenamiento interanual requerida disminuye considerablemente a 761 hm³. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento estacional se mantiene en 172 hm³. Esto sugiere que las mejoras en la eficiencia de riego permiten un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles durante periodos críticos, reduciendo la dependencia de contar con grandes almacenamientos temporales.

Como conclusión, el escenario con alternativas de inversión evidencia un aumento significativo en la cobertura de la demanda hídrica, tanto para sistemas con almacenamiento interanual como estacional. Sin embargo, aunque el almacenamiento interanual permitiría una mejora en la cobertura de la demanda en un escenario optimizado o estabiliza la cobertura en el escenario de referencia, su implementación no

¹⁰ Bajo la presentación de los derrames proyectados por el IANIGLA.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

se justificaría debido al elevado costo que implica incrementar el almacenamiento requerido desde aproximadamente 172 hm³ hasta 1.900 hm³ o 761 hm³.

Estos valores elevados de almacenamiento interanual, tanto en el escenario de referencia como en el escenario con alternativas de inversión, están directamente asociados con la alta variabilidad de los caudales del río Tunuyán. Esta variabilidad no solo incrementa los volúmenes de almacenamiento, si se quiere regular interanual, sino que también introduce una elevada incertidumbre en la gestión del embalse, dificultando el cumplimiento de los niveles teóricos de cobertura estimados para satisfacer la demanda hídrica.

8.2.3 Análisis de la aplicación de las alternativas

A continuación, se presentan los valores de cobertura de la demanda y nivel de abastecimiento y las tendencias a lo largo de las décadas considerando la capacidad de almacenamiento actual de la cuenca de 220 hm³. Este análisis se realiza sobre el área irrigada por el Río Tunuyán.

Tabla 8.40: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Tunuyán.

Escenarios simulados	Década	Cobertura de demanda	Demanda Bruta (hm ³ /año)	Agua disponible Superficial para riego (hm ³ /año)	Balance anual (hm ³ /año)
Base o de referencia	2020/30	75%	1.212	879	-334
	2030/40	64%	1.239	854	-385
	2040/50	55%	1.258	681	-577
Aplicación de alternativas de inversión.	2020/30	78%	1.167	879	-288
	2030/40	81%	940	791	-150
	2040/50	80%	849	669	-180

La tabla 9.40 muestra la evolución de la cobertura para cada década (2020/30, 2030/40 y 2040/50), considerando tanto el escenario base o de referencia como el escenario con la aplicación de alternativas de inversión.

En el escenario base o de referencia, la cobertura de la demanda disminuye de un 75% en la década 2020/30 a un 55% en 2040/50, reflejando el impacto del incremento de la demanda bruta, que pasa de 1.212 hm³/año a 1.258 hm³/año, y la reducción en el nivel de abastecimiento superficial, que desciende de 912 hm³/año a 687 hm³/año. Como

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

resultado, el balance anual muestra déficits cada vez mayores, pasando de -334 hm³/año en 2020/30 a -577 hm³/año en 2040/50.

Por otro lado, el escenario con la aplicación de alternativas de inversión muestra una mejora significativa en la cobertura de la demanda, estabilizándose en torno al 80% hacia 2050. Esto se logra mediante una reducción progresiva de la demanda bruta, que disminuye de 1.167 hm³/año en 2020/30 a 849 hm³/año en 2040/50.

Asimismo, el déficit se reduce notablemente, pasando de -288 hm³/año a -180 hm³/año en el mismo período.

En conclusión, las inversiones destinadas a incrementar la eficiencia hídrica logran estabilizar la cobertura de la demanda en niveles cercanos al 80%, mitigando los efectos de la creciente demanda y la variabilidad y disminución de los derrames del río bajo.

8.2.4 Reservorios en redes de riego

Láminas de diseño

El volumen del reservorio es proporcional a la lámina de diseño que se opte. A continuación, se presentan los valores de láminas para la cuenca del río Tunuyán.

Tabla 8.41: Láminas de diseño para reservorios. Río Tunuyán Inferior.

Láminas de diseño	mm/día
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia del 62%)	6,9
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia del 67%)	6,4
Lámina recomendada de diseño. DGI	8,0

Tabla 8.42: Láminas de diseño para reservorios. Río Tunuyán Superior.

Láminas de diseño	mm/día
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia del 56%)	8,1
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia del 60%)	7,5
Lámina recomendada de diseño. DGI	8,0

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.43: Volumen de reservorios requeridos para las 60.431 ha cultivadas del río Tunuyán Inferior.

Alternativas de inversión / Láminas de diseño	Volumen de almacenamiento en reservorios en red de riego	
	Lámina Ponderada por superficie de cultivos (mm/día)	Lámina de diseño de 8 (mm/día)
2.3: Riego por magas. Ef. Global: 62%	4,15 hm ³	4,83 hm ³
2.2: Riego por goteo. Ef. Global: 67%	3,84 hm ³	

Tabla 8.44: Volumen de reservorios requeridos para las 15.272 ha cultivadas del Río Tunuyán Superior.

Alternativas de inversión / Láminas de diseño	Volumen de almacenamiento en reservorios en red de riego	
	Lámina Ponderada por superficie de cultivos (mm/día)	Lámina de diseño de 8 (mm/día)
2.3: Riego por magas. Ef. Global: 56%	1,23 hm ³	1,22 hm ³
2.2: Riego por goteo. Ef. Global: 60%	1,15 hm ³	

Determinación del tamaño del reservorio

La capacidad estimada de 6 hm³ se considera distribuida en diversos reservorios a lo largo de la red de riego. La capacidad de estos reservorios se determina en función de la superficie de la Unidad de Riego de Referencia, tal como se describe en el apartado 7. El tamaño de cada reservorio se calcula de acuerdo con las necesidades de almacenamiento requeridas por dicha unidad.

En este caso, se requieren 43 reservorios, cada uno de los cuales abastecerá una superficie de 1.800 hectáreas cultivadas. Dado que el volumen total de almacenamiento necesario es de 6 hm³, al dividir esta capacidad entre 43 reservorios, se obtiene un volumen aproximado de 144.000 m³ por reservorio.

8.2.5 Inversiones en superficie irrigada por el Río Tunuyán

Las inversiones se plantean divididas en dos etapas. Una primera etapa mediante la aplicación de la alternativa 2.3 entre 2025 a 2035 y luego una segunda etapa donde en una porción de la superficie irrigada se aplica la alternativa 2.2 para el Tunuyán Inferior y 2.1

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

para el Tunuyán Superior. Se pretende que los niveles de cobertura media se encuentren en torno al 80% hacia 2050.

Alternativa 2.3: 2025 a 2035

Las inversiones necesarias para la implementación de la alternativa seleccionada se presentan con base en el Informe 5.1, Capítulo 8 - "EVALUACIÓN DE COSTOS PARA OBRAS DE MEJORAS" y Capítulo 9 - "ALTERNATIVAS PARA ELIMINAR EL DÉFICIT PROYECTADO".

La Alternativa 2.3 busca la optimización del sistema actual de distribución, permitiendo entregas programadas o a la demanda (bajo un sistema acordado de distribución), y la implementación de métodos de riego tecnificados de baja presión, como el uso de mangas.

Tabla 8.45: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la Cuenca río Tunuyán Inferior.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego. (unidades de 144 000 m3)	565	1 017 000	34 143 515.00
Mangas	845	1 521 000	51 064 195.00
Estructuras de derivación	896	1 612 800	54 146 176.00
Implementación de sistema de gestión	1.09	1 962	65 870
Caudalímetros	471	847 800	28 463 001
Contingencia (20% del costo de inversión)	556	1 000 112	33 576 551
TOTAL	3 334	6 000 674	201 459 308

Tabla 8.46: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la Cuenca Río Tunuyán Superior.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego. (unidades de 144 000 m3)	565	1 017 000	8 628 680
Mangas	845	1 521 000	12 904 840
Estructuras de derivación	683	1 229 400	10 430 776
Implementación de sistema de gestión	1.93	3 474	29 475
Caudalímetros	735	1 323 000	11 224 920
Contingencia (20% del costo de inversión)	566	1 018 775	8 643 738
TOTAL	3 396	6 112 649	51 862 429

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Alternativa 2.2: 2035 a 2050. Cuenca Tunuyán Inferior.

A partir del año 2035, se introduce parcialmente la Alternativa 2.2, que incorpora el riego por goteo en 20150 hectáreas en 2050 en el Tunuyán.

Tabla 8.47: Inversiones alternativa 2.2 (2035 – 2050) para 20.150 ha. Cuenca Río Tunuyán Inferior.

Componentes	Costo Unitario	Costo por UAM	Costo Total (US\$)
	(US\$/ha)	(US\$/unidad)	
Telemetría, red eléctrica y puesta a punto	147	264 600	2 962 050
Mangueras y goteos	3 000	5 400 000	60 450 000
Reservorio en las propiedades. Cámara de carga (20 m ³ /ha)	1 900	3 420 000	38 285 000
Estación presurización	2 046	3 682 800	41 226 900
Contingencia (20% del costo de inversión)	1418.6	2 553 480	28 584 790
TOTAL	8 512	15 320 880	171 508 740

Alternativa 2.1: 2035 a 2050. Cuenca Tunuyán Superior.

A partir del año 2035, se introduce parcialmente la Alternativa 2.1, que incorpora el riego por goteo en 5091 ha el Tunuyán Superior hectáreas en 2050. Se pretende aprovechar el desnivel topográfico natural para presurizar el sistema, no requiriendo infraestructura adicional para presurizar el sistema.

Tabla 8.48: Inversiones alternativa 2.1 (2035 – 2050) para 5.091 ha. Cuenca Río Tunuyán Superior.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Telemetría automatización y control	66	118.800	336.006
Red eléctrica	60	108.000	305.460
Operación y puesta a punto	21	37.800	106.911
Manguera y goteros	3.000	5.400.000	15.273.000
Red de tuberías	7.859	14.146.200	40.010.169
Contingencia (20%)	2.201	3.962.160	11.206.309
TOTAL	13.207	23.772.960	66.924.250

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Costos anuales. Escenario 2.3 – 2.2 y 2.1

Las siguientes tablas resumen los costos anuales de los escenarios 2.3 y 2.2 para el Río Tunuyán Inferior y Superior, desglosados en recuperación de capital, mantenimiento y energía. Los costos totales y por hectárea aumentan hacia 2050, alcanzando 1.085 USD/ha en el Inferior y 1.207 USD/ha en el Superior, reflejando diferencias en inversiones y características regionales, vinculadas fundamentalmente a las eficiencias actuales y la necesidad de aumentarlas hasta los niveles pretendidos.

Tabla 8.49: Costos anuales escenario 2.3 – 2.2. Río Tunuyán Inferior.

Año	Total, de inversiones	Recup. de capital Alt 2.3	Recup. de capital Alt 2.2	Mant Alt 2.3	Mant Alt 2.2	Energía (AS)	Energía (RPG)	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/año ha
2030	20.145.931	13.105.217	0	755.472	0	0	0	13.860.690	172
2035	20.145.931	13.105.217	0	1.510.945	0	0	0	14.616.162	181
2040	9.821.916	13.105.217	9.583.946	1.510.945	368.322	628.527	1.833.215	27.030.171	335
2045	9.821.916	13.105.217	9.583.946	1.510.945	736.644	1.257.053	3.666.429	29.860.234	371
2050	9.821.916	13.105.217	9.583.946	1.510.945	1.104.966	1.885.580	5.499.644	32.690.297	406

Tabla 8.50: Costos anuales escenario 2.3 – 2.1 Río Tunuyán Superior.

Año	Total, de inversiones	Recup. de capital Alt 2.3	Recup. de capital Alt 2.1	Mant. Alt 2.3	Mant. Alt 2.1	Energía (AS)	Energía (RPG)	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/año ha
2030	5.186.243	3.373.725	0	194.484	0	0	0	3.568.210	175
2035	5.186.243	3.373.725	0	388.968	0	0	0	3.762.694	184
2040	4.460.123	3.373.725	4.353.518	388.968	167.591	0	0	8.283.803	407
2045	4.460.123	3.373.725	4.353.518	388.968	334.845	0	0	8.451.057	415
2050	4.460.123	3.373.725	4.353.518	388.968	502.100	0	0	8.618.312	423

8.2.6 Inversiones en arroyos de Cordillera Frontal

Aplicación de la alternativa 2.3

A continuación, se muestra la eficiencia pretendida, los costos unitarios y totales del escenario 2.3 aplicado a 22.053 hectáreas irrigadas por los arroyos de cordillera frontal. Incluye los costos de recuperación de capital y mantenimiento, que suman un total anual de 4,88 millones USD, con un costo promedio de 221 USD/ha durante el período analizado (2030-2050)

Tabla 8.51: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.3. Arroyos de cordillera frontal.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa [ha]
2025	43%	84%	36%	Actual	0
2030	48%	84%	41%	2.3	4.411
2035	54%	84%	45%	2.3	8.821
2040	59%	84%	51%	2.3	13.232
2045	65%	84%	55%	2.3	17.642
2050	70%	84%	59%	2.3	22.053

Tabla 8.52: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para 5.091 ha. Arroyos de cordillera frontal.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego. (unidades de 144 000 m ³)	565	1.017.000	12.459.945
Mangas	845	1.521.000	18.634.785
Estructuras de derivación	394	709.200	8.688.882
Implementación de sistema de gestión	1,93	3.474	42.562
Caudalímetros	735	1.323.000	16.208.955
Contingencia (20% del costo de inversión)	508	914.735	11.207.026
TOTAL	3.049	5.488.409	67.242.155

Tabla 8.53: Costos anuales escenario 2.3. Arroyos de cordillera frontal.

Año	Total de inversiones	Recuperación de capital Alt 2.3	Mantenimiento Alt 2.3	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/ año ha
2030	2.689.686	4.374.199	100.863	4.475.062	203
2035	2.689.686	4.374.199	201.726	4.575.925	207
2040	2.689.686	4.374.199	302.590	4.676.788	212
2045	2.689.686	4.374.199	403.453	4.777.652	217
2050	2.689.686	4.374.199	504.316	4.878.515	221

Aplicación de la alternativa 2.1.

Se presentan los valores de eficiencia pretendida por la aplicación de la Alternativa 2.1, los costos unitarios y totales aplicados a los arroyos de cordillera frontal, donde se

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

aprovecha el desnivel topográfico para presurizar la red de riego en una superficie de 22.053 hectáreas. Los costos totales ascienden a 21,13 millones USD/año, con un costo promedio de 958 USD/ha. Se incluyen inversiones iniciales significativas hasta 2035, seguidas por gastos continuos en recuperación de capital y mantenimiento.

Tabla 8.54: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.1. Arroyos de cordillera frontal.

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa
2025	43%	84%	36%	Actual	0
2030	51%	86%	44%	2.1	4.411
2035	60%	88%	53%	2.1	8.821
2040	68%	91%	62%	2.1	13.232
2045	77%	93%	71%	2.1	17.642
2050	85%	95%	81%	2.1	22.053

Tabla 8.55: Inversiones alternativa 2.1 (2025 – 2035) para 5.091 ha. Arroyos de Cordillera Frontal.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Telemetría automatización y control	66	118.800	1.455.498
Red eléctrica	60	108.000	1.323.180
Operación y puesta a punto	21	37.800	463.113
Manguera y goteros	3.000	5.400.000	66.159.000
Red de tuberías	7.859	14.146.200	173.314.527
Contingencia (20%)	2.201	3.962.160	48.543.064
TOTAL	13.207	23.772.960	291.258.382

Tabla 8.56: Costos anuales escenario 2.1 Arroyos de Cordillera Frontal.

Año	Total de inversiones	Recuperación de capital Alt 2.1	Mantenimiento Alt 2.1	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/ año ha
2030	11.650.335	18.946.776	436.888	19.383.663	879
2035	11.650.335	18.946.776	837.775	19.820.551	899
2040	11.650.335	18.946.776	1.310.663	20.257.438	919
2045	11.650.335	18.946.776	1.747.550	20.694.326	938
2050	11.650.335	18.946.776	2.184.438	21.131.214	958

8.2.7 Inversiones en Arroyos de manantial

Aplicación de la alternativa 2.3.

Las siguientes tablas muestran los valores de eficiencia pretendida, los costos unitarios y anuales de la implementación de la Alternativa 2.3 en los arroyos de manantial, abarcando una superficie de 7.217 hectáreas. Los costos totales alcanzan 1,60 millones USD/año, con un costo promedio de 221 USD/ha. La tabla desglosa los costos en recuperación de capital y mantenimiento, evidenciando una inversión inicial hasta 2035, tras lo cual se mantienen los costos operativos constantes hasta 2050.

Tabla 8.57: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.3. Arroyos de manantial.

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa
2025	43%	79%	34%	Actual	0
2030	57%	79%	45%	2.3	3.609
2035	70%	79%	55%	2.3	7.217
2040	70%	79%	55%	2.3	7.217
2045	70%	79%	55%	2.3	7.217
2050	70%	79%	55%	2.3	7.217

Tabla 8.58: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para 5 091 ha. Arroyos de manantial

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego. (unidades de 144 000 m3)	565	1.017.000	4.077.605
Mangas	845	1.521.000	6.098.365
Estructuras de derivación	394	709.200	2.843.498
Implementación de sistema de gestión	1,93	3.474	13.929
Caudalímetros	735	1.323.000	5.304.495
Contingencia (20% del costo de inversión)	508	914.735	3.667.578
TOTAL	3.049	5.488.409	22.005.470

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.59: Costos anuales escenario 2.3 Arroyos de manantial

Año	Total de inversiones	Recuperación de capital Alt 2.3	Mantenimiento Alt 2.3	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/ año ha
2030	2.200.547	1.431.487	82.521	1.514.008	210
2035	2.200.547	1.431.487	165.041	1.596.528	221
2040	0	1.431.487	165.041	1.596.528	221
2045	0	1.431.487	165.041	1.596.528	221
2050	0	1.431.487	165.041	1.596.528	221

8.2.8 Inversiones en agua subterránea exclusiva

Aplicación de la alternativa 2.2

Las tablas presentan la eficiencia pretendida, los costos unitarios y anuales para la totalidad de la superficie irrigada con agua subterránea exclusiva en el Tunuyán bajo la aplicación de la Alternativa 2.2. Los costos totales ascienden a 54,1 millones USD/año en 2030 y aumentan a 90,9 millones USD/año a partir de 2035, con un costo promedio por hectárea que pasa de 1.642 USD/ha en 2030 a 2.755 USD/ha desde 2035. Este aumento refleja las inversiones iniciales y los requerimientos energéticos asociados al sistema.

Tabla 8.60: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión 2.2. Zona de uso exclusivo de agua subterránea.

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa [ha]
2025	43%	100%	43%	Actual	0
2030	51%	100%	51%	2.2	3.993
2035	85%	100%	85%	2.2	7.986
2040	85%	100%	85%	2.2	11.980
2045	85%	100%	85%	2.2	15.973
2050	85%	100%	85%	2.2	19.966

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.61: Inversiones alternativa 2.2 (2025 – 2035) Zona de uso exclusivo de agua subterráneo. Tunuyán Inferior.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Telemetría, red eléctrica y puesta a punto	147	264.600	2.455.635
Mangueras y goteos	3.000	5.400.000	50.115.000
Reservorio en las propiedades. Cámara de carga (20 m ³ /ha)	900	1.620.000	15.034.500
Estación presurización	2.046	3.682.800	34.178.430
Contingencia (20% del costo de inversión)	1219	2.193.480	20.356.713
TOTAL	7.512	13.160.880	122.140.278

Tabla 8.62: Inversiones alternativa 2.2 (2025 – 2035) Zona de uso exclusivo de agua subterráneo. Tunuyán Superior.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Telemetría, red eléctrica y puesta a punto	147	264.600	2.935.002
Mangueras y goteos	3.000	5.400.000	59.898.000
Reservorio en las propiedades. Cámara de carga (20 m ³ /ha)	900	1.620.000	17.969.400
Estación presurización	2.046	3.682.800	40.850.436
Contingencia (20% del costo de inversión)	1219	2.934	24.330.568
TOTAL	7.512	15.321.600	145.983.406

Tabla 8.63: Costos anuales escenario 2.2 Zona de uso exclusivo de agua subterránea. Tunuyán Inferior.

Año	Total de inversiones	Recuperación de capital Alt 2.2	Mantenimiento Alt 2.2	Energía (AS)	Energía (RPG)	Costos anuales totales	Costos Anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/ año ha
2030	5.839.336	9.496.430	218.975	1.579.712	969.997	12.265.115	614
2035	5.839.336	9.496.430	437.950	3.159.425	1.939.995	15.033.800	753
2040	5.839.336	9.496.430	656.925	4.739.137	2.909.992	17.802.484	892
2045	5.839.336	9.496.430	875.900	6.318.849	3.879.990	20.571.169	1.030
2050	5.839.336	9.496.430	1.094.876	7.898.561	4.849.987	23.339.854	1.169

8.2.9 Total de inversiones. Cuenca Río Tunuyán

Tabla 8.64: Costos anuales Cuenca Río Tunuyán para Escenario 1 (Cord Frontal Alt 2.1) y Escenario 2 (Cordillera Alt. 2.3)

Año	Río Tunuyán Alt. 2.3 a 2.2	Agua Subterránea 2.2	Cordillera Frontal Alt. 2.1	Cordillera Frontal Alt. 2.3	Arroyos de manantial Alt. 2.3	Cuenca Tunuyán Escenario 1	Cuenca Tunuyán Escenario 2
	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales	Costos anuales totales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año
2030	17.428.899	23.393.093	19.383.663	4.475.062	1.514.008	61.719.663	46.811.062
2035	18.378.856	29.344.356	19.820.551	4.575.925	1.596.528	69.140.291	53.895.665
2040	35.313.974	32.113.041	20.257.438	4.676.788	1.596.528	89.280.981	73.700.331
2045	38.311.291	34.881.726	20.694.326	4.777.652	1.596.528	95.483.871	79.567.197
2050	41.308.609	37.650.410	21.131.214	4.878.515	1.596.528	101.686.762	85.434.063

8.2.10 Conclusiones y visión a futuro

El análisis de las alternativas para la cuenca del Tunuyán Superior representa un desafío significativo debido a la diversidad de sus fuentes de suministro. Esto es debido a que, aunque la gestión de estas fuentes se realiza de forma fragmentada, sus impactos se perciben a lo largo de toda la cuenca. Un ejemplo destacado es la disminución persistente de los derrames de los arroyos de manantial, resultado de la sequía prolongada que ha afectado la región.

Entre las cuencas y sistemas no regulados, es decir, aquellos que carecen de capacidad para regular estacionalmente sus derrames, la cuenca del río Tunuyán Superior es la más relevante, es por ello que toma especial relevancia el aumento en la eficiencia debido a la mejora en los sistemas, aumentando tanto la cobertura anual de las demandas como la cobertura mensual de las mismas.

Si bien la superficie irrigada aguas abajo y aguas arriba del embalse El Carrizal cuenta con una gestión integrada gracias al uso del embalse como regulador, el resto de la superficie irrigada y los sistemas del Tunuyán Superior no están integrados, lo que evidencia una clara desconexión en su gestión.

En particular, para los arroyos de manantiales y de la cordillera frontal situados en la cuenca alta, resulta fundamental evaluar la posibilidad de interconectar los canales que se abastecen de distintas fuentes. Estas intervenciones implican un grado considerable de incertidumbre, especialmente en lo referente a los impactos que podrían generar. Sin

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

embargo, es evidente que las inversiones en infraestructura hídrica tendrán efectos que deben ser comprendidos y gestionados adecuadamente.

Para enfrentar esta situación, es imprescindible llevar a cabo un análisis integral que contemple todas las fuentes de agua involucradas y sus interacciones. Asimismo, de cara al futuro, es prioritario implementar modelos avanzados de gestión, que permitan no solo evaluar los posibles impactos de las obras, sino también optimizar la operación del sistema hídrico.

Para avanzar en la mejora de la gestión hídrica en el Río Tunuyán Superior, es esencial incluir diversas acciones como ser:

Balance Hídrico y Modelación

Actualizar los balances hídricos considerando las fuentes involucradas y modelar escenarios futuros para evaluar la interacción entre los sistemas.

Impacto Ambiental y recarga de acuíferos

Evaluar posibles efectos ambientales y sobre la recarga del acuífero que obras de modernización en la distribución y aplicación del agua de riego pudiesen tener.

Optimización y Monitoreo

Implementar modelos que optimicen la distribución del agua, apoyados por sistemas de monitoreo para ajustar estrategias y lograr una gestión nintegrada entre las fuentes.

Demanda y Gobernanza

Analizar cómo estas obras y una posible modernización de la reglamentacion en temas de asignacion y distribución de agua, impactan en la demanda de agua y así fortalecer la coordinación entre los actores involucrados para asegurar una gestión sostenible.

8.3 CUENCA DEL RÍO DIAMANTE

8.3.1 Determinación del nivel de eficiencia. Río Diamante

La tabla que se muestra a continuación presenta el balance hídrico proyectado para el 2020, 2030, 2040 y 2050, con 80% de nivel de confiabilidad.

Tabla 8.65: Agua disponible y Balance Hídrico proyectado en hm³. Cuenca Río Diamante.

Nivel de Confiabilidad	80%			
Década	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento	940	890	810	690
Volumen Sostenible de Agua Subterránea (según informe 2.2)	19	19	15	14
Demanda Proyectada	1.276	1.370	1.391	1.411
Balance Hídrico	-50	-175	-275	-413

El nivel de abastecimiento de agua superficial muestra un descenso de 940 hm³ en 2020 a 690 hm³ en 2050, por otro lado, el volumen sostenible de agua subterránea, según el informe 2.2, se mantiene constante en 19 hm³ hasta 2030 y tiene un ligero descenso a 15 hm³ en 2040 y a 14 hm³ en 2050. Con respecto a la demanda proyectada podemos ver un aumento de 1276 hm³ para el año 2020 a 1411 hm³ en 2050, lo cual indica un incremento sostenido en las necesidades hídricas. De esta manera, el balance hídrico para la situación base (sin intervenciones) indica un déficit que va en aumento pasando de 50 hm³ a 413 hm³ entre las décadas del 2020 y el 2050, esto se debe el aumento de la demanda combinado con una disminución del agua superficial disponible.

Para abordar este desafío, se analizan diferentes alternativas de inversión que mejoran la eficiencia de conducción y aplicación en el sistema de riego. Para cada década se establece el valor de eficiencia, en términos de conducción y de aplicación. Cada alternativa analizada determina diferentes niveles de eficiencia, costos e infraestructura afectada en la red. Esto produce diferentes escenarios con desempeños y costos totales distintos.

Al analizar la alternativa 2.2 para el río Diamante, puede detectarse que década tras década al producirse una mejora en la eficiencia de aplicación, la reducción del déficit es mínima, bajando apenas 3 hm³ para los dos casos (poblacional 37% y poblacional 30%). La alternativa 2.3 por el contrario, al producirse un aumento en la eficiencia, de manera conjunta se produce un aumento en el déficit del sistema, incrementando su valor de 50

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

hm³ a 163 hm³ (poblacional 37%) y de 47 hm³ a 160 hm³ (poblacional 30%). Esto puede deberse a que el avance de la reducción de la oferta es más rápido que la ganancia de la mejora en la eficiencia.

Tabla 8.66: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.2. Río Diamante.

	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Hectáreas potenciales	Δ Ha.	Déficit (Hm ³)
	Poblacional 37%	2020	63%	49%	43 447	1 833
2030		63%	63%	45 309	0	0
2040		63%	73%	45 418	0	0
2050		63%	85%	42 541	2 739	-47
	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Hectáreas potenciales	Δ Ha.	Déficit (Hm ³)
	Poblacional 30%	2020	63%	49%	43 563	1 717
2030		63%	63%	45 452	0	0
2040		63%	73%	45 593	0	0
2050		63%	85%	42 755	2 525	-44

Tabla 8.67: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3. Río Diamante.

	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Hectáreas potenciales	Δ Ha.	Déficit (Hm ³)
	Poblacional 37%	2020	63%	49%	43 447	1 833
2030		63%	55%	41 493	3 787	-98
2040		63%	60%	39 981	5 299	-128
2050		63%	70%	37 484	7 796	-163
	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Hectáreas potenciales	Δ Ha.	Déficit (Hm ³)
	Poblacional 30%	2020	63%	49%	43 563	1 717
2030		63%	55%	41 619	3 661	-95
2040		63%	60%	40 126	5 154	-124
2050		63%	70%	37 660	7 620	-160

Para esta cuenca se analiza la combinación de las alternativas 2.3 y 2.2. Estas mantienen la eficiencia de conducción constante en un 63% y afectan la eficiencia de aplicación de agua de riego, permitiendo un nivel de inversión escalable. Desde el año 2025 hasta el año 2035 se aplica la alternativa 2.3. La misma contempla la mejora de las estructuras de distribución en los canales, construcción de reservorios y aplicación del riego por mangas. La eficiencia de aplicación esperada alcanza el 70%. Luego, a partir del año 2035 hasta el año 2050 la alternativa 2.2 comienza a implementarse, la cual implica una inversión en riego por goteo en las propiedades.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

La aplicación de las alternativas se realiza de manera paulatina, iniciando con la alternativa 2.3 en 2025 a 2035 afectando la totalidad de la superficie cultivada. Luego, a partir de 2035 y hasta 2050 se aplica la alternativa 2.2, a la totalidad de la superficie.

En la siguiente tabla se muestran las eficiencias esperadas luego de aplicadas las alternativas con la superficie afectada correspondiente:

Tabla 8.68: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. Río Diamante.

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa [ha]
2025	49%	63%	31%	Actualidad	0
2030	60%	63%	37%	2.3	22.640
2035	70%	63%	44%	2.3	45.280
2040	75%	63%	47%	2.2	15.093
2045	80%	63%	50%	2.2	30.187
2050	85%	63%	54%	2.2	45.280

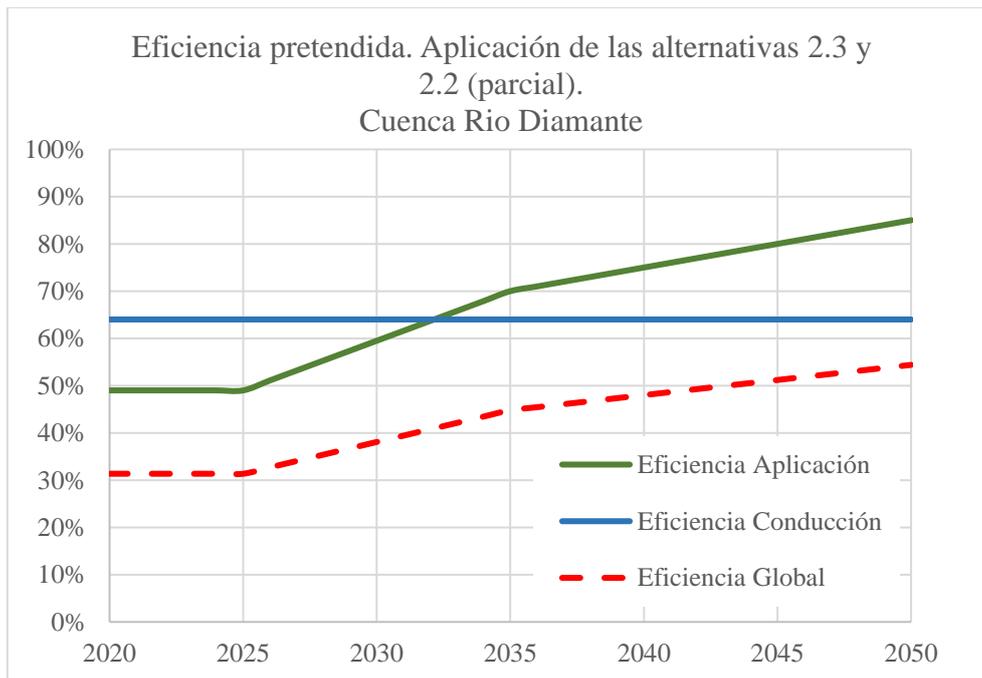


Figura 8.8: Eficiencia pretendida a 2050. Cuenca del río Diamante.

8.3.2 Volumen de almacenamiento requerido

Se analiza el almacenamiento estacional e interanual necesario, comparando los niveles de eficiencia que son factibles de lograr para cada uno. El análisis se realiza en términos relativos entre la situación base y la situación con la aplicación de las alternativas en las proporciones expresadas anteriormente.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

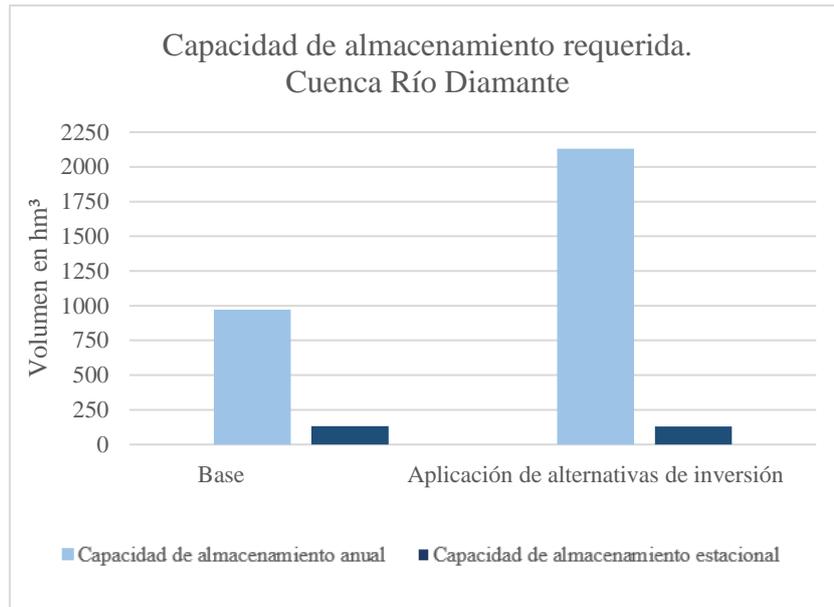


Figura 8.9: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Diamante.

Tabla 8.69: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Diamante. Sin considerar aporte subterráneo.

Escenario Analizado	Regulación Interanual		Regulación Estacional	
	Cobertura anual global	Capacidad de almacenamiento anual (hm³)	Cobertura media anual	Capacidad de almacenamiento estacional (hm³)
Base o de Referencia	71%	996	69%	136
Aplicación de alternativas de inversión	93%	2131	86%	131

Tabla 8.70: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del río Diamante. Considerando aporte subterráneo.

Escenario Analizado	Regulación Interanual		Regulación Estacional	
	Cobertura anual global	Capacidad de almacenamiento anual (hm³)	Cobertura media anual	Capacidad de almacenamiento estacional (hm³)
Base o de Referencia	70%	996	70%	136
Aplicación de alternativas de inversión	95%	2131	87%	131

La tabla anterior, analiza los dos escenarios en estudio: el "Base o de Referencia", que se toma la eficiencia actual de riego a lo largo del tiempo, y por otro lado un escenario que incorpora la "Aplicación de Alternativas de Inversión", proyectando una mejora gradual

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

en la eficiencia de riego hacia 2050. Los indicadores evaluados son la cobertura anual global y la capacidad de almacenamiento anual y estacional.

Si analizamos el caso con aporte subterráneo, la cobertura anual global del escenario de referencia alcanza el 70% para los dos tipos de almacenamiento (interanual y estacional). Analizando estos valores puede observarse que contar con un almacenamiento interanual no implica grandes mejoras en términos de cobertura.

Por otro lado, cuando se analiza el escenario con aplicación de alternativas de inversión la cobertura anual global alcanza el 95% para un almacenamiento interanual, y en el sistema con almacenamiento estacional la cobertura de la demanda también se incrementa llegando al 87%. El aumento en la eficiencia de uso del agua trae consigo un marcado aumento en la cobertura del sistema.

En términos de almacenamiento, el escenario de referencia demanda 996 hm³ para lograr un almacenamiento interanual en el escenario base y 136 hm³ para almacenamiento estacional correspondiente.

El escenario alternativas de inversión, implica una capacidad de almacenamiento interanual considerablemente mayor llegando a 2.131 hm³, necesitando regular un volumen de agua considerable para garantizar el 95% de cobertura de la demanda. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento estacional muestra una ligera disminución, de 136 hm³ a 131 hm³ respecto del escenario base. Observando estos valores puede decirse que las mejoras en la eficiencia de riego permiten un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles durante periodos críticos.

En resumen, el escenario con alternativas de inversión muestra un incremento en la cobertura de la demanda hídrica tanto para un sistema con almacenamiento interanual como estacional. Como la diferencia en volúmenes es muy marcada entre la regulación interanual y estacional, no se considera apropiado realizar el reservorio anual ya que su elevado costo solo implica una ligera mejora en la cobertura obtenida.

Los altos valores de almacenamiento interanual requerido para la aplicación de las alternativas de inversión están relacionados con la gran variabilidad en la presentación de los derrames del río. Lo cual trae aparejado, gran incertidumbre en términos de gestión del embalse, pudiendo no cumplirse los niveles de cobertura de la demanda estimados.

8.3.3 Análisis de la aplicación de las alternativas

En la siguiente tabla podemos observar los valores de cobertura de la demanda y nivel de abastecimiento con sus respectivas tendencias a lo largo de las décadas para una capacidad de almacenamiento de la cuenca de 538 hm³ (capacidad actual).

Tabla 8.71: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Diamante.

Escenarios simulados	Década	Cobertura de demanda. Sin agua subterránea.	Cobertura de demanda. Con agua subterránea.	Demanda Bruta (hm ³ /año)	Agua disponible Superficial para riego (hm ³ /año)	Agua Subterránea (hm ³ /año)	Balace anual. Con Agua subterránea (hm ³ /año)
Base o de referencia	2020/30	74%	75%	1.141	839	19	-302
	2030/40	68%	70%	1.191	814	17	-377
	2040/50	66%	67%	1.210	798	15	-412
Aplicación de alternativas de inversión.	2020/30	76%	77%	1.110	839	19	-271
	2030/40	86%	88%	877	755	17	-123
	2040/50	95%	96%	751	711	15	-40

La tabla anterior muestra la evolución de indicadores simulados para los tres períodos de tiempo analizados (2020, 2030 y 2040), a partir de la capacidad de almacenamiento actual de la cuenca.

Por un lado, tenemos el escenario tendencial, donde se analizan las condiciones actuales y futuras sin mejoras, y por otro el escenario con la aplicación de alternativas de inversión, que introduce cambios para la optimización del uso del agua.

En el escenario base, la cobertura de la demanda disminuye de un 75% en la década del 2020 a un 67% para el 2040. Este descenso muestra el impacto del incremento en la demanda bruta que pasa de 1.141 hm³/año en 2020 a 1210 hm³/año en 2040, y el nivel de abastecimiento superficial disminuye de 839 hm³/año a 798 hm³/año para el período en estudio. En conclusión, podemos decir que el déficit anual se agrava escalando de 302 hm³/año a 412 hm³/año.

Para el caso del escenario de aplicación de alternativas la cobertura de la demanda mejora revertiendo la tendencia negativa mostrada en el escenario base, con valores de cobertura de 77% para el período 2020, llegando a 96% para la década de 2040. Esto se logra mediante una reducción de la demanda bruta, que disminuye de 1.110 hm³/año en 2020 a 751 hm³/año para el 2040 en forma progresiva. Analizando el déficit anual observamos que este se reduce de manera significativa, de 271 hm³/año a 40 hm³/año durante el mismo

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

intervalo de tiempo, lo que indica una mejora en la relación entre oferta y demanda, aunque el nivel de abastecimiento superficial continua en disminución.

En conclusión, los 538 hm³ que posee de capacidad de almacenamiento la cuenca del Río Diamante, son suficientes si los comparamos con los 131 hm³ necesarios para el almacenamiento estacional. El factor de mayor relevancia para mejorar la cobertura de la demanda radica en incrementar la eficiencia de riego.

8.3.4 Reservorios en redes de riego

Láminas de diseño

El volumen del reservorio es proporcional a la lámina de diseño que se opte. A continuación, se presentan los valores de láminas para la cuenca del Río Diamante.

Tabla 8.72: Láminas de diseño para reservorios. Río Diamante.

Láminas de diseño	mm/día
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia del 45%)	11,1
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia del 54%)	9,3
Lámina recomendada de diseño. DGI	8,0

La capacidad de almacenamiento en reservorios, ubicados en la red de riego, para las 45.280 ha cultivadas existentes en el río Diamante, para cada alternativa de inversión varía ligeramente, ya que la alternativa 2.3 implica una eficiencia de aplicación del 70% (global del 45%) y la alterntiva 2.2, considera una eficiencia de aplicación del 85% en las 45.280 ha (global del 54%).

Tabla 8.73: Volumen de reservorios requeridos para las 45.280 ha cultivadas del Río Diamante.

Alternativas de inversión / Láminas de diseño	Volumen de almacenamiento en reservorios en red de riego	
	Lámina Ponderada por superficie de cultivos (mm/día)	Lámina de diseño de 8 (mm/día)
2.3: Riego por magas. Ef. Global: 45%	5,03 hm ³	3,62 hm ³
2.2: Riego por goteo. Ef. Global: 54%	4,21 hm ³	

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Determinación del tamaño del reservorio

La capacidad estimada de 3,62 hm³ se considera particionada en reservorios a lo largo de la red de riego. El tamaño de cada reservorio se calcula de acuerdo con las necesidades de almacenamiento requeridas por dicha unidad.

En este caso, se requieren 26 reservorios, cada uno de los cuales abastecerá una superficie de 1.800 hectáreas cultivadas. Dado que el volumen total de almacenamiento necesario es de 3,62 hm³, al dividir esta capacidad entre 24 reservorios, se obtiene un volumen aproximado de 143.000 m³ por reservorio.

8.3.5 Inversiones en superficie irrigada por el río Diamante

Alternativa 2.3: 2025 a 2035

Las inversiones necesarias para la implementación de la alternativa seleccionada se presentan con base en el Informe 5.1, Capítulo 8 - "EVALUACIÓN DE COSTOS PARA OBRAS DE MEJORAS" y Capítulo 9 - "ALTERNATIVAS PARA ELIMINAR EL DÉFICIT PROYECTADO".

La Alternativa 2.3 busca la optimización del sistema actual de distribución, permitiendo entregas programadas o a demanda, mediante la implementación de métodos de riego tecnificados de baja presión, como el uso de mangas.

Tabla 8.74: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la Cuenca Río Diamante.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego. (unidades de 145 000 m ³)	565	1.017.000	25.583.200
Mangas	845	1.521.000	38.261.600
Estructuras de derivación	975	1.755.000	44.148.000
Implementación de sistema de gestión	1,51	2.718	68.373
Caudalímetros	731	1.315.800	33.099.680
Contingencia (20% del costo de inversión)	623,5	1.122.300	28.232.071
TOTAL	3.741	6.733.800	169.393.023

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Alternativa 2.2: 2035 a 2050

Desde el año 2035, la Alternativa 2.2 se introduce en la cuenca para incorporar el riego por goteo en en la superficie cultivada, alcanzando la totalidad de las hectáreas en 2050. Esta última requiere inversiones adicionales en riego por goteo, con el objetivo de llegar a los niveles de eficiencia pretendidos.

Tabla 8.75: Inversiones alternativa 2.2 (2035 – 2050) para la Cuenca Río Diamante.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Telemetría, red eléctrica y puesta a punto	147	264.600	6.656.160
Mangueras y goteos	3.000	5.400.000	135.840.000
Reservorio en las propiedades. Cámara de carga (20 m ³ /ha)	900	3.420.000	40.752.000
Estación presurización	2.046	3.682.800	92.642.880
Contingencia (20% del costo de inversión)	1.219	648.000	55.178.208
TOTAL	7.312	13.161.600	311.087.360

Costos Anuales

La tabla muestra los costos anuales del escenario 2.2–2.3 aplicados a la totalidad de la superficie irrigada de la cuenca del Río Diamante. Los costos incluyen recuperación de capital, mantenimiento y energía, tanto para abastecimiento poblacional (AS) como para riego presurizado general (RPG). En 2030 y 2035, los costos anuales totales son moderados, alcanzando 13,8 millones USD/año y 16,57 millones USD/año, con un costo promedio de 305 y 366 USD/ha, respectivamente.

A partir de 2040, se observa un salto significativo en los costos. Esto refleja la inversión en infraestructura y los requerimientos adicionales de energía asociados a la alternativa 2.2.

Tabla 8.76: Costos anuales escenario 2.2 – 2.3 Cuenca Río Diamante.

Año	Total, de inversiones	Recup de capital Alt 2.3	Recup de capital Alt 2.2	Mant Alt 2.3	Mant Alt 2.2	Energía (AS)	Energía (RPG)	Costos anuales totales	Costos anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año ha
2030	16.939.302	11.019.259	0	635.224	0	98.754	0	11.753.237	260
2035	16.939.302	11.019.259	0	1.270.448	0	88.359	0	12.378.066	273
2040	22.071.283	11.019.259	21.536.530	1.270.448	827.673	77.964	6.242.625	40.974.498	905
2045	22.071.283	11.019.259	21.536.530	1.270.448	827.673	77.964	6.242.625	40.974.498	1061
2050	22.071.283	11.019.259	21.536.530	1.270.448	2.483.019	72.766	18.727.874	55.109.896	1217

8.4 CUENCA DEL RÍO ATUEL

8.4.1 Determinación del nivel de eficiencia. Río Atuel

La tabla 9.78 muestra el balance hídrico proyectado para las décadas de 2020, 2030, 2040 y 2050, considerando un nivel de confiabilidad del 80%.

Tabla 8.77: Agua disponible y Balance Hídrico proyectado en hm³. Cuenca Río Atuel.

Nivel de Confiabilidad	80%			
Década	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento	820	770	705	660
Volumen Sostenible de Agua Subterránea (según informe 2.2)	51	51	49	49
Demanda Proyectada	997	1.032	1.054	1.076
Balance Hídrico	-126	-211	-299	-367

El nivel de abastecimiento de agua superficial disminuye progresivamente de 820 hm³ en 2020 a 660 hm³ en 2050, mientras que el volumen sostenible de agua subterránea, según el informe 2.2, se mantiene constante en 51 hm³ hasta 2030 y desciende ligeramente a 49 hm³ en 2040 y 2050. Por otro lado, la demanda proyectada aumenta de 997 hm³ en 2020 a 1.076 hm³ en 2050, reflejando un incremento constante en las necesidades hídricas. Como resultado, el balance hídrico para la situación base (situación proyectada sin intervenciones) evidencia un déficit creciente, que pasa de 126 hm³ en 2020 a 367 hm³ en 2050, debido a la combinación de menor disponibilidad de agua superficial y mayor demanda.

Para el río Atuel, existen alternativas que logran eliminar el déficit proyectado considerando la oferta sostenible con un nivel de confiabilidad del 80% y alternativas que, si bien no lo eliminan lo reducen de manera considerable. Para cada década se establece el valor de eficiencia, tanto de conducción como de aplicación, que logra eliminar el déficit, para los valores de oferta determinados. Cada una de las alternativas analizadas determina diferentes niveles de eficiencia, costos e infraestructura que se afecta en la red. Esto genera diferentes escenarios con desempeños y costos totales diferentes.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Si analizamos las alternativas 2.3 y 2.2 para el río Atuel, se observa cómo, década tras década es necesario aumentar la eficiencia de aplicación para lograr reducir o eliminar el déficit.

Tabla 8.78: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.3. Río Atuel.

Alternativa 2.3. Balance Hídrico. Río Atuel.						
Poblacional 26%	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Hectáreas potenciales	Δ Ha.	Déficit (hm ³)
	2020	84.2%	49.8%	46 682	6 938	-126
	2030	84.2%	63.6%	53 620	0	0
	2040	84.2%	66.8%	50 465	3 155	-21
	2050	84.2%	70.0%	48 422	5 198	-49

Tabla 8.79: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. 2.2. Río Atuel.

Alternativa 2.2. Balance Hídrico. Río Atuel.						
Poblacional 26%	Década	EFF Conducción	EFF Aplicación	Hectáreas potenciales	Δ Ha.	Déficit (hm ³)
	2020	84.2%	49.8%	46 682	6 938	-126
	2030	84.2%	63.5%	53 620	0	0
	2040	84.2%	71.1%	53 620	0	0
	2050	84.2%	77.9%	53 620	0	0

En el presente capítulo se aborda la aplicación combinada de las alternativas 2.3 y 2.2. Ambas alternativas afectan la eficiencia de aplicación de agua de riego y las inversiones son escalables. A partir del año 2025 y hasta el año 2035 se aplica la alternativa 2.3. La misma contempla la construcción de reservorios, mejora de las estructuras de distribución en los canales, y aplicación del riego por mangas. La eficiencia de aplicación pretendida asciende al 70%. A partir del año 2035 y hasta el año 2050 se aplica la alternativa 2.2, esta considera la inversión en riego por goteo en las propiedades.

La aplicación de las alternativas se realiza de manera progresiva, comenzando la alternativa 2.3 en 2025 a 2035 afectando la totalidad de la superficie cultivada. Luego, a partir de 2035 y hasta 2050 se aplica la alternativa 2.2 de manera parcial, afectado 28.241 ha.

A continuación, se presentan las eficiencias pretendidas por la aplicación de las alternativas y la superficie afectada:

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.80: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión.

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa [ha]
2025	50%	84%	42%	Actualidad	0
2030	60%	84%	51%	2.3	26.812
2035	70%	84%	59%	2.3	53.623
2040	73%	84%	61%	2.2	9.914
2045	75%	84%	64%	2.2	18.828
2050	78%	84%	66%	2.2	28.241

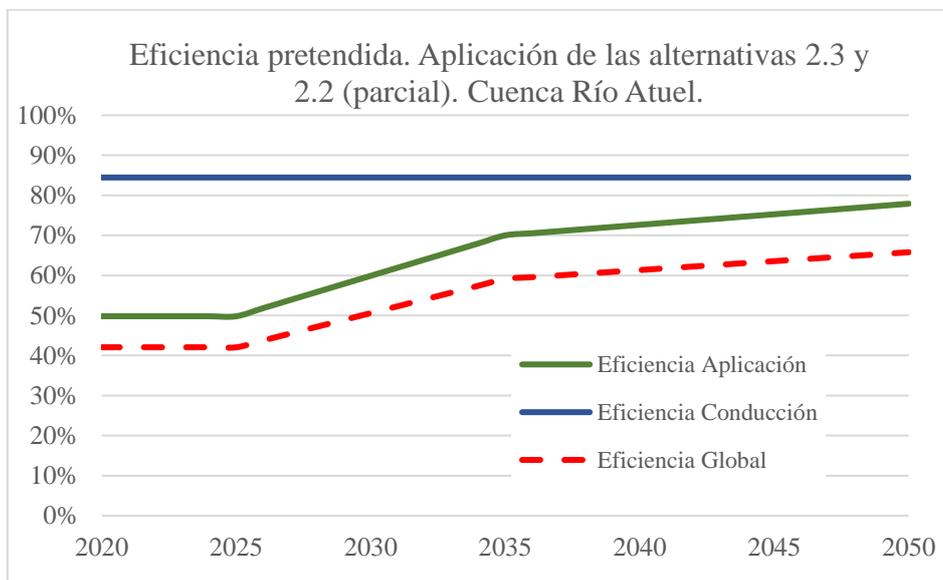


Figura 8.10: Eficiencia pretendida a 2050. Cuenca del río Atuel.

8.4.2 Volumen de almacenamiento requerido

El nivel de satisfacción de la demanda queda determinado por la capacidad del sistema en satisfacer los requerimientos de riego mensual. Es por ello, que es necesario evaluar tanto la necesidad de almacenamiento como el nivel de cobertura de la demanda que se logra. Se analiza el almacenamiento estacional e interanual necesario, comparando los niveles de eficiencia que son factibles de lograr para cada uno. El análisis se realiza en términos relativos entre la situación base y la situación con la aplicación de las alternativas. Los valores de coberturas presentados responden a valores medios durante todo el periodo de simulación, para la condición de referencia y para la condición de aplicación progresiva de las alternativas de inversión.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

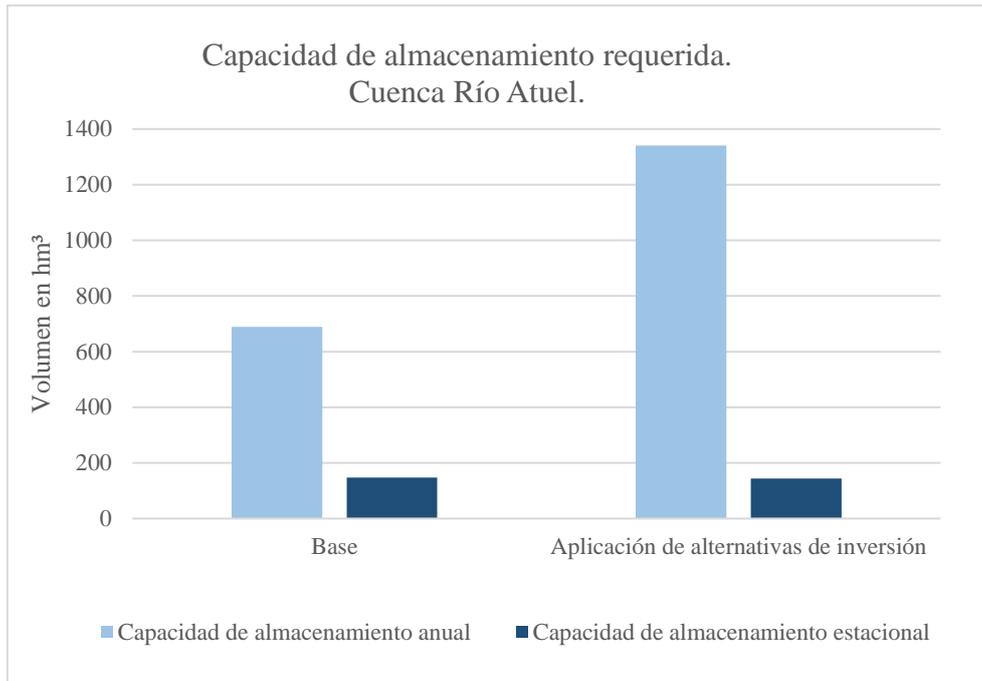


Figura 8.11: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Atuel.

Tabla 8.81: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Atuel. Sin considerar aporte subterráneo.

Escenario Analizado	Regulación Interanual		Regulación Estacional	
	Cobertura anual global	Capacidad de almacenamiento anual	Cobertura anual global	Capacidad de almacenamiento estacional
Base o de Referencia	59%	689	59%	147
Aplicación de alternativas de inversión	77%	1.341	75%	143

Tabla 8.82: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del río Atuel. Considerando aporte subterráneo.

Escenario Analizado	Regulación Interanual		Regulación Estacional	
	Cobertura anual global	Capacidad de almacenamiento anual	Cobertura anual global	Capacidad de almacenamiento estacional
Base o de Referencia	64%	689	64%	147
Aplicación de alternativas de inversión	83%	1.341	80%	143

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

En cuanto a la cobertura anual global, el escenario de referencia posee una cobertura media de la demanda del 64% considerando, tanto un almacenamiento estacional como interanual. La diferencia radica en que, para un almacenamiento interanual todos los años la demanda será satisfecha con un 64%, y para el almacenamiento estacional, la media de las coberturas es del 64%. En el sentido práctico, significa que contar con un almacenamiento interanual no mejora sustancialmente la cobertura.

Por otro lado, para el escenario con aplicación de alternativas de inversión la cobertura anual global bajo un almacenamiento interanual mejora alcanzando el 83%, y para un sistema con almacenamiento estacional la cobertura de la demanda también se incrementa llegando al 80%. Este aumento en la cobertura indica el impacto positivo que genera un aumento en la eficiencia de uso del agua.

Respecto a la capacidad de almacenamiento anual requerida, el escenario de referencia demanda 689 hm³ para lograr un almacenamiento interanual¹¹ y 147 hm³ para almacenamiento estacional.

En el escenario con alternativas de inversión, la capacidad de almacenamiento interanual requerida aumenta considerablemente a 1.341 hm³, reflejando la necesidad de una mayor regulación para garantizar el 83% de cobertura de la demanda todos los años. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento estacional muestra una ligera disminución, de 147 hm³ a 143 hm³. Esto sugiere que las mejoras en la eficiencia de riego permiten un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles durante periodos críticos, reduciendo la dependencia de almacenamiento temporal.

Como conclusión, el escenario con alternativas de inversión muestra un incremento en la cobertura de la demanda hídrica tanto para un sistema con almacenamiento interanual como estacional. Sin embargo, si bien disponer de un almacenamiento interanual mejora la cobertura de la demanda en un escenario de mejora o estabiliza la cobertura en el escenario de referencia, no se justifica debido al elevado costo que implica pasar de un almacenamiento requerido cercano a los 147 hm³ a los 1.341 hm³, considerando la limitada mejora en la cobertura obtenida.

Estos valores tan elevados de almacenamiento interanual requerido, tanto para el escenario de referencia como para el escenario con la aplicación de las alternativas de inversión están directamente relacionados con la gran variabilidad en la presentación de los derrames del río. Esto generaría, además, una elevada incertidumbre a la hora de

¹¹ Bajo la presentación de los derrames proyectados por el IANIGLA.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

gestionar el almacenamiento en el embalse, pudiendo no cumplirse los niveles de cobertura de la demanda estimados.

8.4.3 Análisis de la aplicación de las alternativas

A continuación, se presentan los valores de cobertura de la demanda y nivel de abastecimiento y las tendencias a lo largo de las décadas considerando la capacidad de almacenamiento actual de la cuenca de 352 hm³.

Tabla 8.83: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Atuel.

Escenarios simulados	Década	Cobertura de demanda. Sin agua subterránea.	Cobertura de demanda. Con agua subterránea.	Demanda Bruta (hm ³ /año)	Agua disponible Superficial para riego (hm ³ /año)	Agua Subterránea (hm ³ /año)	Balance anual. Con Agua subterránea (hm ³ /año)
Base o de referencia	2020/30	61%	67%	987	605	58	-324
	2030/40	60%	65%	1.013	603	58	-358
	2040/50	56%	61%	1.034	576	58	-401
Aplicación de alternativas de inversión	2020/30	64%	70%	946	606	56	-285
	2030/40	77%	81%	750	576	45	-139
	2040/50	82%	86%	684	564	40	-93

En el escenario base o de referencia, la cobertura de la demanda (incluyendo el aporte subterráneo) disminuye progresivamente de un 67% en la década 2020/30 a un 61% en 2040/50. Esta tendencia negativa refleja el impacto del incremento en la demanda bruta que pasa de 987 hm³/año en 2020/30 a 1.034 hm³/año en 2040/50, y la disminución del nivel de abastecimiento superficial de 605 hm³/año a 576 hm³/año. Como resultado, el déficit anual se agrava, aumentando de 324 hm³/año a 401 hm³/año.

En el escenario de aplicación de alternativas de inversión mejora sustancialmente la cobertura de la demanda, logrando revertir la tendencia negativa. Partiendo de un 70% en 2020/30, a un 86% en 2040/50. Esto se logra mediante una reducción de la demanda bruta, que disminuye progresivamente de 946 hm³/año en 2020/30 a 684 hm³/año en 2040/50. Asimismo, el déficit anual se reduce significativamente, pasando de 285 hm³/año a 93 hm³/año durante el mismo período, mostrando una mejora constante en la relación entre oferta y demanda, aunque el nivel de abastecimiento superficial sigue mostrando una disminución similar a la del escenario tendencial.

Como conclusión, la capacidad de almacenamiento actual de la cuenca, de 352 hm³, es suficiente frente a los 143 hm³ necesarios para el almacenamiento estacional. El factor clave para mejorar la cobertura de la demanda radica en incrementar la eficiencia de riego.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Las inversiones propuestas permiten revertir la tendencia decreciente en la cobertura, optimizando el uso del recurso hídrico y asegurando una cobertura mayor de la demanda.

8.4.4 Reservorios en redes de riego

Láminas de diseño

El volumen del reservorio es proporcional a la lámina de diseño que se opte. A continuación, se presentan los valores de láminas para la cuenca del Río Atuel.

Tabla 8.84: Láminas de diseño para reservorios. Río Atuel.

Láminas de diseño	mm/día
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia del 72%)	6,7
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia del 59%)	8,2
Lámina recomendada de diseño. DGI	8,0

La capacidad de almacenamiento en reservorios, ubicados en la red de riego, para las 53623 ha cultivadas existentes en el río Atuel, para cada alternativa de inversión varía ligeramente, ya que la Alternativa 2.3 (riego por mangas) considera una eficiencia de aplicación del 70% (global del 59%) y la Alternativa 2.2, considera una eficiencia de aplicación del 85% en 28.241 ha de las 51.851 ha (global del 66%).

Tabla 8.85: Volumen de reservorios requeridos para las 53623 ha cultivadas del Río Atuel.

Alternativas de inversión / Láminas de diseño	Volumen de almacenamiento en reservorios en red de riego	
	Lámina Ponderada por superficie de cultivos (mm/día)	Lámina de diseño de 8 (mm/día)
2.3: Riego por magas. Ef. Global: 59%	4,38 hm ³	4,28 hm ³
2.2: Riego por goteo. Ef. Global: 66%	3,92 hm ³	

Determinación del tamaño del reservorio

La capacidad estimada de 4,28 hm³ se considera distribuida en diversos reservorios a lo largo de la red de riego.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

En este caso, se requieren 30 reservorios, cada uno de los cuales abastecerá una superficie de 1.800 hectáreas cultivadas. Dado que el volumen total de almacenamiento necesario es de 4,15 hm³, al dividir esta capacidad entre 30 reservorios, se obtiene un volumen aproximado de 144.000 m³ por reservorio.

8.4.5 Inversiones en superficie irrigada por el río Atuel

Alternativa 2.3: 2025 a 2035

Las inversiones necesarias para la implementación de la alternativa seleccionada se presentan con base en el Informe 5.1, Capítulo 8 - "EVALUACIÓN DE COSTOS PARA OBRAS DE MEJORAS" y Capítulo 9 - "ALTERNATIVAS PARA ELIMINAR EL DÉFICIT PROYECTADO".

La Alternativa 2.3 busca la optimización del sistema actual de distribución, permitiendo entregas programadas o a demanda, mediante la implementación de métodos de riego tecnificados de baja presión, como el uso de mangas.

Tabla 8.86: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la Cuenca Río Atuel.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo por UAM (US\$/unidad)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego. (unidades de 143 000 m ³)	565	1.017.000	30.296.762
Mangas	845	1.521.000	45 311.087
Estructuras de derivación	716	1.288.800	38.393.773
Implementación de sistema de gestión	1,42	2.559	137.274
Caudalímetros	312	581.400	16.753.800
Contingencia (20% del costo de inversión)	487,9	766.260	22.827.136
TOTAL	2.927	5.179.680	176.485.839

Alternativa 2.2: 2035 a 2050

A partir del año 2035, se introduce parcialmente la Alternativa 2.2, que incorpora el riego por goteo en una porción de la superficie cultivada, alcanzando 28.241 hectáreas en 2050. Esta última requiere inversiones adicionales en riego por goteo, con el objetivo de llegar a los niveles de eficiencia pretendidos.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

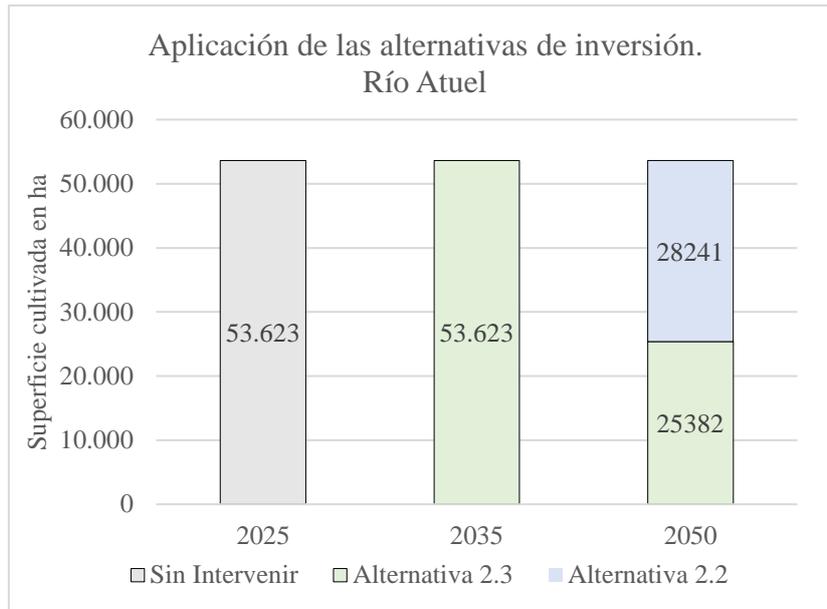


Figura 8.12: Aplicación de las alternativas en cuenca Río Atuel.

Tabla 8.87: Inversiones alternativa 2.2 (2035 – 2050) para la Cuenca Río Atuel.

Componentes	Costo Unitario	Costo por UAM	Costo Total (US\$)
	(US\$/ha)	(US\$/unidad)	
Telemetría, red eléctrica y puesta a punto	147	264.600	4.151.461
Mangueras y goteos	3.000	5.400.000	84.723.688
Reservorio en las propiedades. Cámara de carga (20 m ³ /ha)	1.900	3.420.000	53.658.336
Estación presurización	2.046	3.682.800	57.781.555
Estación de filtrado	360	648.000	10.166.843
Contingencia (20% del costo de inversión)	1.491	2.683.080	42.096.377
TOTAL	8.944	16.098.480	252.578.260

La superficie afectada a la alternativa 2.2 es de 28.241 hectáreas, correspondiendo a 16 UAM de referencia.

A continuación, se presentan los costos anuales asociados con el escenario 2.3–2.2 aplicado a la superficie irrigada de la cuenca del Río Atuel. Los costos incluyen recuperación de capital, mantenimiento y energía, desglosados para las alternativas 2.3 y 2.2. En 2030 y 2035, los costos totales son relativamente bajos, alcanzando 11,03 millones USD/año y 11,59 millones USD/año, con costos promedio por hectárea de 210 y 220 USD/ha, respectivamente.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

A partir de 2040, se produce un aumento significativo en los costos debido a la implementación de la alternativa 2.2, que incrementa las inversiones en recuperación de capital y mantenimiento, junto con mayores requerimientos energéticos para el riego presurizado. Los costos totales ascienden a 42,75 millones USD/año en 2040, 57,78 millones USD/año en 2045 y alcanzan 73,08 millones USD/año en 2050, con costos promedio de hasta 1.389 USD/ha.

Tabla 8.88: Costos anuales escenario 2.3 – 2.2 Cuenca Río Atuel.

Año	Total, de inversiones	Recup de capital Alt 2.3	Recup de capital Alt 2.2	Mant Alt 2.3	Mant Alt 2.2	Energía (AS)	Energía (RPG)	Costos anuales totales	Costos anuales
	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año	USD/Año ha
2030	15.699.772	10.212.927	0	588.741	0	229.130	0	11.030.798	210
2035	15.699.772	10.212.927	0	1.177.483	0	196.662	0	11.587.073	220
2040	16.838.551	10.212.927	16.430.578	1.177.483	631.446	188.197	2.021.554	30.662.185	583
2045	16.838.551	10.212.927	16.430.578	1.177.483	1.262.891	179.732	4.083.034	33.346.646	6334
2050	16.838.551	10.212.927	16.430.578	1.177.483	1.894.337	171.267	6.184.440	36.071.033	686

8.5 CUENCA DEL RIO MALARGÜE

8.5.1 Determinación del nivel de eficiencia. Río Malargüe

La Tabla 8.89 muestra el balance hídrico proyectado para las décadas de 2020, 2030, 2040 y 2050, considerando un nivel de confiabilidad del 80%.

Tabla 8.89: Agua disponible y Balance Hídrico proyectado en hm³. Cuenca Río Malargüe.

Nivel de Confiabilidad	80%			
Década	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento	240	230	190	150
Demanda Proyectada	66	68	69	70
Balance Hídrico (sin aporte a Llancanelo)	174	162	121	80

En la cuenca del Río Malargüe, se incluye un uso relacionado con la demanda ambiental de la laguna Llancanelo, registrado bajo la categoría Eventual y que abarca un total de 2478,15 hectáreas. Este factor debe ser considerado al analizar los valores de "exceso" o "superávit" de agua estimados en el balance hídrico proyectado.

A continuación, se detalla la alternativa 2.3 propuesta para la cuenca del Río Malargüe. Si bien la cuenca no presenta un déficit hídrico persistente, la ausencia de infraestructura de almacenamiento limita la capacidad de regular eventuales déficits estacionales. En este contexto, una mejora en la eficiencia del sistema de distribución fortalecería su capacidad para satisfacer las demandas durante períodos de sequía, aumentando la seguridad hídrica y la resiliencia del sistema.

Tabla 8.90: Eficiencias pretendidas por aplicación de alternativas de inversión. Río Malargüe

Década	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Conducción	Eficiencia Global	Alternativa Aplicada	Superficie Afectada a la Alternativa [ha]
2025	50%	78%	43%	Actualidad	0
2030	63%	78%	49%	2.3	1.499
2035	70%	78%	55%	2.3	2.997
2040	70%	78%	55%	2.3	2.997
2045	70%	78%	55%	2.3	2.997
2050	70%	78%	55%	2.3	2.997

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

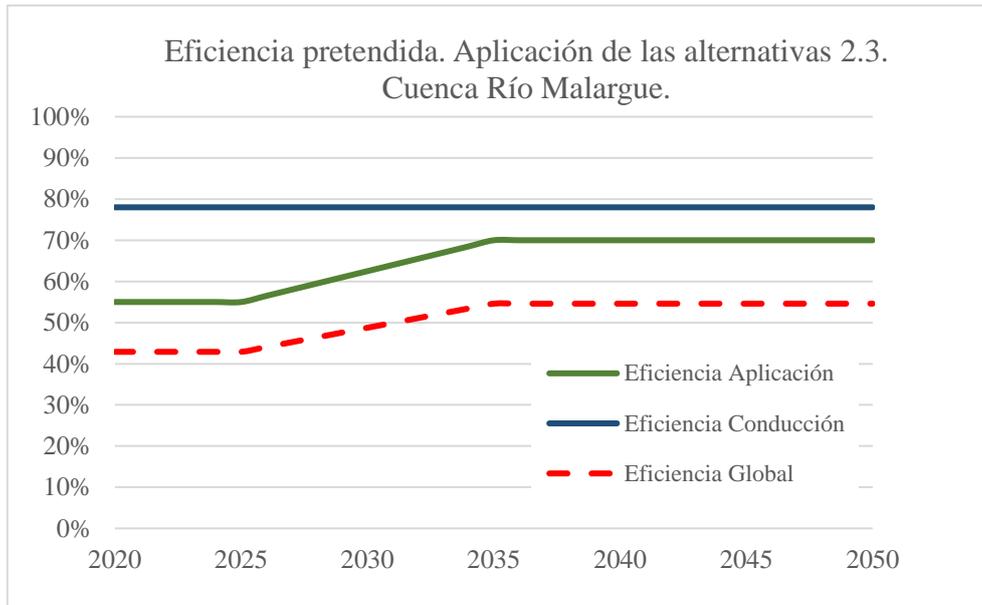


Figura 8.13: Eficiencia pretendida a 2050. Cuenca del Río Malargüe.

8.5.2 Volumen de almacenamiento requerido

A continuación, se presentan los valores de almacenamiento estacional requerido para satisfacer los déficits estacionales máximos que se presentan.

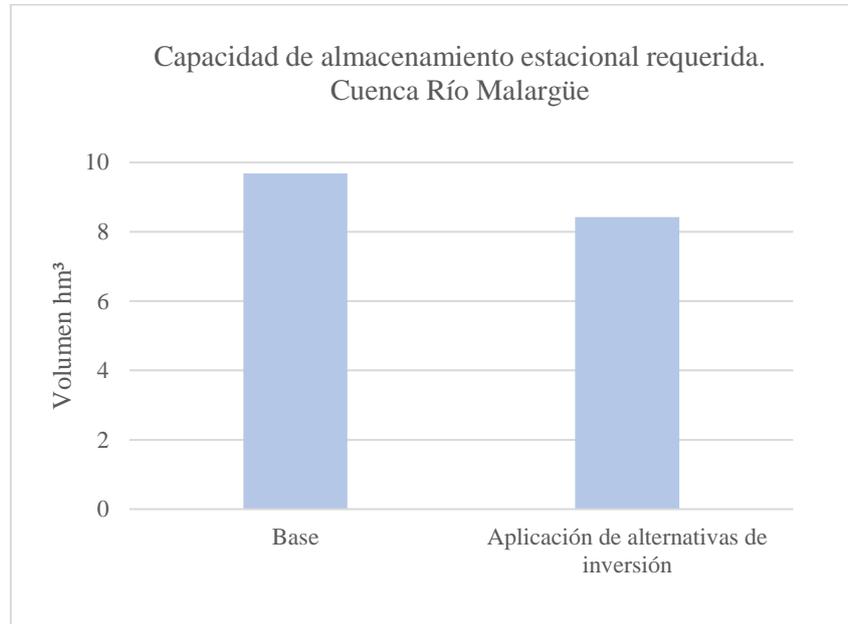


Figura 8.14: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Malargüe.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.91: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del Río Malargüe.

Escenario Analizado	Regulación Estacional		
	% tiempo donde la cobertura mensual está por debajo del 80%	Cobertura media global	Capacidad de almacenamiento estacional
Base o de Referencia	17%	98%	10
Aplicación de alternativas de inversión	9%	99%	8

En cuanto a los indicadores evaluados, el porcentaje de tiempo en que la cobertura mensual se encuentra por debajo del 80% se reduce del 17% en el escenario base al 9% con las inversiones proyectadas, reflejando una disminución en la frecuencia de déficits hídricos. Asimismo, la cobertura media global mejora del 98% al 99%, lo que evidencia un incremento en la capacidad del sistema para satisfacer las demandas hídricas. Por último, la capacidad de almacenamiento estacional requerida disminuye de 10 hm³ en el escenario base a 8 hm³ con la implementación de las alternativas, dotando al sistema de mayor resiliencia frente a variaciones estacionales.

8.5.3 Análisis de la aplicación de las alternativas

A continuación, se presentan los valores de cobertura de la demanda y nivel de abastecimiento y las tendencias a lo largo de las décadas considerando que actualmente no se cuenta con almacenamiento a nivel de cuenca.

Tabla 8.92: Capacidad de almacenamiento requerida. Cuenca del río Atuel.

Escenarios simulados	Década	Cobertura de demanda.	Demanda Bruta (hm ³ /año)	Nivel de abastecimiento Superficial (hm ³ /año)	Balace anual. Con Agua subterránea (hm ³ /año)
Base o de referencia	2020/30	99%	67	67	-1
	2030/40	96%	69	66	-2
	2040/50	98%	70	68	-2
Aplicación de alternativas de inversión	2020/30	98%	65	64	-2
	2030/40	100%	56	56	0
	2040/50	100%	55	55	0

La tabla muestra los resultados de dos escenarios simulados en distintas décadas: el "Base o de Referencia" y la "Aplicación de Alternativas de Inversión". En el escenario base, la

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

cobertura de la demanda varía entre un 96% y un 99%, con un balance anual negativo de hasta -2 hm³/año. En contraste, la aplicación de alternativas de inversión mejora la cobertura al 100% en las últimas décadas y permite equilibrar el balance anual en 0 hm³/año para 2040/50.

8.5.4 Reservorios en redes de riego

Láminas de diseño

El volumen del reservorio es proporcional a la lámina de diseño que se opte. A continuación, se presentan los valores de láminas para la cuenca del Río Malargüe.

Tabla 8.93: Láminas de diseño para reservorios.

Láminas de diseño	mm/día
Máxima pondera por superficie cultivos (Eficiencia del 55%)	11,4
Lámina recomendada de diseño. DGI	8,0

Tabla 8.94: Volumen de reservorios requeridos para las 2.997 ha cultivadas del Río Malargüe.

Alternativas de inversión / Láminas de diseño	Volumen de almacenamiento en reservorios en red de riego	
	Lámina Ponderada por superficie de cultivos (mm/día)	Lámina de diseño de 8 (mm/día)
2.3: Riego por magas. Ef. Global: 55%	0,34 hm ³	0,24 hm ³

8.5.5 Inversiones en superficie irrigada por el río Malargüe

Alternativa 2.3: 2025 a 2035

Las inversiones necesarias para la implementación de la alternativa seleccionada se presentan con base en el Informe 5.1, Capítulo 8 - "EVALUACIÓN DE COSTOS PARA OBRAS DE MEJORAS" y Capítulo 9 - "ALTERNATIVAS PARA ELIMINAR EL DÉFICIT PROYECTADO".

La Alternativa 2.3 busca la optimización del sistema actual de distribución, permitiendo entregas programadas o a demanda, mediante la implementación de métodos de riego tecnificados de baja presión, como el uso de mangas.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.95: Inversiones alternativa 2.3 (2025 – 2035) para la cuenca Río Malargüe.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego.	565	1.693.305
Mangas	845	2.532.465
Estructuras de derivación	383	1.147.851
Implementación de sistema de gestión	2,21	6.623
Caudalímetros	523	1.567.431
Contingencia (20% del costo de inversión)	464	1.389.535
TOTAL	2.782	8.337.210

Costos anuales

La tabla muestra los costos anuales de la Alternativa 2.3 aplicados, con un total constante de 604.877 USD/año desde 2030 hasta 2050 y un costo promedio de 202 USD/ha año. Los costos incluyen recuperación de capital y mantenimiento, con inversiones iniciales únicamente hasta 2035.

Tabla 8.96: Costos anuales. Río Malargüe.

Año	Total de inversiones	Recuperación de capital Alt 2.3	Mantenimiento Alt 2.3	Costos anuales totales	Costos anuales
	USD/año	USD/ año	USD/ año	USD/ año	USD/ha año
2030	833.721	542.348	31.265	573.612	192
2035	833.721	542.348	62.529	604.877	202
2040	0	542.348	62.529	604.877	202
2045	0	542.348	62.529	604.877	202
2050	0	542.348	62.529	604.877	202

8.5.6 Inversiones en superficie irrigada por arroyos

Alternativa 2.3: 2025 a 2035

Al igual que para la superficie irrigada por el río Malargüe, se analiza la aplicación de la alternativa 2.3 para la superficie cultivada de 4842 ha del arroyo Alamito y el Chacay.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Tabla 8.97: Inversiones Alternativa 2.3 (2025 – 2035) Arroyo Alamito y el Chacay.

Componentes	Costo Unitario (US\$/ha)	Costo Total (US\$)
Reservorio en red de riego.	565	2.735.730
Mangas	845	4.091.490
Estructuras de derivación	383	1.854.486
Implementación de sistema de gestión	2,21	10.701
Caudalímetros	523	2.532.366
Contingencia (20% del costo de inversión)	464	2.244.955
TOTAL	2.782	13.469.727

Tabla 8.98: Costos anuales. Arroyo Alamito y el Chacay.

Año	Total de inversiones	Recuperación de capital Alt 2.3	Mantenimiento Alt 2.3	Costos anuales totales	Costos anuales
	USD/año	USD/año	USD/año	USD/año	USD/ha año
2030	1.346.973	876.225	50.511	926.737	192
2035	1.346.973	876.225	101.023	977.248	202
2040	0	876.225	101.023	977.248	202
2045	0	876.225	101.023	977.248	202
2050	0	876.225	101.023	977.248	202

9 CONCLUSIONES

9.1 CONCLUSIONES GENERALES

El análisis de las principales cuencas hídricas de la provincia destaca desafíos significativos relacionados con la creciente escasez de recursos y el aumento de la demanda hacia 2050. Este estudio considera la superficie cultivada según el Balance Hídrico 2020, la cual es considerablemente menor a la superficie empadronada. Esto implica que, si esta última se pone en producción, será necesario dotarla de agua, agravando los déficits hídricos y subrayando la urgencia de realizar estudios más profundos para evaluar las implicancias de este escenario.

En todas las cuencas analizadas se observa una disminución progresiva en la oferta de agua superficial, acompañada de una creciente demanda agrícola, poblacional e industrial, si bien las proyecciones de aplicación de las alternativas no eliminan completamente el déficit hídrico, si se logra el objetivo de estabilizar las coberturas a valores razonables hacia 2050.

En este contexto, es crucial avanzar hacia una gestión integrada y eficiente del recurso hídrico. Esto incluye actualizar balances hídricos, incorporar modelaciones para evaluar la interacción entre las diferentes fuentes de agua y optimizar la operación de los sistemas. También resulta prioritario analizar los impactos ambientales y en la recarga de acuíferos, así como fortalecer la gobernanza mediante una modernización normativa que facilite la asignación y distribución del agua.

La necesidad de inversiones en infraestructura, acciones destinadas a mantener los volúmenes de almacenamiento estacional existente y la mejora en la distribución emerge como un punto común en todas las cuencas.

9.2 CUENCA DEL RÍO MENDOZA

El balance hídrico proyectado para la cuenca incluye agua superficial, tratada, recirculada y subterránea, mostrando una disminución progresiva en la oferta de agua superficial (de 1.370 hm³ en 2020 a 1.130 hm³ en 2050) y una cierta estabilidad en las otras fuentes: agua tratada (102 hm³) y subterránea (316 hm³). Esto se da en un contexto de aumento de demanda hídrica proyectada, de 2.152 hm³ en 2020 a 2.364 hm³ en 2050, generando un déficit creciente que pasa de -312 hm³ a -764 hm³ en el mismo período. Este déficit refleja la combinación de menor disponibilidad de agua superficial y una mayor demanda.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Aunque las alternativas propuestas no eliminan completamente el déficit, logran reducirlo de manera significativa.

En la cuenca del Río Mendoza, el abastecimiento poblacional se analiza bajo dos escenarios: uno tendencial, que mantiene las pérdidas actuales del 46% en la red de distribución y proyecta un incremento de la demanda bruta de 312 hm³/año en 2020 a 393,3 hm³/año en 2050, y otro optimizado, que reduce gradualmente las pérdidas al 25% para 2050, logrando que la demanda bruta disminuya a 281 hm³/año, a pesar del crecimiento en la demanda neta. Este escenario optimizado mejora significativamente la eficiencia en la distribución, disminuyendo la presión sobre los recursos hídricos destinados para riego, logrando, en conjunto con la mejora en la eficiencia de riego y distribución, valores estables de cobertura de la demanda hacia 2050.

En lo que respecta al almacenamiento a nivel de cuenca, los resultados indican que el almacenamiento existente es adecuado para cubrir déficits asociados a variaciones estacionales, mientras que los volúmenes de almacenamiento interanual requeridos, aunque potencialmente útil para incrementar la cobertura de la demanda en algún período, son excesivamente elevados y presentan una alta incertidumbre debido a la variabilidad de los derrames que el río presenta.

Para aumentar la seguridad hídrica en la cuenca, es fundamental implementar acciones orientadas a mantener la capacidad actual de almacenamiento, mejorar la eficiencia del uso del agua en el sector agrícola, integrar el aporte subterráneo garantizando niveles sostenibles de explotación, y reducir las pérdidas en la distribución de agua potable. Estas medidas permitirán liberar volúmenes adicionales de agua y contribuir a disminuir el déficit hídrico en la cuenca.

9.3 CUENCA DEL RÍO TUNUYÁN

Las proyecciones de los derrames en la cuenca del Río Tunuyán (superior e inferior) muestran una disminución gradual en la disponibilidad de agua superficial, pasando de 1.590 hm³ en 2020 a 1.510 hm³ en 2050. El volumen sostenible de agua subterránea se mantiene estable (128-132 hm³), pero la demanda hídrica crece significativamente, de 2.521 hm³ en 2020 a 2.730 hm³ en 2050, impulsada principalmente por el crecimiento poblacional y agrícola. Esto genera un déficit creciente a lo largo del tiempo.

A pesar de los beneficios que podría ofrecer contar con un almacenamiento interanual en términos de cobertura de la demanda, su implementación no resulta justificable debido al elevado costo que implicaría incrementar la capacidad desde los 172 hm³, necesarios para

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

un lograr un adecuado almacenamiento estacional, hasta 761 hm³ o incluso 1.900 hm³, necesarios para el abastecimiento interanual. Además, la alta variabilidad de los caudales del río incrementa los requerimientos de almacenamiento interanual y añade una significativa incertidumbre en la gestión del embalse, dificultando alcanzar los niveles teóricos de cobertura estimados.

En las zonas de arroyos, donde no se cuenta con un volumen de almacenamiento que permita una regulación estacional de las entregas, la mejora en la eficiencia y su consiguiente disminución de los requerimientos de riego dotaría al sistema de mayor seguridad hídrica.

La necesidad de aumentar la eficiencia hídrica, particularmente en los sistemas no regulados, y de integrar las áreas irrigadas del Tunuyán Superior es crucial para mejorar la cobertura de las demandas tanto a nivel anual como mensual. Si bien la gestión integrada alrededor del embalse El Carrizal ofrece un modelo funcional, la desconexión existente en el resto de los sistemas evidencia la urgencia de desarrollar estrategias en torno a la inversión en infraestructura y gobernanza.

Entre las acciones prioritarias, destacan la actualización de balances hídricos y modelaciones futuras orientadas a conocer la recarga de acuíferos, y la implementación de modelos de optimización y monitoreo para una distribución más eficiente. Además, una modernización normativa en la asignación y distribución del agua podría fortalecer la gobernanza y la coordinación entre actores, promoviendo una gestión sostenible.

9.4 CUENCA DEL RÍO DIAMANTE

El nivel de abastecimiento de agua superficial disminuye de 940 hm³ en 2020 a 690 hm³ en 2050, mientras que el volumen sostenible de agua subterránea se mantiene en 19 hm³ hasta 2030, descendiendo a 15 hm³ en 2040 y a 14 hm³ en 2050. Simultáneamente, la demanda hídrica proyectada aumenta de 1.276 hm³ en 2020 a 1.411 hm³ en 2050, generando un déficit hídrico creciente que pasa de 50 hm³ en 2020 a 413 hm³ en 2050, debido al incremento en la demanda y la reducción del agua superficial disponible.

La aplicación de las alternativas de inversión en conjunto con el mantenimiento de una capacidad de almacenamiento estacional, garantizan altos niveles de cobertura de la demanda.

En lo que respecta al almacenamiento requerido, para lograr una gestión interanual de las erogaciones se necesitan en torno a 996 hm³ a 2.131 hm³ frente a los 136 a 131 hm³ del almacenamiento estacional requerido. Si bien, contar con una regulación interanual

mejoraría levemente la situación en términos de cobertura de la demanda, no se considera una opción adecuada debido a la mínima mejora en la cobertura en relación con la que se obtienen al aumentar la eficiencia de uso del agua para fines de riego. Además, y debido a la gran variabilidad de los derrames del río, se generaría una elevada incertidumbre en la gestión de un embalse de ese tamaño y podría impedir alcanzar los niveles de cobertura estimados.

9.5 CUENCA DEL RÍO ATUEL

El nivel de abastecimiento de agua superficial muestra una disminución constante, pasando de 820 hm³ en 2020 a 660 hm³ en 2050, mientras que el volumen sostenible de agua subterránea desciende de 51 hm³ a 49 hm³ en el mismo período. Paralelamente, la demanda hídrica proyectada aumenta de 997 hm³ en 2020 a 1.076 hm³ en 2050, lo que agrava el balance hídrico, incrementando el déficit de 126 hm³ a 367 hm³. Este déficit creciente se debe a la combinación de una menor disponibilidad de agua superficial y un aumento sostenido de la demanda.

Para el río Atuel, se identifican alternativas de inversión que logran eliminar o reducir significativamente el déficit proyectado mediante mejoras en la eficiencia de conducción y aplicación.

Respecto a las necesidades de almacenamiento, se requieren entre 689 y 1.341 hm³ para lograr un almacenamiento interanual y 147 hm³ para almacenamiento estacional. La situación es análoga al resto de los ríos, contar con una regulación interanual, lograría aumentar la cobertura, pero no de manera sustancial. Además, la variabilidad de los caudales del río introduce incertidumbre en la gestión del embalse, lo que podría dificultar el cumplimiento de los niveles estimados de cobertura.

En conclusión, la capacidad de almacenamiento actual de la cuenca, de 352 hm³, es suficiente frente a los 143 hm³ necesarios para el almacenamiento estacional. El factor clave para mejorar la cobertura de la demanda radica en incrementar la eficiencia de riego. Las inversiones propuestas permiten revertir la tendencia decreciente en la cobertura de la demanda, optimizando el uso del recurso hídrico y asegurando una mayor cobertura hídrica.

9.6 CUENCA DEL RÍO MALARGÜE

Aunque la cuenca no presenta un déficit hídrico persistente, la falta de infraestructura de almacenamiento limita la capacidad de satisfacer déficits estacionales. Mejorar la eficiencia del sistema de distribución fortalecería su capacidad para satisfacer demandas durante períodos de sequía, aumentando la seguridad hídrica y la resiliencia del sistema. La demanda ambiental de la laguna Llacanelo, que abarca 2.478,15 hectáreas, es un factor clave al analizar los valores de los balances hídricos proyectados.

Con las inversiones proyectadas se disminuye la frecuencia de déficits mensuales disminuye, mientras que la cobertura media global aumenta. Además, la capacidad de almacenamiento estacional requerida se reduce de 10 hm³ en el escenario base a 8 hm³, dotando al sistema de mayor resiliencia frente a variaciones estacionales.

10 APÉNDICE I: ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA BASADO EN DATOS DISPONIBLES

10.1 INTRODUCCIÓN

Los acuíferos de la provincia de Mendoza comprenden varias cuencas, principalmente la cuenca norte de Tunuyán Inferior, la cuenca central de Tunuyán Superior (Valle de Uco) y la cuenca sur de Diamante y Atuel (Figuras 1-1). Cada cuenca se gestiona individualmente, incluido el seguimiento de la calidad del agua subterránea.

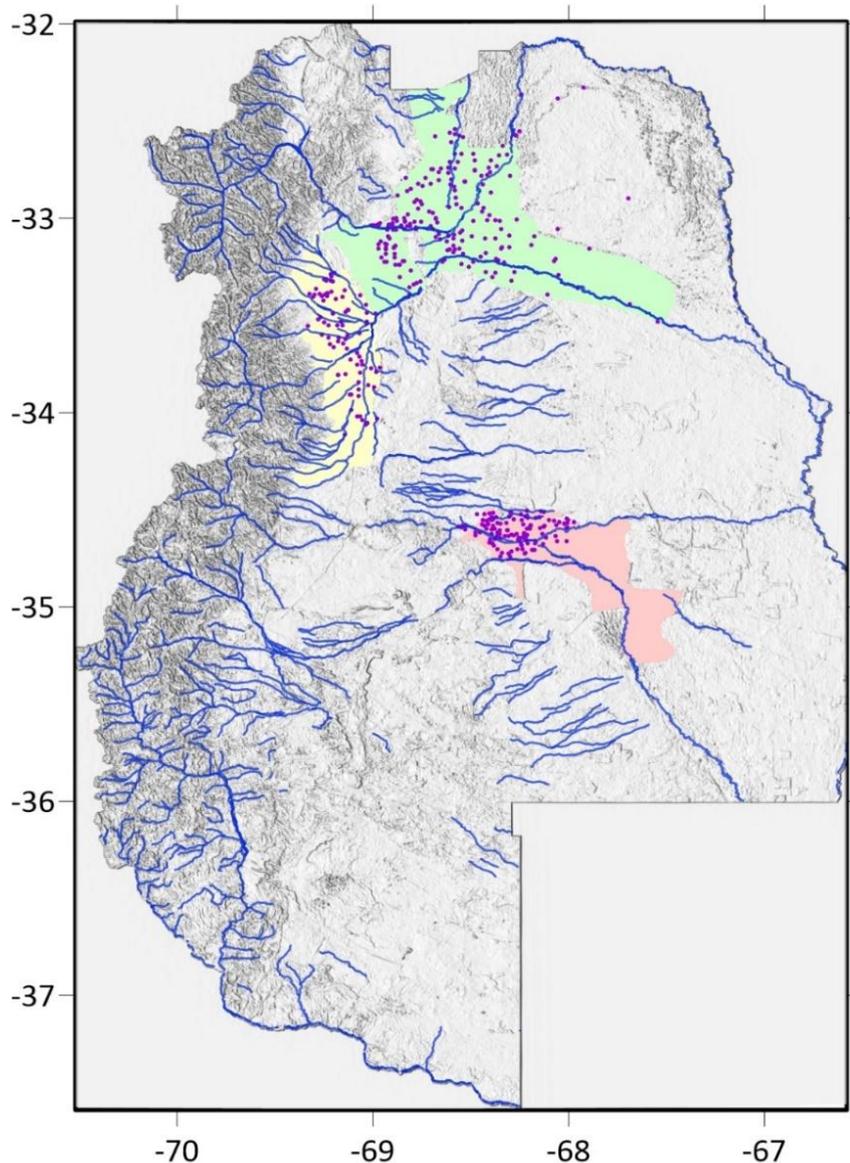


Figura 10.1: Cobertura de pozos de agua subterránea (puntos) en las áreas de recarga de Tunuyán Inferior (verde; incluyendo ambas márgenes del río Mendoza), Tunuyán Superior (amarillo), y Diamante y Atuel (rosa). Los cursos de agua se indican con líneas azules.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Las cuencas se dividen en áreas de recarga para fines operativos (Figura 1.2); sin embargo, la extensión espacial e hidrogeológica supuesta de los acuíferos está más allá de estos límites. No está claro hasta qué punto se extienden los acuíferos en toda el área.

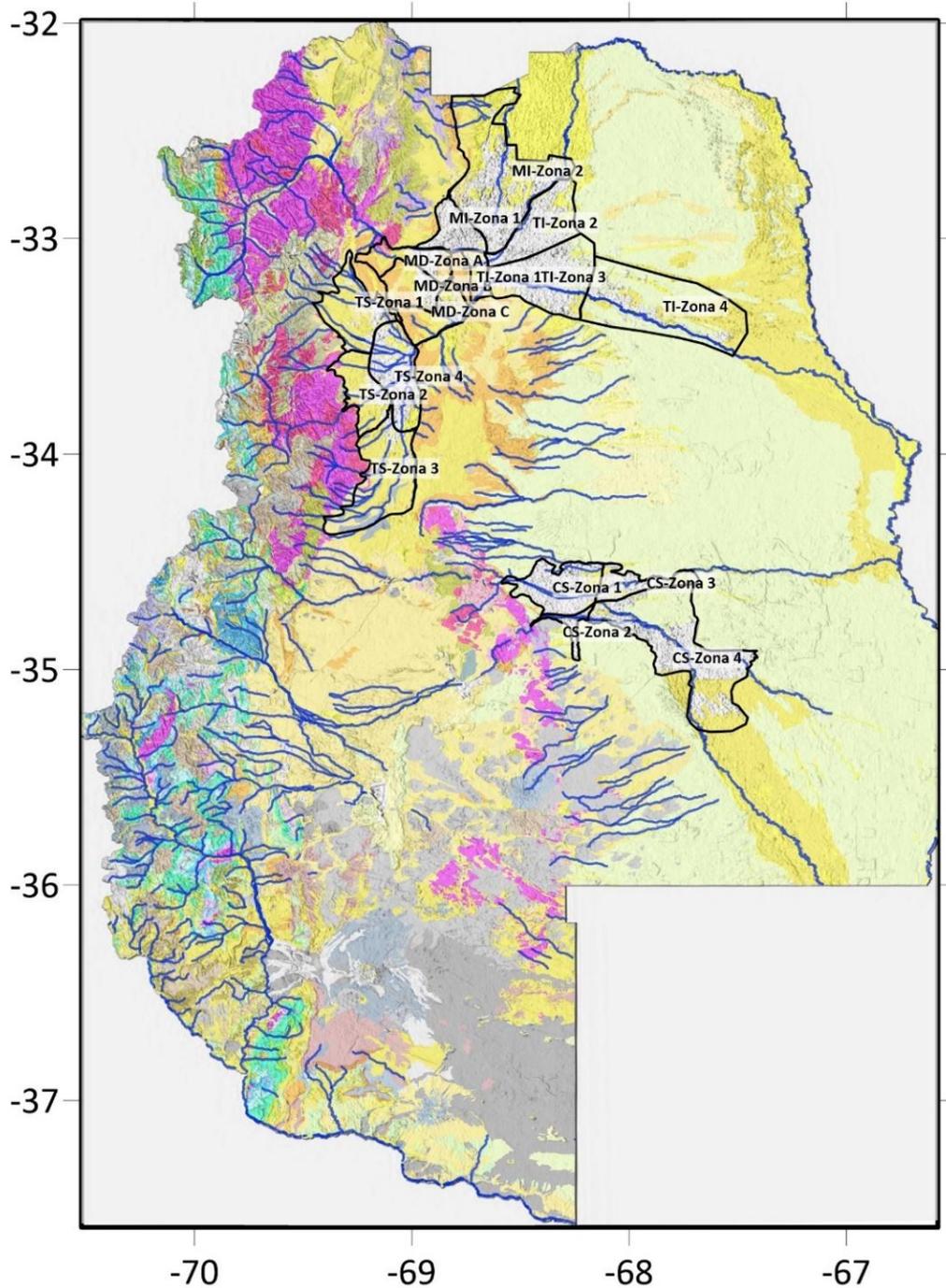


Figura 10.2: Áreas de recarga administradas que componen las principales cuencas de la provincia de Mendoza. Se desconoce la extensión de los acuíferos más allá de las áreas administradas. Los colores de fondo indican unidades geológicas (leyenda en la Figura 1.3).

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

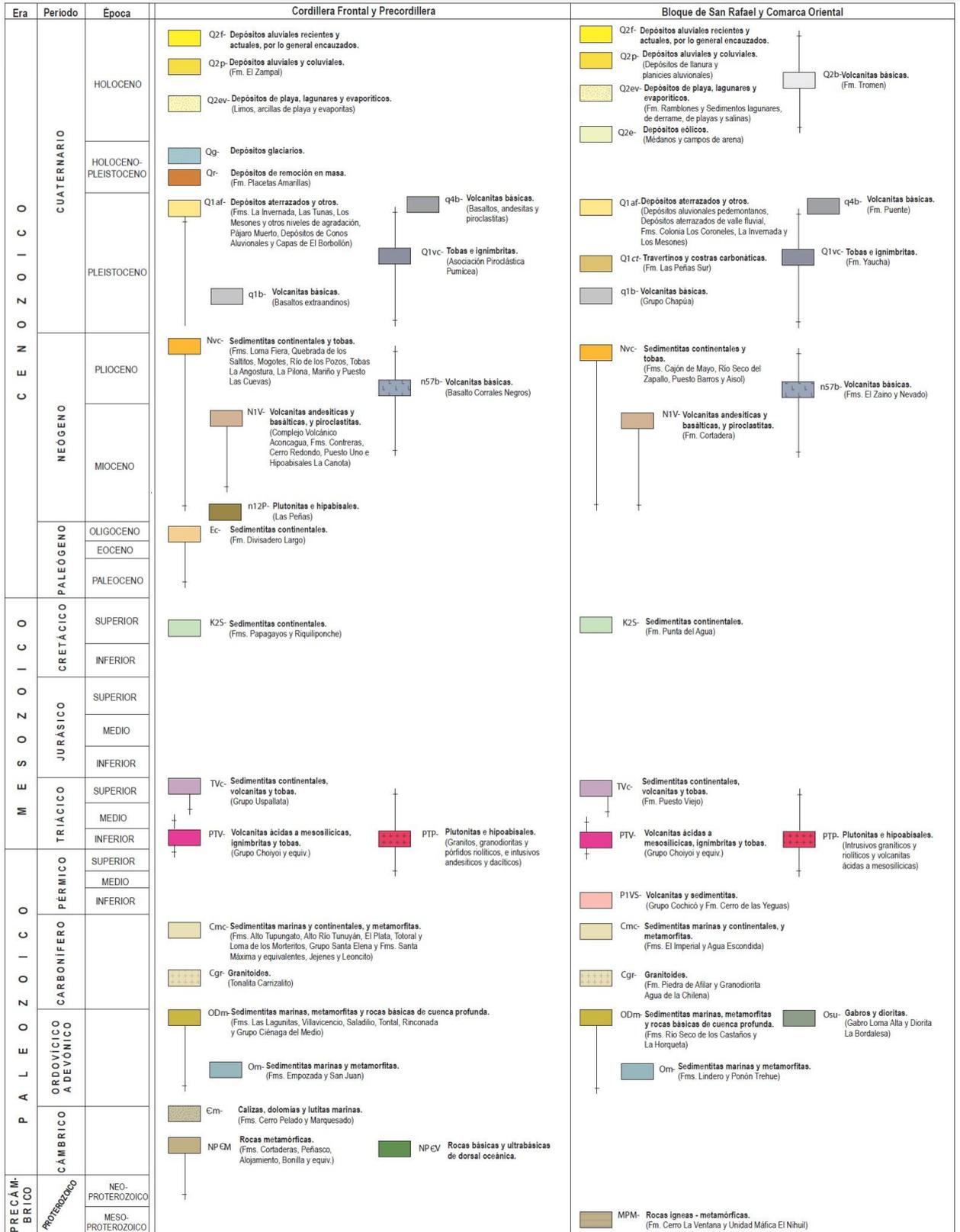


Figura 10.3: Columna estratigráfica de la provincia de Mendoza. Los colores corresponden al mapa geológico de la Figura 1.2.

10.2 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El análisis de la calidad natural del agua subterránea en la Provincia de Mendoza se basa en datos de pozos utilizados únicamente para la agricultura. Los únicos datos disponibles de pozos que suministran agua potable se recopilaron de Lavalle, 2012, por lo que no permiten ningún análisis espacial o temporal. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que cualquier norma que regule la calidad del agua potable es irrelevante para el análisis presentado en el presente informe. En cuanto al uso agrícola del agua, en la Provincia de Mendoza no existen normas que establezcan un estándar de uso según el Departamento General de Irrigación (DGI), sino decisiones individuales que aplica cada agricultor a los pozos que opera. Los datos disponibles sobre la calidad del agua en la cuenca norte se muestrearon en 2005, 2007, 2010 y 2015 (Álvarez, A. y Villalba, J., 2005; Álvarez, A., 2007; 2010; Salvi, N., 2016). Estos datos incluyen salinidad y parámetros hidroquímicos, excepto en 2005, en el que los datos hidroquímicos no se proveyeron o no estaban disponibles.

Una parte sustancial de los datos sobre la calidad del agua no incluye ninguna coordenada, lo que requirió asignarles coordenadas a cada pozo como parte del trabajo actual. Este preprocesamiento esencial se llevó a cabo utilizando los informes originales o fuentes adicionales, como se detalla en la Tabla 1.1. Además, parte de los datos se registraron utilizando pozos del INA, mientras que otros se registraron utilizando pozos del DGI. La identificación de los pozos y la vinculación entre ellos permitió detectar datos de diferentes años adquiridos en un mismo pozo.

Una fuente adicional de datos sobre la calidad del agua en las cuencas norte y sur es el “infogov” del DGI. Esta fuente de datos no pudo utilizarse para el presente trabajo, ya que no incluye el año de muestreo. Sin embargo, sí existe información sobre las pruebas de bombeo realizadas una vez que se construye el pozo. En el caso de que se pueda hacer una referencia cruzada del año y recuperarlo para cada pozo a partir de otros conjuntos de datos disponibles, estos datos iniciales sobre la calidad del agua podrían ser utilizados para estudiar más a fondo los acuíferos. Además del año de muestreo, es necesario recuperar las coordenadas que faltan (similar al preprocesamiento de los conjuntos de datos de 2005, 2007, 2010 y 2015 utilizados aquí) y resolver inconsistencias de unidades y valores improbables. Estos procedimientos son imprescindibles para recopilar un conjunto de datos confiable basado en la calidad inicial del agua muestreada durante las

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

primeras pruebas de bombeo de los pozos, que potencialmente constan de más de 3.000 pozos en las cuencas norte y sur.

.....
Tabla 10.1: Conjuntos de coordenadas recuperados indicando el número de pozos que fue existos a la vinculación en la cuenca norte. La atribución de coordenadas fue fundamental para identificar los pozos, conocer su ubicación y analizar qué pozos se repitieron en los muestreos realizados en diferentes años.

Año	Número de pozos identificados: coordenadas recuperadas utilizando los informes originales (Alvarez, A. and Villalba, J., 2005; Alvarez, A., 2007; 2010; Salvi, N., 2016)	Número de pozos identificados: coordenadas recuperadas utilizando fuentes adicionales (the DGI web database, the DGI website, and various files)	Número de pozos no identificados: coordenadas que no se pudieron recuperar en absoluto
Datos hidroquímicos			
2005	No data	No data	No data
2007	0	96	0
2010	38	15	2
2015	7	27	4
Datos de salinidad			
2005	295	10	58
2007	104	29	2
2010	611	0	0
2015	338	0	0

Cabe destacar que la información más reciente disponible para el informe actual en la cuenca norte es del año 2015. Por lo tanto, en el transcurso de este trabajo no se pudo establecer ninguna conclusión sobre el estado actual de la calidad del agua subterránea al año 2024.

En toda la cuenca norte, los niveles de cloruro y sulfato del acuífero (Figuras 1.4 a 1.9) se limitan casi exclusivamente a su parte confinada/semiconfinada, con pocos o ningún dato en su parte freática. Los datos en la parte confinada/semiconfinada están disponibles principalmente en las áreas de recarga administradas de TI-Zona 2, TI-Restrictc Zona Este y TI-Zona 3 (Figura 1.2).

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

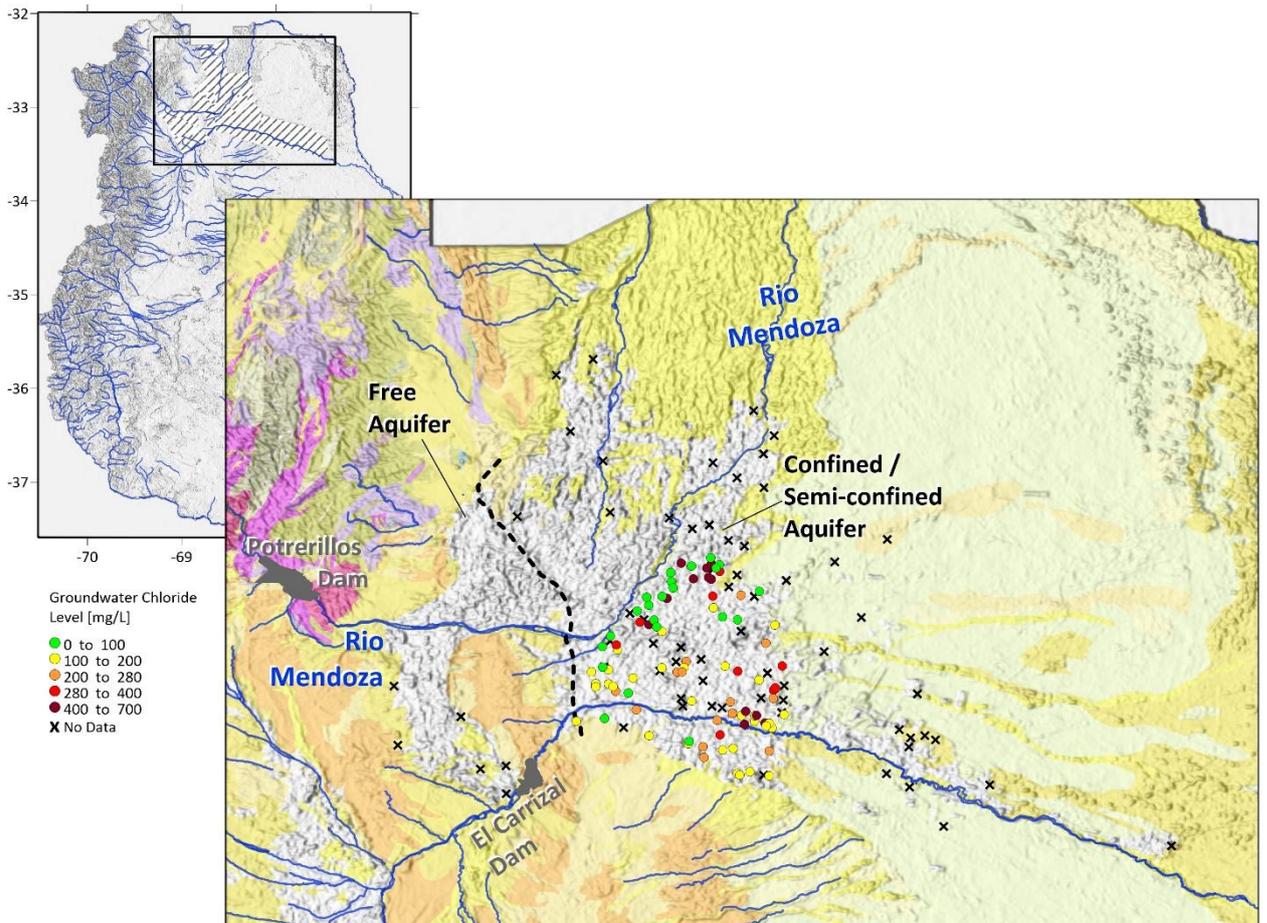


Figura 10.4: Niveles de cloruro de agua subterránea muestreados en la cuenca norte en 2007. Entre una cantidad considerable de pozos (signos x), no se tomaron muestras de datos en 2007 o la incompatibilidad de los códigos/nombres de los pozos dificulta cualquier integración de los datos muestreados después de 2007.

En la mayoría de los pozos muestreados en 2010 y 2015, los niveles de cloruro son inferiores a 200 mg/L (Figuras 1.5, 1.6); sin embargo, estos datos están disponibles en apenas el 0,5 al 0,7% de ~8000 pozos en total en la cuenca norte (según estimación de Hernández y Martinis, 2006). Un número considerable de pozos no muestreados ni en 2010 ni en 2015 sí lo fueron en 2007, lo que dio como resultado aproximadamente 1,2% de los pozos de la cuenca. Los muestreos de 2007 revelan un rango diferente de niveles de cloruro de hasta 700 mg/l (Figura 1.4), aunque es imposible comparar los resultados con los de 2010 o 2015, ya que solo se repitieron dos pozos desde 2007. Para lograr comprender la estabilidad/inestabilidad o las tendencias del nivel de cloruro a lo largo de los años, y cómo se corresponden con las propiedades hidrológicas del acuífero, es esencial repetir los muestreos en los mismos pozos. También se recomienda aumentar la

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

frecuencia del muestreo a una vez cada dos años, al menos, y tomar muestras de los pozos ubicados en todas las áreas de recarga administradas y en todas las partes del acuífero.

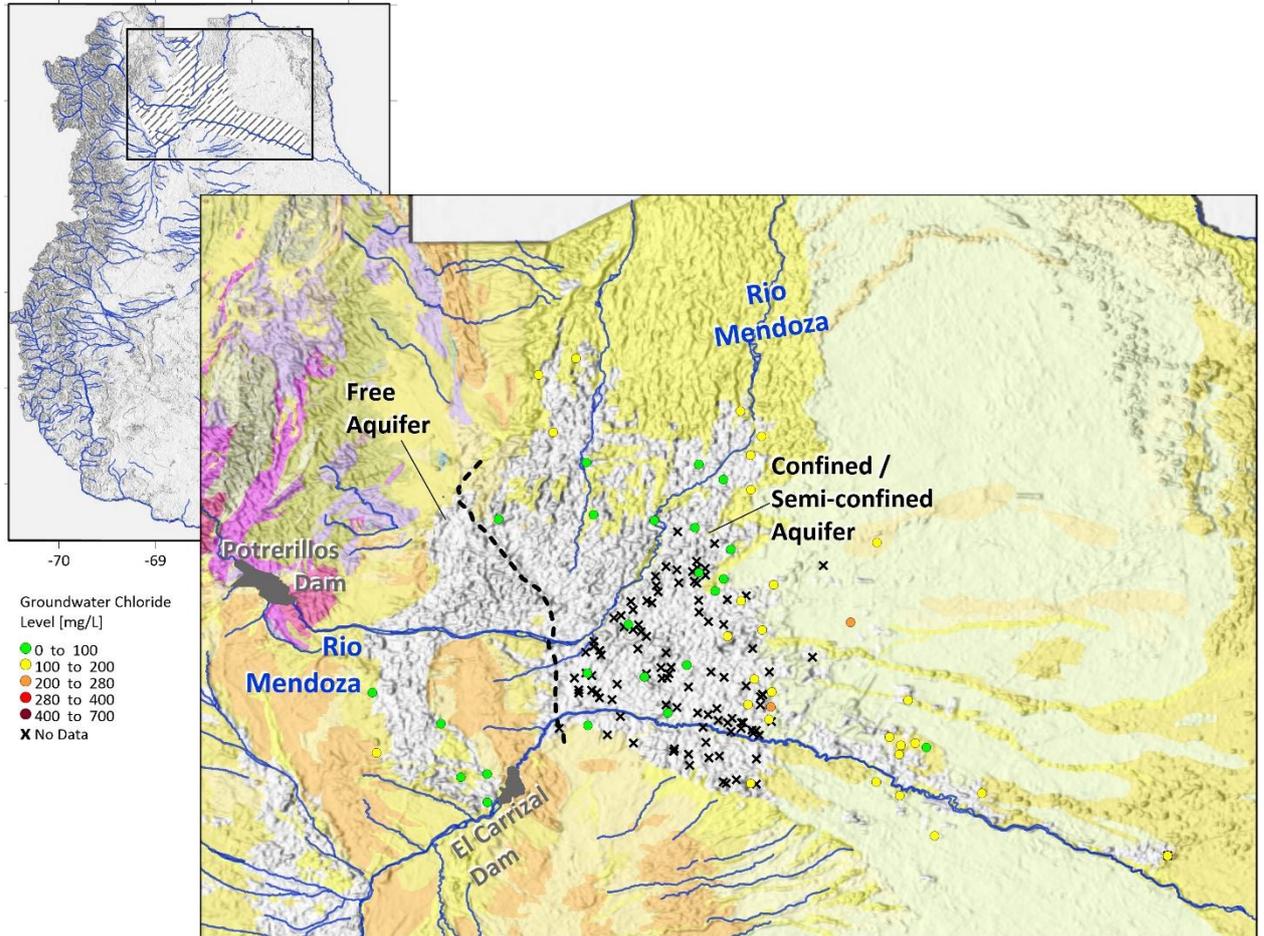


Figura 10.5: Niveles de cloruro de agua subterránea muestreados en la cuenca norte en 2010. Entre una cantidad considerable de pozos (signos x), no se tomaron muestras de datos en 2010 o la incompatibilidad de los códigos/nombres de los pozos dificulta cualquier integración de los datos muestreados antes y después de 2010.

Los niveles de cloruro tienden a aumentar hacia el este-sureste (Figuras 1.4 a 1.6), sin embargo, este patrón espacial está reservado solo para los datos disponibles y puede resultar diferente si se aumentan los muestreos en diferentes ubicaciones. Sin embargo, es posible que el agua subterránea se vuelva más salina cuanto más lejos del área de recarga se obtiene en el oeste. A medida que el agua subterránea fluye hacia el este, alejándose de las presas, hay menos recarga superficial disponible de los cursos de agua. La parte oriental confinada/semiconfinada del acuífero no está, por definición, tan expuesta a la recarga como su parte freática occidental, ya que las capas de arcilla/limo

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

probablemente aumenten su espesor hacia el este. La recarga natural apenas alcanza gran parte de la superficie, como suele ocurrir en las regiones áridas y semiáridas. De este modo, las capas superiores se salvan de la erosión y permanecen salinas.

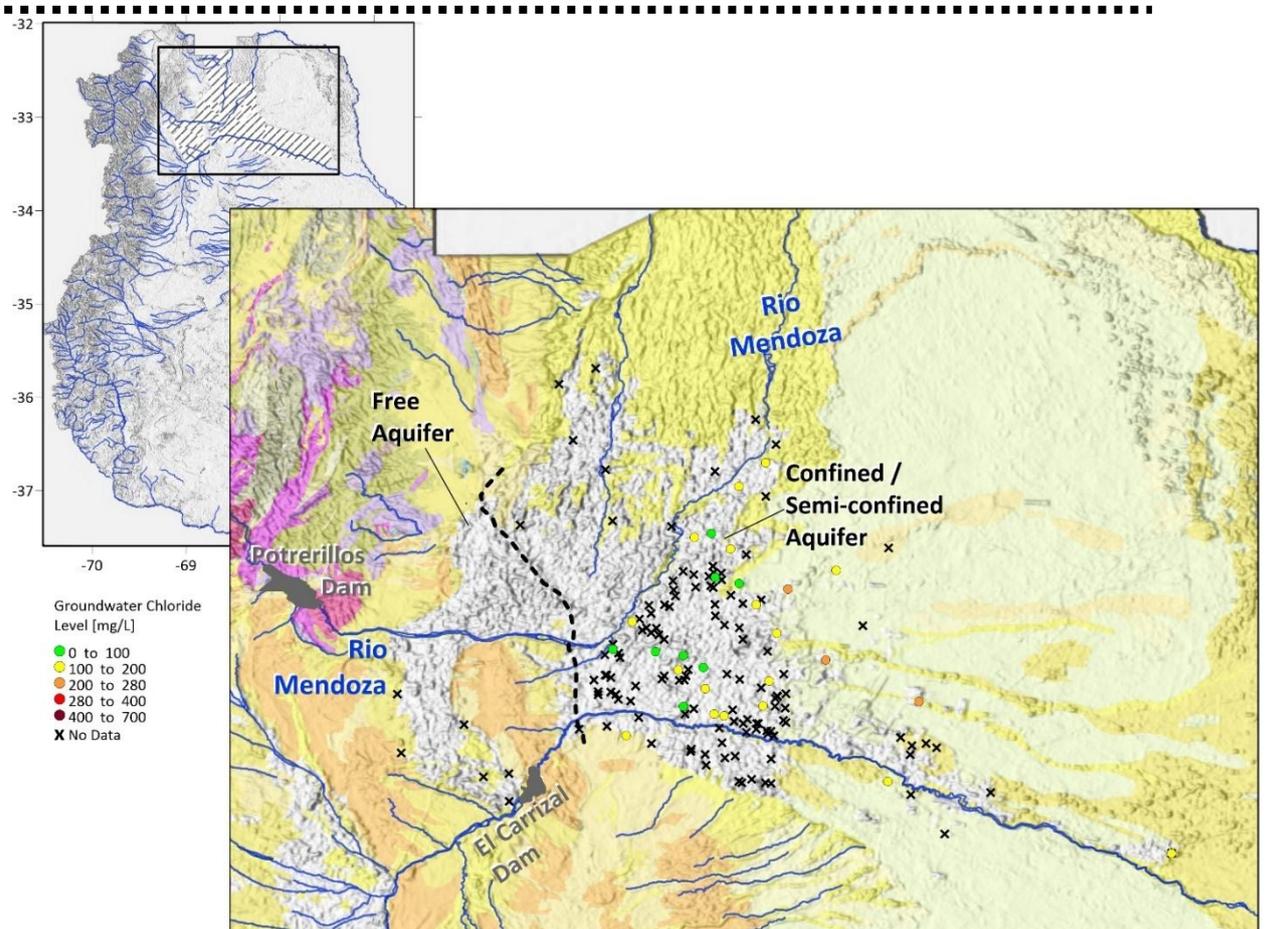


Figura 10.6: Los niveles de cloruro de agua subterránea se muestrean en la cuenca del norte en 2015. Entre una cantidad considerable de pozos (letreros x), no se muestrearon datos en 2015, o la incompatibilidad de códigos/nombres de pozos obstaculiza cualquier integración de datos muestreada antes de 2015.

Las directrices de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) recomiendan que el agua utilizada para la agricultura contenga hasta 10 miliequivalentes/litro de iones como cloruro, sodio, boro, etc. (Drechsel et al., 2023). Si el cloruro hubiera sido el único ion en el agua, esta restricción habría sido equivalente a aprox. 355 mg/l considerando la masa molar de cloruro. Sin embargo, dados los otros iones que componen el agua, la restricción de los niveles de cloruro en realidad depende de los niveles de todos los iones, lo que da como resultado menos de 355 mg/l de cloruro. Comúnmente se acepta considerar un límite máximo de 280 mg/l de cloruro para uso

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

agrícola. Esta limitación se superó en 23 pozos muestreados en la cuenca norte en 2007 (Figura 1.4), por lo que se recomienda particularmente para el monitoreo. El agua con niveles superiores a 280 mg/l de cloruro utilizada para la agricultura puede dañar la vegetación y el acuífero, especialmente considerando que las zonas agrícolas cubren áreas de recarga del acuífero. Los pozos conocidos que superan los 280 mg/l de cloruro se distribuyen en la parte confinada/semiconfinada del acuífero en la cuenca norte, pero todavía se utilizan activamente para la extracción de agua subterránea. Además, hay pocos o ningún dato sobre la parte freática del acuífero, que comprende una importante zona de recarga en la que el agua utilizada para la agricultura afecta en gran medida a la calidad del agua subterránea. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente evitar el uso de agua que contenga más de 280 mg/l de cloruro.

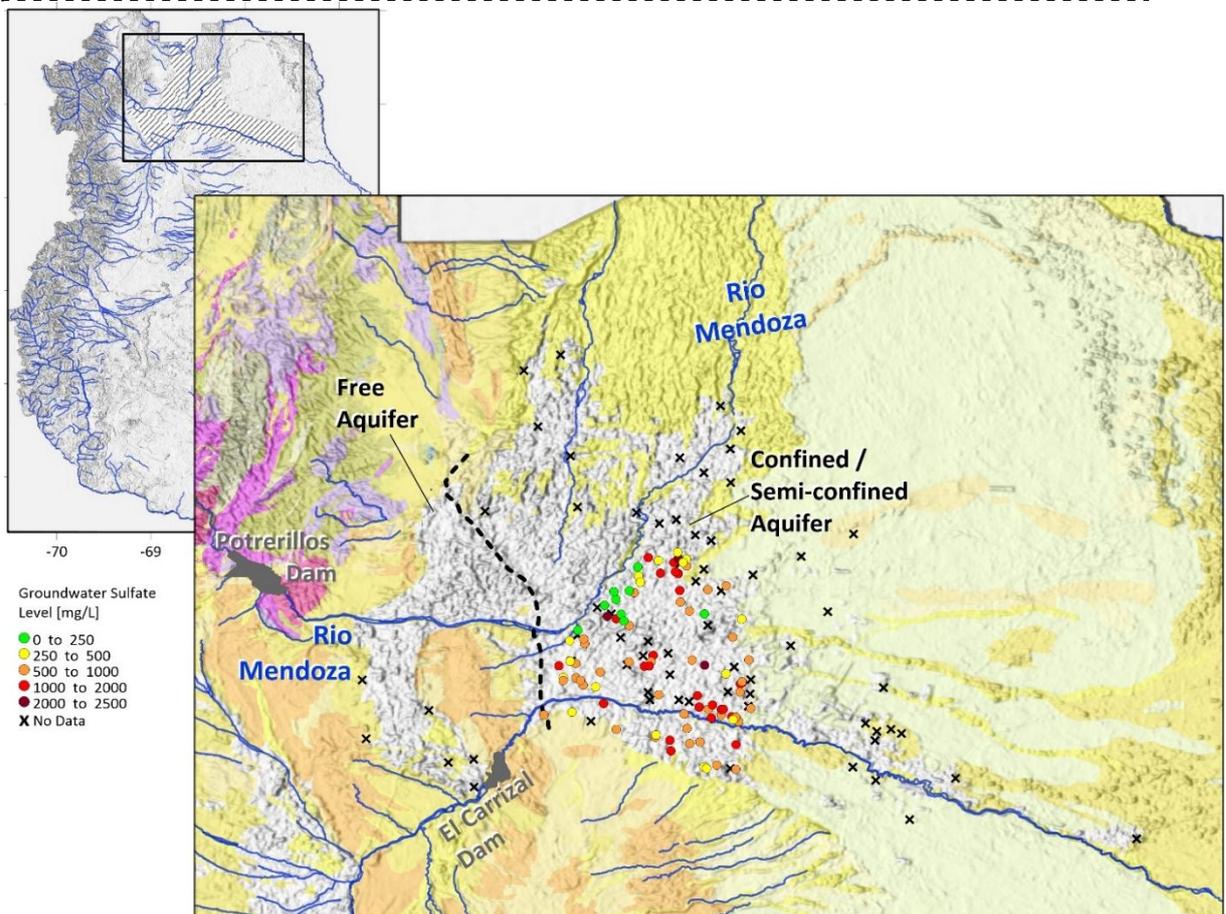


Figura 10.7: Niveles de sulfato de aguas subterráneas muestreados en la cuenca norte en 2007. Entre una cantidad considerable de pozos (signos x), no se tomaron muestras de datos en 2007 o la incompatibilidad de los códigos/nombres de los pozos dificulta cualquier integración de los datos muestreados después de 2007.

Al igual que los datos disponibles sobre los niveles de cloruro, los niveles de sulfato muestreados en 2007 (Figura 1.7) representan ~1.2% de los pozos en la cuenca norte,

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

mientras que los niveles de sulfato de 2010 y 2015 (Figuras 1.8, 1.9) representan apenas del 0,5 al 0,7% de los pozos de la cuenca. Existen 98 pozos que demuestran niveles altos de sulfato por encima de 500 mg/l. En 30 pozos muestreados en 2007, los niveles de sulfato alcanzan incluso más de 1000 mg/l, hasta 2.500 mg/l. Comparar los resultados de 2007 con los de 2010 o 2015 es imposible ya que solo se repitieron dos pozos. Para lograr comprender la estabilidad/inestabilidad o las tendencias del nivel de sulfato a lo largo de los años, es esencial repetir los muestreos consistentemente en los mismos pozos. También se recomienda aumentar la frecuencia del muestreo a una vez cada dos años, al menos, y tomar muestras de los pozos ubicados en todas las áreas de recarga administradas y en todas las partes del acuífero.

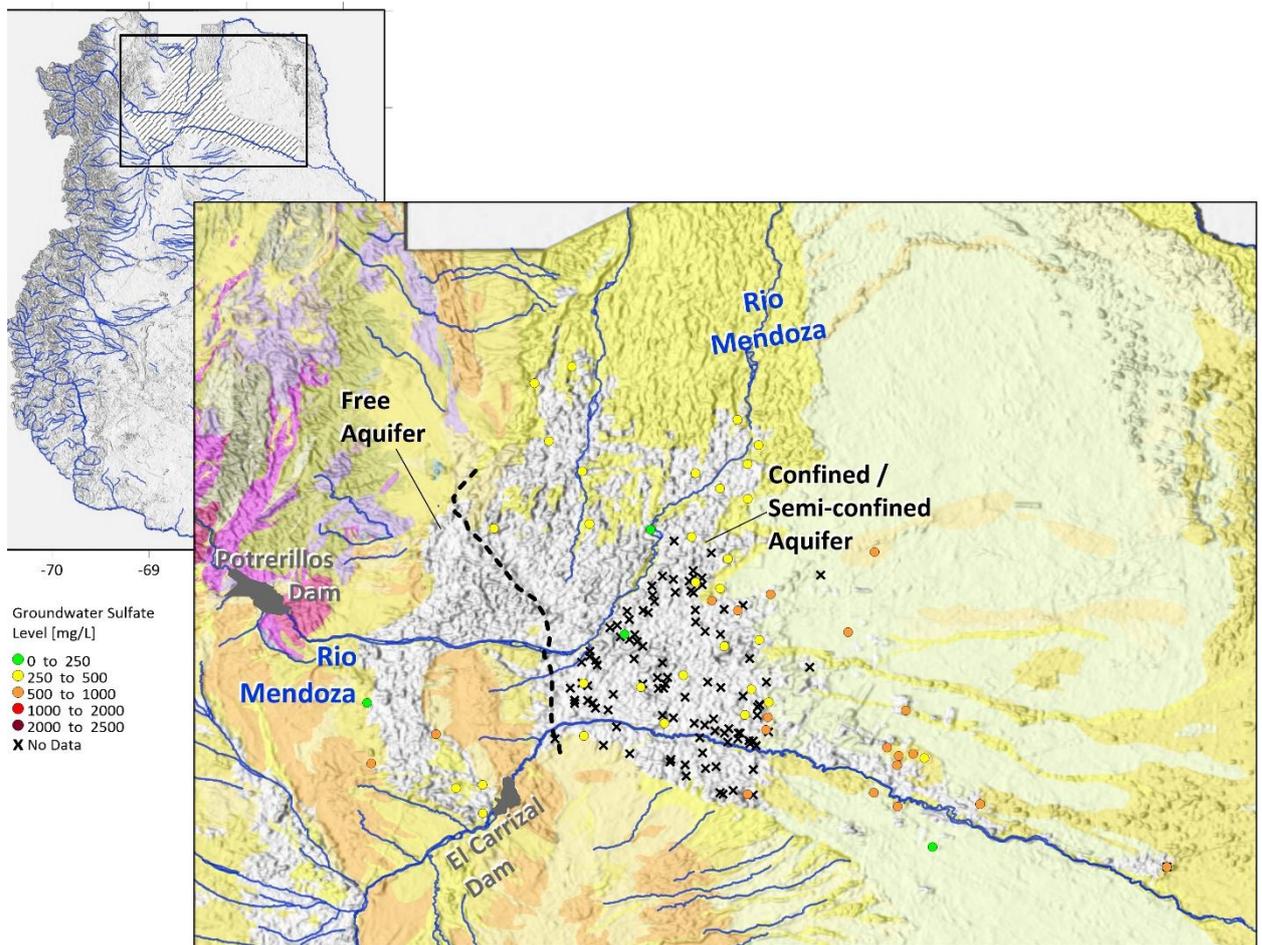


Figura 10.8: Niveles de sulfato de aguas subterráneas muestreados en la cuenca norte en 2010. Entre una cantidad considerable de pozos (signos x), no se tomaron muestras de datos en 2010 o la incompatibilidad de los códigos/nombres de los pozos dificulta cualquier integración de los datos muestreados antes y después de 2010.

Las directrices de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) recomiendan utilizar agua con niveles de sulfato de hasta 500 mg/l.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

Se aplican algunas pautas adicionales para usos agrícolas específicos, como la ganadería; sin embargo, la restricción es compleja de seguir ya que depende de la ingesta total de sulfato, incluso a través de la alimentación (Drechsel et al., 2023). La restricción de agua utilizada para las aves de corral es de un máximo de 50 mg/l de sulfato únicamente, aunque también depende de los niveles de cloruro y magnesio. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente seguir la restricción general de la FAO de 500 mg/l de sulfato o incluso mucho menos, evitar el uso de pozos que suministren agua que superen este nivel y controlarlos de cerca.

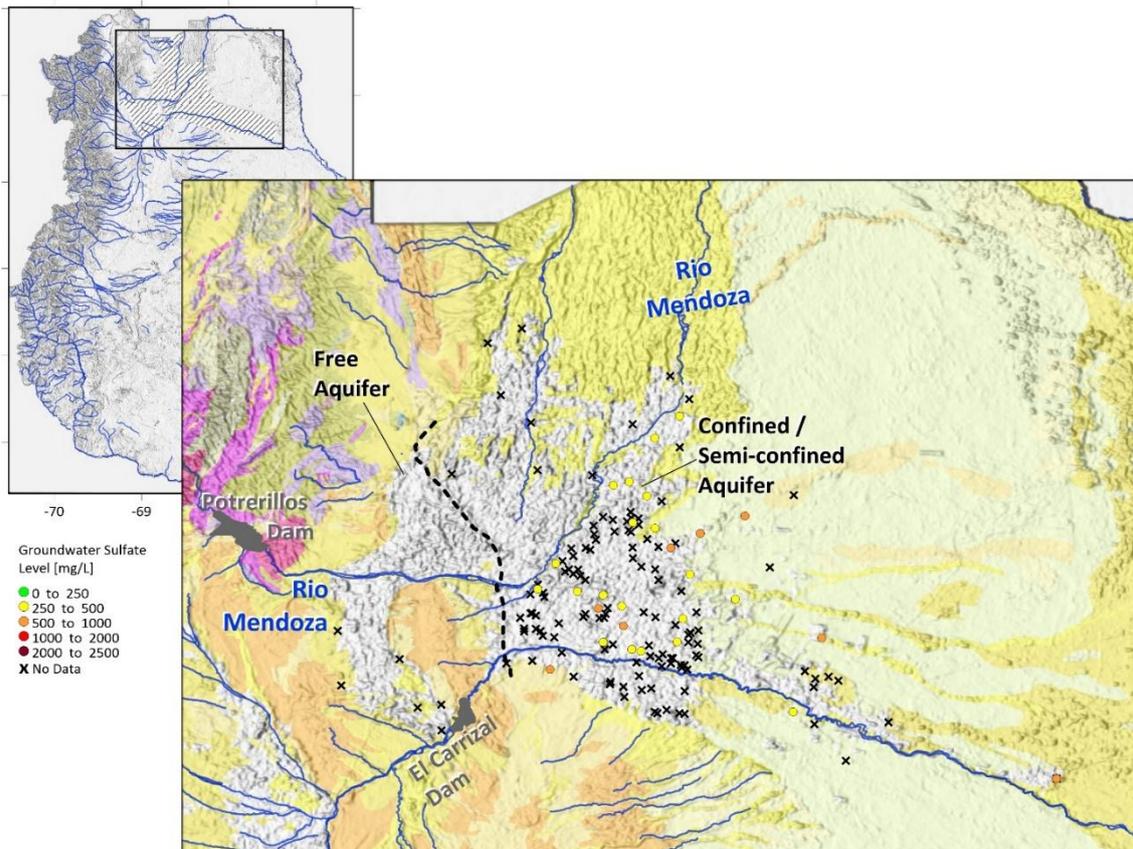


Figura 10.9: Niveles de sulfato de aguas subterráneas muestreados en la cuenca norte en 2015. Entre una cantidad considerable de pozos (signos x), no se tomaron muestras de datos en 2015 o la incompatibilidad de los códigos/nombres de los pozos dificulta cualquier integración de los datos muestreados antes de 2015.

10.3 CONCLUSIONES

Para gestionar el agua subterránea de manera más sostenible y confiable en términos de almacenamiento, equilibrio y calidad del agua del acuífero, se recomienda encarecidamente:

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

- Recopilar datos sobre la calidad del agua de pozos utilizados para consumo doméstico, como agua potable.
- Repetir los muestreos perennes de calidad del agua subterránea en los mismos pozos y aumentar la frecuencia a bienal (o preferiblemente anual).
- Ampliar los muestreos de calidad del agua subterránea a la parte freática del acuífero y a todas las áreas de recarga administradas. La distribución espacial recomendada para el muestreo no debe exceder los 15 km² en la cuenca norte, lo que corresponde a aprox. 20% de los pozos.
- En caso de que se disponga de datos sobre la calidad del agua subterránea de la parte freática del acuífero, es importante investigar qué partes de los pozos están perforadas. Para pozos perforados tanto en la sección superior libre como en la sección confinada/semiconfinada más profunda, se recomienda tener en cuenta que la calidad del agua subterránea muestreada puede reflejar una mezcla de ambos cuerpos de agua, e incluso una posible interacción hidráulica provocada por el hombre entre acuíferos (posiblemente indeseable).
- Monitoree periódicamente todos los pozos en los que se tomen muestras con más de 280 mg/l de cloruro o 500 mg/l de sulfato y evite usar agua que exceda cualquiera de estos niveles.
- Utilice cada muestra para un análisis geoquímico completo, incluyendo NO³, hierro, arsénico, manganeso, etc.
- Formar un registro completo de datos sobre la calidad del agua subterránea, integrado de diferentes fuentes (como el DGI y el INA) y gestionado utilizando un índice de identificación común. Cada muestra debe incluir el parámetro adquirido, su nivel medido, unidades, un conjunto de coordenadas y su fecha de muestreo.
- Estimar la recarga superficial natural procedente de las precipitaciones (incluida la recarga antropogénica recurrente procedente del riego, canales y presas) en toda la cuenca hidrológica, más allá de la extensión de su parte administrada, para comprender cuánto aporte se añade anualmente al almacenamiento de agua subterránea.
- Explorar posibles entradas de agua subterránea desde el subsuelo, como un sistema acuífero profundo que recargue el acuífero superior.
- Mejorar o actualizar el modelo WEAP del flujo natural de manantiales en toda la cuenca hidrológica, más allá de la extensión de su parte administrada, y reevaluarlo

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

excluyendo cualquier característica de agua no subterránea, como las capturas de drenaje del exceso de escorrentía u otros flujos superficiales.

- Incrementar la coherencia y continuidad del registro de datos del nivel freático. Esto se puede lograr, por ejemplo, repitiendo las mediciones en períodos cortos de tiempo para su validación, asegurando que las mediciones anuales se realicen en los mismos pozos o manteniendo un registro de la distancia desde cada medición hasta el pozo más cercano activo durante la medición. Un conjunto completo de datos confiables sobre el nivel del agua subterránea permitirá calcular las variaciones reales del almacenamiento de los acuíferos, establecer un nivel mínimo de agua subterránea para cada cuenca y gestionar los acuíferos sostenibles.
- Adquirir un mayor conocimiento del rendimiento específico en los distintos acuíferos, para reducir sus incertidumbres. Esto puede requerir la realización de pruebas de bombeo exhaustivas.
- Recopilar datos hidrogeológicos y de calidad del agua de la parte profunda del acuífero, actualmente no utilizada. Estos datos pueden utilizarse para arrojar luz sobre las propiedades de la parte profunda, su posible distribución espacial regular/irregular, si es adecuada para la producción de agua subterránea y cuál es el volumen potencial de almacenamiento de agua subterránea de alta calidad.

10.4 REFERENCIAS

Alvarez, A. and Villalba, J. (2005) Control de la Salinidad del Agua Subterránea en la Zona Norte, Año 2005, Provincia de Mendoza (*Control of Groundwater Salinity in the Northern Zone, Year 2005, Province of Mendoza*). Technical Report No. IT-75, INA-CRA.

Alvarez, A. (2007) Control de la Salinidad del Agua Subterránea en la Zona Norte, Año 2007, Provincia de Mendoza (*Control of Groundwater Salinity in the Northern Area, Year 2007, Province of Mendoza*). Technical Report No. IT-104, INA-CRA.

Alvarez, A. (2010) Evaluación del Estado Hidroquímico y Control de la Salinidad del Agua Subterránea en la Zona Norte Año 2008–2010 - Provincia de Mendoza (*Evaluation of the Hydro-Chemical State and Control of Groundwater Salinity in the Northern Zone, Year 2010, Province of Mendoza*). Technical Report No. IT-131, INA-CRA.

Hernández, J. and Martinis, N. (2006) Particularidades de las Cuencas Hidrogeológicas Explotadas con Fines de Riego en la Provincia de Mendoza. III Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego. Mendoza, Argentina.

Informe 6 - Evaluación de las alternativas de inversión

DGI-Mekorot-CFI (2023) Plan Maestro para el Sector Hídrico de la Provincia de Mendoza, Informe 2.1 - Proyecciones de la Oferta, Chapter 4: Actualizaciones Sobre el Agua Disponible. Mendoza, Argentina.

DGI-Mekorot-CFI (2024) Plan Maestro para el Sector Hídrico de la Provincia de Mendoza, Informe 5.1 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras, Chapter 7: Relación Entre la Eficiencia de la Aplicación y el Volumen de Extracción de Agua Subterránea. Mendoza, Argentina.

Drechsel, P., Marjani Zadeh, S. and Pedrero, F. (eds) (2023) Water quality in agriculture: Risks and risk mitigation. Rome, FAO & IWMI.

Salvi, N. (2016) Evaluación de la Salinidad y del Estado Hidroquímico del Agua Subterránea de la Cuenca Norte Subzona Este – Año 2015/2016 (*Evaluation of the Salinity and Hydro-Chemical State of the Groundwater of the Northern Basin East Sub-Zone, Year 2015/2016, Province of Mendoza*). Technical Report No. IT-176, INA-CRA.