

Avances del proyecto de investigación: propuestas para revisión del Fondo Potrerillos y posibles extensiones

Dr. Sebastián Riera, Dr. Mauricio Pinto, Dra. Flavia Filippini

Resumen

Las dificultades de manejo del recurso hídrico se acentúan en situaciones de escasez y requieren un análisis profundo de las circunstancias que permita avanzar hacia un sistema resiliente a estos fenómenos cada vez más frecuentes. Considerando las características del sistema de riego de la provincia de Mendoza y la relevancia del Departamento General de Irrigación (DGI), el presente trabajo se orienta en los ámbitos económicos y jurídicos para revisar la metodología del *Fondo Potrerillos* y sus posibles extensiones. El análisis económico permite el diseño de herramientas eficientes para mejorar la gobernanza del agua en contexto de conflicto de intereses y altos costos de transacción (Gómez et al. 2018; MAGyP 2011). Los instrumentos económicos no siempre se adaptan al manejo de activos tan complejos como el agua para riego; al ser originalmente diseñados para otro tipo de activos y enfocados en conceptos de bienestar con preferencias claramente definidas (Gruère and Le Boëdec 2019).

Históricamente los elementos de política económica no han sido aplicados extensivamente en el manejo del recurso hídrico (Gruère, Ashley, and Cadilhon 2018). Lago and Mysiak (2015) afirma que las principales razones son incertidumbre, altos costos de transacción, reformas legislativas y una correcta estimación del impacto de las medidas. Sin embargo, es deseable considerar *herramientas integrales* desde el punto de vista económico y jurídico que apunten a solucionar el desafío de dotación de agua con demandas crecientes en períodos de escasez en climas áridos y semi-áridos (Pittock 2016). Entre los objetivos del presente proyecto, se destaca la estimación del costo de ahorro de agua por la inversión en infraestructura de riego, validado considerando las demandas específicas del recurso hídrico por zona de análisis. De esta forma, se logra una estimación del rango de valores aceptables de acuerdo a las características productivas, usos del suelo y sistemas de riego asociados.

Aspectos económicos

Desde la perspectiva económica se propone identificar los efectos y mejorar la estimación de los resultados productivos y de gobernanza del agua. Idealmente, desde la perspectiva económica, la valorización del recurso debería reflejar los costos financieros de la infraestructura de riego, los costos ambientales por afectar los ecosistemas y los sociales ante una eventual pérdida de bienestar (Mysiak and Gómez 2015). En particular y con el apoyo del DGI, se pretende desmembrar las inversiones en revestimiento de canales e hijuelas estimando el cambio en el volumen de agua transportado de forma tal que sea posible aproximarse al costo real de aumentar la oferta de agua.

En esta etapa del estudio se procesó la información recibida por el departamento de construcción perteneciente a la Dirección de Ingeniería del DGI sobre las inversiones realizadas en las distintas subdelegaciones de la Provincia. Si bien el financiamiento de las obras de infraestructura proviene de distintas fuentes, las unidades ejecutoras optimizan sus recursos y/o existe una licitación lo que representa una competencia de precios por ejecutar las

obras. Este tipo de enfoque genera información adicional para la toma de decisiones debido a la proximidad de las inversiones al costo marginal real.

1. Los efectos de las inversiones sobre la productividad de los cultivos actuales y futuros.
2. Estimación de productividad marginal del agua
3. Aproximación al costo de oportunidad (económico)
4. Efectos de la tecnificación en riego en valores económicos

Modelo económico integral

Este marco teórico aplicado toma en cuenta los cambios en la disponibilidad de agua para riego e interactúa con las necesidades reales para riego. La correcta estimación, aplicación e interpretación del mismo da lugar al sustento económico-productivo del costo real de aumentar el agua disponible para riego. Los incrementos reales de disponibilidad de agua para riego requiere una inversión en infraestructura cuya valoración se detalla a continuación.

Estimación de la oferta hídrica adicional

Considerando el promedio de años de escasez, se inicia la traza de la curva de oferta de agua \mathbb{A}_i^O específica para una región de análisis (i). El análisis de las inversiones recientes y la estimación de las inversiones necesarias se ordenan en la curva de oferta de acuerdo a la priorización de obras de infraestructura y el volumen adicional de agua para riego ahorrado.

$$\mathbb{A}_i^O = g(\bar{\mathbb{A}}^O, N_i, I_i, m_i^3, OF_i) \quad (1)$$

donde $\bar{\mathbb{A}}^O$ es el promedio de agua entregada por el sistema durante los años de escasez, N_i es el volumen de nieve, I_i representa las inversiones realizadas en infraestructura con el fin de aumentar la oferta hídrica, m_i^3 son los metros cúbicos *adicionales* o *ahorrados* por la ejecución de las obras, OF_i representan otros factores relevantes pero no contemplados hasta el momento. La inversión en infraestructura y beneficio de la ejecución se interpreta como extensión de la oferta de agua para riego con pendiente positiva en relación al costo asociado.

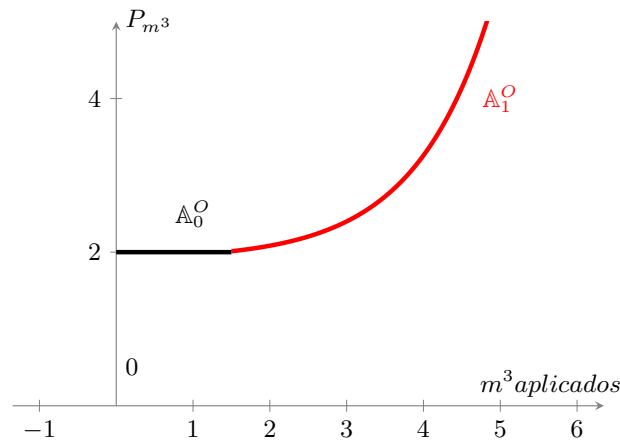


Figure 1: Representación de la oferta de agua \mathbb{A}_i^O

El cálculo de inversión por metro cúbico adicional (m^3) se realiza contemplando las estimaciones de necesidades

de infraestructura y diseño de obras futuras, cómo así también realizadas en un período de 5 años. Obteniendo un cálculo referencial de costo en dólares por metro cúbico (USD/m^3).

Metodología

Considerando las inversiones en infraestructura de riego estrictamente en revestimiento e impermeabilización de canales de los años 2017-2019, se preparó una base de datos que incluye los montos de inversión mencionados y datos actualizados del *Balance Hídrico* sobre manejo del recurso y eficiencia en el manejo del recurso (DGI 2016). Respecto a las eficiencias de riego, Bos and Nugteren (1990) aclara que la eficiencia de conducción (EfC), es la eficiencia de las redes de canales y conductos desde la desviación del río, el embalse o estación de bombeo hasta las tomas del sistema de distribución.

Table 1: Metros revestidos por cuenca

	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Atuel	3182	3807	2390	9780	7227	26386
Diamante	3530	6328	1860	2110	2968	16796
Malargüe	1000	695	728	1600	1515	5538
Mendoza	3809	1910	3468	2100	13403	24690
Tun. Inferior	6098	9422	8113	4239	6156	34028
Tun. Superior	4040	4000	2728	3492	6128	20388
Total	21659	26162	19287	23321	37397	-

Fuente: Elab. propia en base a DGI (2021)

La eficiencia de distribución (EfD) es la eficiencia de los canales y conductos de distribución de agua que suministran agua desde la red de transporte a campos individuales. Por último, la eficiencia de aplicación (EfA) es la relación entre la dotación de agua en la entrada a la finca campo y la cantidad de agua necesaria y disponible para la evapotranspiración del cultivo, con el fin de evitar el estrés hídrico del cultivo en todo el ciclo de crecimiento (Bos and Nugteren 1990; Morábito 2005). El caudal medio ($m^3/año$) según el balance hídrico se ve mejorado por menores pérdidas en la distribución del agua como consecuencia de la ejecución de obras. Es posible interpretar esta disminución de las pérdidas por infiltración como una mejora en la conducción que posibilita el *ahorro de agua* a estimar considerando los metros de canal revestido, los porcentajes de pérdida por unidad de manejo y la valoración de la eficiencia en la conducción. La información de pérdida por infiltración puede ser calculada en base a mediciones *in situ* como aforos o también a través del *Criterio de Moritz*¹, el cual considera las características del terreno, altura del canal y área irrigada para estimar la pérdida en m^3/seg en la longitud del cauce. El ahorro de agua se calcula siguiendo la siguiente fórmula²,

$$\mathbb{A}_i^O = \sum_{j=1}^n \Delta metros \times Q_{m^3/año} \times \Delta pérdida \quad (2)$$

El punto de partida tiene dos fuentes principales: una estrictamente referida al estado de la infraestructura existente y otra relacionada con las inversiones realizadas. La primera incluye los relevamientos y estimaciones

¹Pérdida por infiltración se calcula con la siguiente fórmula: $F_{m^3/s/km} = \frac{0.018 \times C \times B \times \sqrt{h}}{\sqrt[4]{\omega}}$, donde C indica el tipo de terreno y adquiere valores entre 0.30 y 0.49. B representa el ancho superficial del canal y h la altura. El área irrigada en m^2 es el valor de ω .

²La estimación de la disminución del agua pérdida se realiza considerando las diferencias en la eficiencia de conducción anterior y posterior al relevamiento. Se toma como base los valores de los estudios de aforo y eficiencia en conducción ordenados en la siguiente fórmula: $\Delta Pérdida = \frac{EfC_1 - EfC_0}{distancia\ media}$

más actualizadas de condiciones de la red de riego en términos de superficie impermeabilizada y distribución. En particular, se obtuvieron datos de medición de caudales en redes e hijuelas discriminando si se encuentran revestidos; las pérdidas del sistema son estimadas en base a la eficiencia en la conducción de los cauces. La misma permite la estimación de la disminución de la pérdida por infiltración debido a la ejecución de obras de infraestructura acompañando de información monetaria para la valorización económica del recurso. La segunda fuente de información son las inversiones en revestimiento de cauces otorgada por el DGI, donde se discriminaron las obras de revestimiento en las subdelegaciones correspondientes y se asignaron los valores de eficiencia de conducción según la información recibida y, de acuerdo a los códigos de cauce (DGI 2004). Cuando no hay registro de aforo en el cauce revestido, se aplica el valor de EfC de la Unidad de Manejo (UM) estimado.

Subdelegación Mendoza

El ahorro de agua del año i (A_i^O) equivale a la disminución de las pérdidas por infiltración por las obras de infraestructura. El mismo es calculado considerando los metros lineales de revestimiento, el caudal promedio anual por cauce (j) ponderado por el cambio en el volumen perdido. Los valores de eficiencia de conducción (EfC_j) corresponde a información secundaria de relevamientos y aforos realizados por el DGI donde se consideraron los volúmenes de caudal, pérdidas por infiltración y características del cauce (Cuneo et al. 2016). En el caso del Río Mendoza, desde 2017 se revistieron 13403 metros.

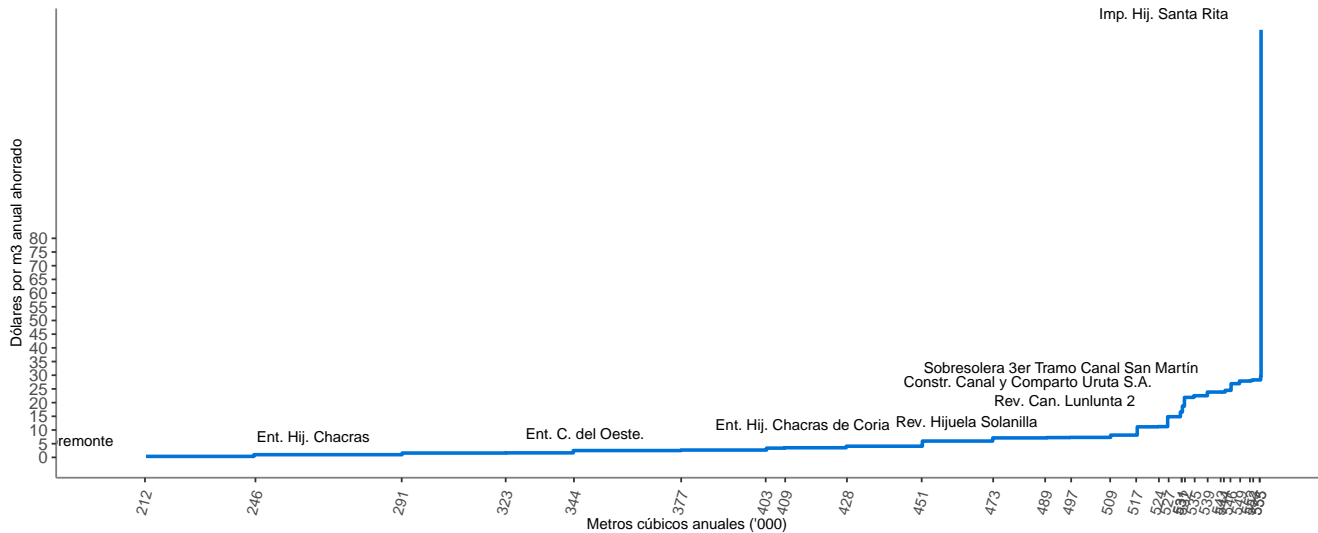


Figure 2: Curva de ahorro de agua enfoque eficiencia de conducción

Si bien las curvas de ahorro de agua por menor filtración parecen similares, existe una diferencia en el valor medio entre ambas metodologías. El enfoque de ahorro de agua por diferencias en la eficiencia de conducción, el precio medio por USD/m^3 es 0.909; mientras que el precio medio en el enfoque de pérdidas asciende a 0.909. Esta diferencia se explica porque el enfoque de eficiencias de conducción discrimina (dentro de los cauces de tierra) entre canales e hijuelas.

En términos generales el enfoque de eficiencias de conducción es superior ya que discrimina entre los distintos tipos de cauces revestidos (j), asignando el valor de EfC_j según el estudio de Cuneo et al. (2016) para la subdelegación del río Mendoza. Esto permitiría acercarse aún más al valor real del costo marginal de ampliar la oferta de riego. Por otro lado, el denominado enfoque de pérdidas considera el valor de eficiencia de conducción en

Table 2: Mendoza - Caudal por obra información disponible (m3/s)

Código	Obra	m3/año	GananciaEfC
1285	Rev. Can. Lunlunta 2	8304.8	44.1%
1141	Ent. Hij. Mirasso	8219.35	20%
1012	Ent. Hij. Chacras de Coria	7501.25	36.1%
1275	Rep.T. Hij. Progreso Santa Rita	9044.35	26.3%
1011	Rev. Hij. 2º Vistalba	7511.7	17.2%
1271	Imp. Hij. Santa Rita	10196.3	26.3%
1264	Imp. Hij. Esteban	9044.35	26.3%
1285	Rev. 200m Can. Mz. Lunlunta	8304.8	44.1%
1226	Sobresolera 3º T. Can. San Martín	8021.7	23.2%
1008	Can. Flores: T. Ruta 7 - Toma Caroglio	7511.7	26.2%
1106	Ent. Hij. La Canada - Can. Primero Vistalba	6214.85	4.5%
1012	Ent. Hij. Chacras	7501.25	36.1%
1300	Unif. R. Algarrobal con Hij. Capilla Manantial Scaiola	7309.6	8.2%
1114	Ent. Can. Lunlunta 2	7691.65	11.2%
1271	Rev. Can. Santa Rita Progreso	10196.3	26.3%
1191	Rev. Cl Mercery Etapa I	8205.65	34.8%
1284	Bacheo 1º y 2º Tramo Canal San Martín	7734.5	23.2%
1285	C. Céspedes Unif. R. Isla Grande	8304.8	43.6%
1104	Ent. Hij. 2º La Reta Las Compuertas	5959.35	4.5%
1025	Rev. Rama Sobremonte	7320.4	8.9%
1285	Sobresolera 3er Tramo Canal San Martín	8304.8	43.6%
1038	Ent. C. del Oeste.	10841.4	39.6%
1118	Can. Galigniana Segura	8295.65	10.2%
1012	Imp. Hij. Chacras de Coria	7501.25	35.1%
1118	C. Naciente Chachingo Hij. Mina de Oro ent.	8295.65	10.2%
1006	Rev. Higuera Solanilla	8236.2	17.2%
1230	Constr. Canal y Comparto Uruta S.A.	8524.7	23.2%
1257	Rev. C. Rufino Ortega	7481.9	10.7%
1265	Ramo Segura. Hij. Segura, Ramo Day , Hij. Centenario	9044.35	26.3%
1764	C. Colonia Unif. Hij. La Ciénega	8454.05	82.1%

Fuente: Elaboración propia en base a DGI (2015), Datos abiertos (2019) y entrevistas (2020,2021).

canales de tierra calculado para cada unidad de manejo; este cálculo generaliza los valores de EfC_j posiblemente subestimando el desempeño de la unidad de manejo (UM).

$$\text{Eficiencias de Conducción} = \frac{EfC_j}{\text{longitud tipo de cauce}_j} \quad \text{pérdida} = \frac{EfC_{tierra}}{\text{longitud cauces de tierra}}$$

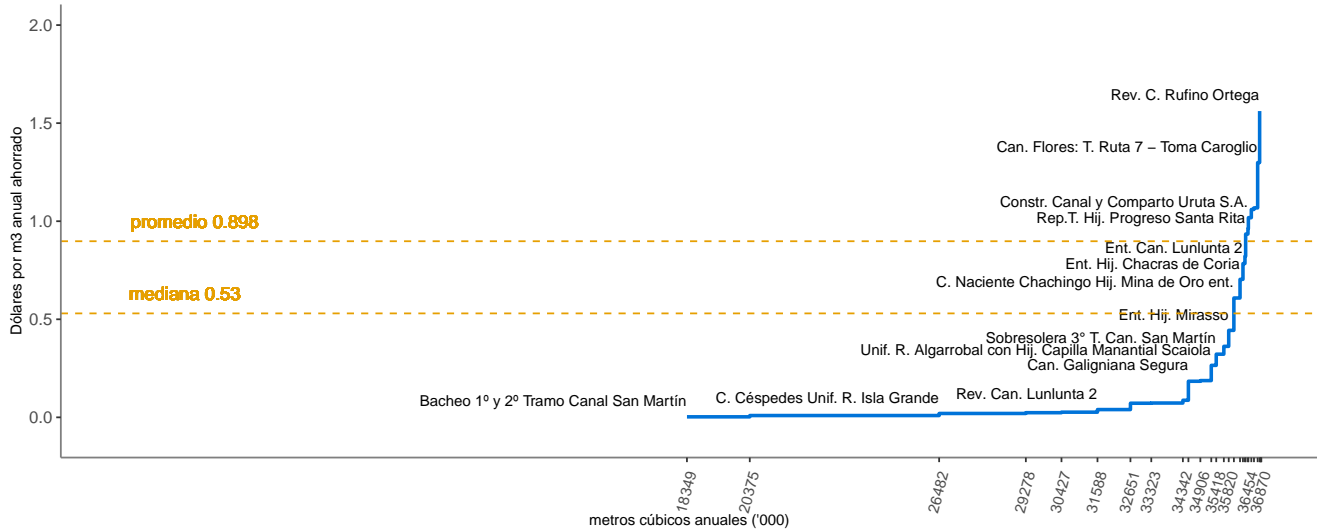


Figure 3: Curva de ahorro de agua enfoque pérdidas

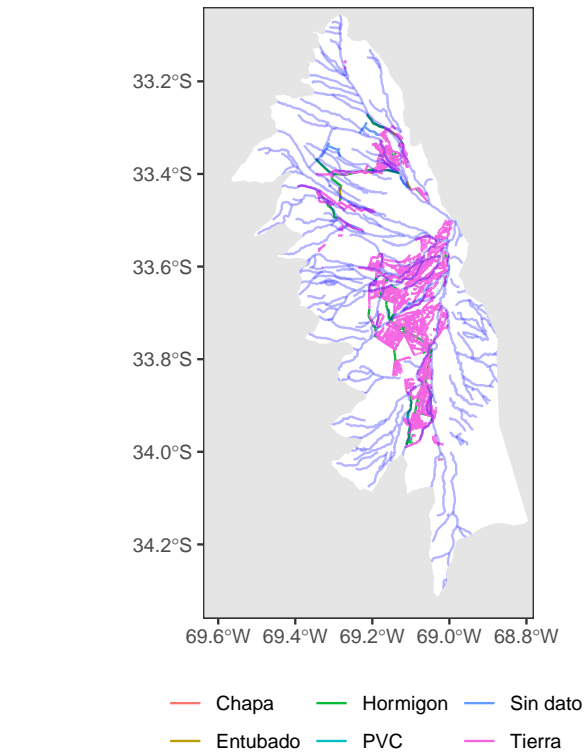
En base a los resultados de la estimación realizada representa la mayor *disminución de pérdidas* por filtración por dólar invertido desde el 2017. Según los cálculos realizados, la realización de esta obra de revestimiento disminuye las pérdidas anuales por filtración en 323 miles de metros cúbicos (m^3).

Table 3: Río Mendoza - Comparación metodologías

Obra	Zona	Modalidad	Metros	USD/mt	Ef.Conducción		Ahorro m3/km			USD/m3 (ajuste)		
					ex-ante	ex-post	pérdida	EfC	nuevo	perd	efc	nuevo
2017												
Rev. Can. Lunlunta 2	Margen derecha	Insp.	189	186.7	0.554	0.995	1560	3135	1160117	29.8637	14.861	0.0396
Ent. Hij. Mirasso	Cruz de Piedra	Insp.	1500	35.3	0.800	1.000	18662	6221	157572	3.7448	11.233	0.4435
Ent. Hij. Chacras de Coria	Chacras de Coria	Insp.	565	187.4	0.639	1.000	32804	23432	198607	4.2610	5.965	0.7036
Rep.T. Hij. Progreso Santa Rita	Progreso	Insp.	35	444.6	0.727	0.990	2587	726	21976	7.9398	28.293	0.9346
Rev. Hij. 2º Vistalba	Lujan	Insp.	340	224.9	0.823	0.995	11224	4230	95281	8.9932	23.863	1.0600
Imp. Hij. Santa Rita	Santa Rita	Insp.	30	489.0	0.727	0.990	246	124	7179	78.7103	156.152	2.6968
Imp. Hij. Esteban	Jocolí	Insp.	150	58.8	0.727	0.990	1232	622	2609	9.4538	18.726	4.4629
Rev. 200m Can. Mz. Lunlunta	Margen derecha	Adm.	330	44.2	0.554	0.995	2723	5474	2025601	7.0699	3.517	0.0092
2018												
Sobresolera 3º T. Can. San Martín	Galigniana	Adm.	1000	39.1	0.758	0.990	20529	20736	160209	2.5146	2.488	0.3221
Can. Flores: T. Ruta 7 - Toma Caroglio	Lujan	Adm.	580	201.2	0.728	0.990	28576	21648	118568	5.3896	7.115	1.2989
2019												
Ent. Hij. La Canada - Can. Primero Vistalba	CompuertasVistalba	Adm.	700	70.8	0.955	1.000	60964	2903	2796098	1.0732	22.527	0.0238
Ent. Hij. Chacras	Chacras de Coria	Adm.	1100	49.8	0.639	1.000	63867	45619	386669	1.1326	1.585	0.1874
Unif. R. Algarrobal con Hij. Capilla Manantial Scaiola	Algarrobal	Lic.	400	232.6	0.908	0.990	4927	3318	351149	18.8870	28.046	0.2650
Ent. Can. Lunlunta 2	Cruz de Piedra	Adm.	300	186.5	0.888	1.000	6221	2488	94235	11.8681	29.676	0.7841
Rev. Can. Santa Rita Progreso	Santa Rita	Lic.	310	231.3	0.732	0.995	2558	2571	74559	28.0260	27.884	0.9620
Rev. Cl Mercery Etapa I	Céspedes	Lic.	658	138.8	0.647	0.995	19006	8187	85557	4.8060	11.158	1.0680
Bacheo 1º y 2º Tramo Canal San Martín	Galigniana	Adm.	1100	36.3	0.758	0.990	31614	31933	18349345	1.6698	1.653	0.0026
2021												
C. Céspedes Unif. R. Isla Grande	Margen derecha	Adm.	1000	90.9	0.554	0.990	8211	16589	6107339	14.6071	7.231	0.0198
Ent. Hij. 2º La Reta Las Compuertas	CompuertasVistalba	Adm.	300	76.9	0.955	1.000	26127	1244	1149063	1.1656	24.479	0.0264
Rev. Rama Sobremonte	Sobremonte	Lic.	320	239.7	0.906	0.995	211275	212337	1063817	0.3630	0.361	0.0720
Sobresolera 3er Tramo Canal San Martín	Margen derecha	Lic.	110	446.7	0.554	0.990	903	1825	671807	54.4110	26.922	0.0730
Ent. C. del Oeste.	Sobremonte	Adm.	500	134.7	0.604	1.000	124416	33178	1019215	0.7141	2.680	0.0871
Can. Galigniana Segura	Cruz de Piedra	Lic.	1600	20.4	0.888	0.990	32846	33178	177324	0.9960	0.986	0.1840
Imp. Hij. Chacras de Coria	Chacras de Coria	Lic.	704	126.1	0.639	0.990	40466	26277	244994	2.1940	3.379	0.3620
C. Naciente Chachingo Hij. Mina de Oro ent.	Cruz de Piedra	Adm.	1500	51.1	0.888	0.990	30793	12442	166242	3.2868	8.136	0.6085
Rev. Hijueta Solanilla	Lujan	Lic.	350	151.4	0.823	0.995	20220	7258	64590	2.6210	7.303	0.8210
Constr. Canal y Comparto Uruta S.A.	Reina	Lic.	30	454.3	0.758	0.990	616	622	13389	22.1270	21.913	1.0180
Rev. C. Rufino Ortega	Cruz de Piedra	Adm.	1000	75.0	0.888	0.995	4126	4147	63344	23.9791	23.858	1.5616
Ramo Segura. Hij. Segura, Ramo Day , Hij. Centenario	Jocolí	Lic.	315	206.3	0.727	0.990	9053	3919	25357	7.1800	16.585	2.5630
C. Colonia Unif. Hij. La Ciénega	Colonia Unificado	Lic.	574	135.4	0.169	0.990	2357	19044	18171	32.9740	4.081	4.2770

Fuente: Elab. propia en base DGI (2021).

Subdelegación Tunuyán Superior



Si bien las curvas de ahorro de agua por menor filtración parecen similares, existe una diferencia en el valor medio entre ambas metodologías. El enfoque de pérdidas en la eficiencia de conducción, el precio medio por USD/m^3 es NA.

En términos generales el enfoque de eficiencias de conducción es superador ya que discrimina entre los distintos tipos de cauces revestidos (j), asignando el valor de EfC_j según el estudio de eficiencias en la conducción para la subdelegación del río Tunuyán Superior. Esto permitiría acercarse aún más al valor real del costo marginal de ampliar la oferta de riego. Por otro lado, el denominado enfoque de pérdidas considera el valor de eficiencia de conducción en canales de tierra calculado para cada unidad de manejo; este cálculo generaliza los valores de EfC_j posiblemente subestimando el desempeño de la unidad de manejo (UM).

$$\text{Eficiencias de Conducción} = \frac{EfC_j}{\text{longitud tipo de cauce}_j}$$

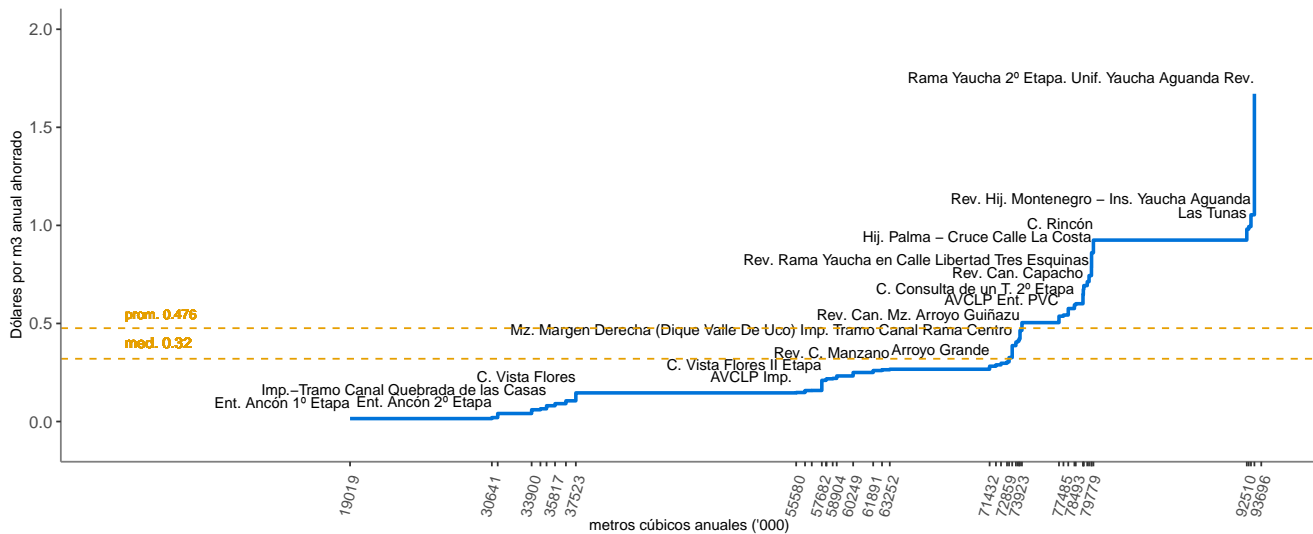


Figure 4: Curva de ahorro de agua enfoque eficiencia de conducción

Table 4: Tunuyán Superior - Caudal promedio por obra información disponible (m3/s)

Código	Obra	Caudal (m3/ha/año)	ahorro '000 (m3/año)	GananciaEfC
5008	C. Uco de un T.	9276	492.70	24%
5022	Imp. Consulta Rama Sur T. Inferior	9276	392.84	24%
5022	C. Consulta Sur T. Superior	9276	591.36	24%
9710	Ent. Ancón 1º Etapa	17487	19018.76	3%
9710	Ent. Ancón 2º Etapa	17487	11622.57	3%
9727	Pampa-Ent. de un T.	10202	2780.07	6%
9713	Ent. Ancón 3º Etapa	17487	724.13	22%
5022	C. Consulta Sur T. Intermedio	9276	284.67	24%
5001	C. Manzano de un T.	9276	1642.07	19%
5010	C. Consulta de un T.	9276	367.07	24%
5773	Unificación Yaucha Aguanda C. Dumas	11395	414.98	28%
5010	C. Consulta de un T. 2º Etapa	9276	504.72	24%
5700	Rama Yaucha 1º Etapa. Unif. Yaucha Aguanda Rev.	11395	1344.46	28%
9715	Rev. Higuera Palomares Tupungato	19127	343.18	NA%
5701	Rev. Rama Yaucha en Calle Libertad Tres Esquinas	11395	146.14	29.5%
5006	C. Vista Flores	9276	813.26	20%
5007	C. Vista Flores II Etapa	9276	823.01	20%
5774	Rama Yaucha 2º Etapa. Unif. Yaucha Aguanda Rev.	11395	280.45	28%
5010	C. Consulta Rama Norte	9276	302.07	24%
5738	Arroyo Grande	23728	8180.16	19%
9708	Las Tunas	12113	12570.12	6%
5014	C. Rincón	9276	152.87	25%
5708	Rev. Hij. Montenegro - Ins. Yaucha Aguanda	11080	184.20	29.5%
5772	AVCLP Ent. PVC	11344	3034.68	20%
5772	AVCLP Ent. PRFV	11344	563.56	20%
9727	AVCLP Imp.	10202	18057.04	4%
5001	Unif. y Rev. Hij. Silva- 5001	9276	166.72	NA%
5006	Imp. Can. Vista Flores	9276	892.99	20%
5012	Rev. Can. Capacho	9276	28.79	27.5%
9705	Hij. Palma - Cruce Calle La Costa	34252	478.12	24%
9707	Ent. Can. Mz. Este	6833	197.09	3%
9776	Rev. Hij. Las Rosas	7810	112.95	19.5%
5008	C. Uco	9276	519.16	24%
5014	Mej. Can. Rincón	9276	44.67	26%
5700	Unif. Hij. Simonovich - Nueva Florida	11395	553.98	28%
9774	Rev. Can. Mz. Arroyo Guinazu	7810	82.83	19.5%
5006	Rev. Can. Vista Flores	9276	330.28	21.5%
9727	Rev. Can. Pampa o Salto - R. Norte	10202	694.56	5.5%
9776	Rev. Can. Arroyo Guinazú	7810	160.02	19.5%
9777	C. Arroyo Guinazú (3º T.)	7810	157.61	18%
5003	Rev. C. Manzano	9276	504.33	20.5%
5004	Rev. C. Manzano	9276	637.46	20.5%
5007	Rev. Hij. Vargas -C. Vista Flores	9276	721.15	21.5%
9705	Hij. Palma - Cruce Calle La Costa	34252	8.77	24%
5004	Imp. - Higuera Cejas	9276	724.44	NA%
5010	Mz. Margen Derecha (Dique Valle De Uco) Imp. Tramo Canal Rama Centro	9276	258.09	NA%
5014	Imp. Tramo Canal Rincón	9276	110.55	25%
5701	Imp. Rama de Afuera. Yaucha	11395	37.39	28%
9724	Imp.-Tramo Canal Quebrada de las Casas	7753	501.80	4%
9776	Rev. Higuera Las Rosas	7810	141.19	19.5%

Fuente: Elaboración propia en base a DGI (2015), Datos abiertos (2019) y entrevistas (2020, 2021).

Table 5: Tunuyán Superior - Valores por obra de revestimiento ejecutada

Obra	Metros	Inv (USD)	A(m3/km)	Inv.(USD/mt)	USD/m3
Hij. Palma - Cruce Calle La Costa	11	5714	8765	519.5	0.861
Mej. Can. Rincón	200	7358	44673	36.8	0.218
Hij. Palma - Cruce Calle La Costa	600	14706	478116	24.5	0.041
Rev. Can. Capacho	100	14706	28790	147.1	0.675
Imp. Rama de Afuera. Yaucha	200	19626	37387	98.1	0.693
Rev. Can. Mz. Arroyo Guñazu	440	29170	82833	66.3	0.465
Imp.-Tramo Canal Quebrada de las Casas	500	30585	501803	61.2	0.081
Rev. Hij. Las Rosas	600	35988	112954	60.0	0.421
Unif. y Rev. Hij. Silva- 5001	340	41176	166720	121.1	0.326
Rev. Hijueta Las Rosas	750	43952	141192	58.6	0.411
Rev. Hij. Vargas -C. Vista Flores	1153	46516	721146	40.3	0.065
Rev. Can. Pampa o Salto - R. Norte	518	47945	694560	92.6	0.091
Imp. Tramo Canal Rincón	500	50262	110554	100.5	0.601
Rev. Can. Vista Flores	510	58037	330284	113.8	0.232
Rev. Can. Arroyo Guinazú	850	61202	160018	72.0	0.504
Unif. Hij. Simonovich - Nueva Florida	1300	66436	553978	51.1	0.158
Imp. Can. Vista Flores	1400	71765	892993	51.3	0.106
Rev. Hijueta Palomares Tupungato	563	73471	343176	130.5	0.214
Mz. Margen Derecha (Dique Valle De Uco) Imp. Tramo Canal Rama Centro	675	99829	258094	147.9	0.387
Rev. Rama Yaucha en Calle Libertad Tres Esquinas	770	108665	146144	141.1	0.744
Rev. C. Manzano	1028	110848	504326	107.8	0.220
Imp. - Hijueta Cejas	1500	114626	724443	76.4	0.158
Ent. Can. Mz. Este	1000	117647	197090	117.6	0.788
C. Arroyo Guñazú (3º T.)	850	118731	157606	139.7	0.994
C. Vista Flores	1275	118975	813261	93.3	0.146
C. Consulta Rama Norte	790	122474	302066	155.0	0.405
Unificación Yaucha Aguanda C. Dumas	1309	123236	414984	94.1	0.297
Rev. C. Manzano	1300	128571	637460	98.9	0.267
C. Rincón	691	141439	152874	204.6	0.925
C. Uco	2060	149895	519163	72.8	0.289
C. Uco de un T.	1955	150000	492701	76.7	0.304
Pampa-Ent. de un T.	2063	166909	2780071	80.9	0.060
C. Vista Flores II Etapa	1336	172829	823006	129.4	0.210
Ent. Ancón 3º Etapa	1191	191000	724126	160.4	0.264
Rev. Hij. Montenegro - Ins. Yaucha Aguanda	1031	194208	184199	188.4	1.054
C. Consulta de un T.	960	199467	367067	207.8	0.543
C. Consulta Sur T. Intermedio	1733	202914	284673	117.1	0.713
Imp. Consulta Rama Sur T. Inferior	2392	226458	392843	94.7	0.576
Ent. Ancón 2º Etapa	1100	234400	11622573	213.1	0.020
Ent. Ancón 1º Etapa	1800	280000	19018756	155.6	0.015
C. Consulta de un T. 2º Etapa	1320	300458	504717	227.6	0.595
Rama Yaucha 1º Etapa. Unif. Yaucha Aguanda Rev.	3155	336347	1344463	106.6	0.250
C. Consulta Sur T. Superior	3600	382524	591358	106.3	0.647
C. Manzano de un T.	3400	426528	1642070	125.4	0.260
Rama Yaucha 2º Etapa. Unif. Yaucha Aguanda Rev.	3085	468708	280455	151.9	1.671
AVCLP Ent. PVC	8788	1629715	3034681	185.4	0.537
AVCLP Ent. PRFV	1632	1629715	563564	998.6	2.892
Arroyo Grande	12148	2308805	8180161	190.1	0.282
AVCLP Imp.	13673	2666807	18057041	195.0	0.148
Las Tunas	33825	12334935	12570117	364.7	0.981

Fuente: Elab. propia en base DGI (2021).

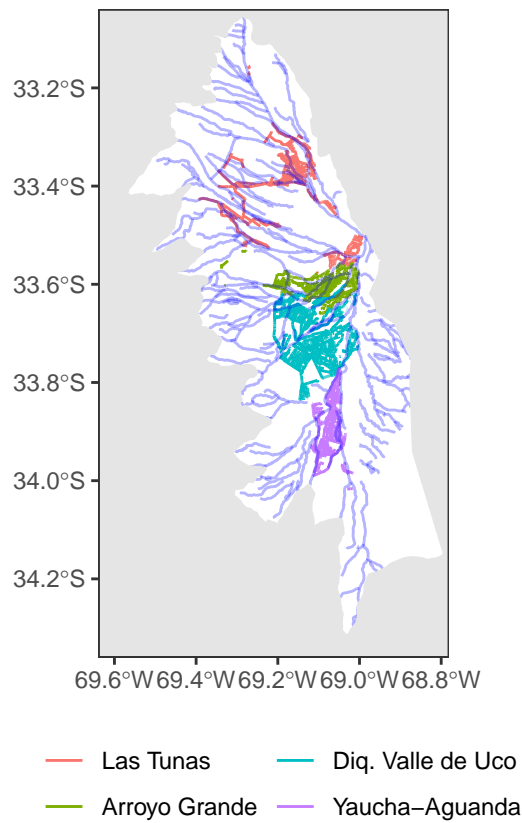
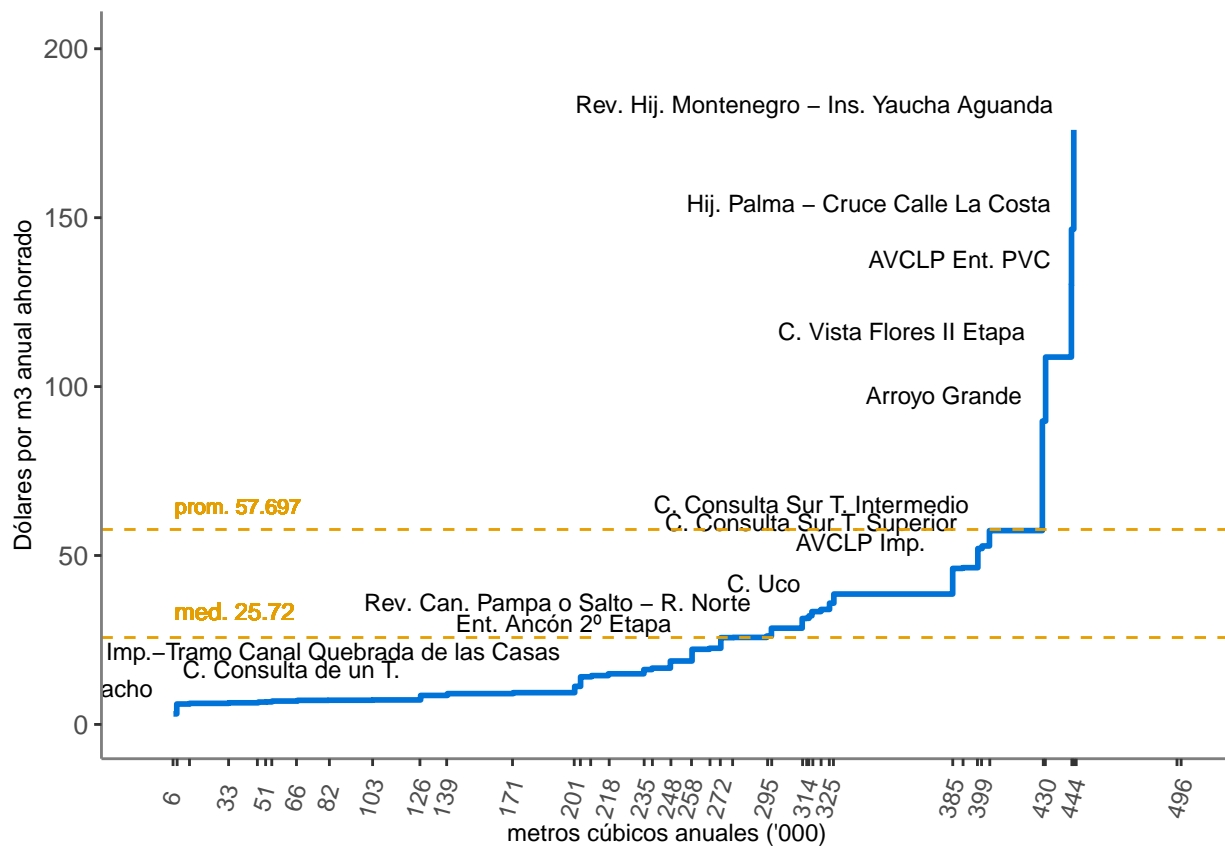
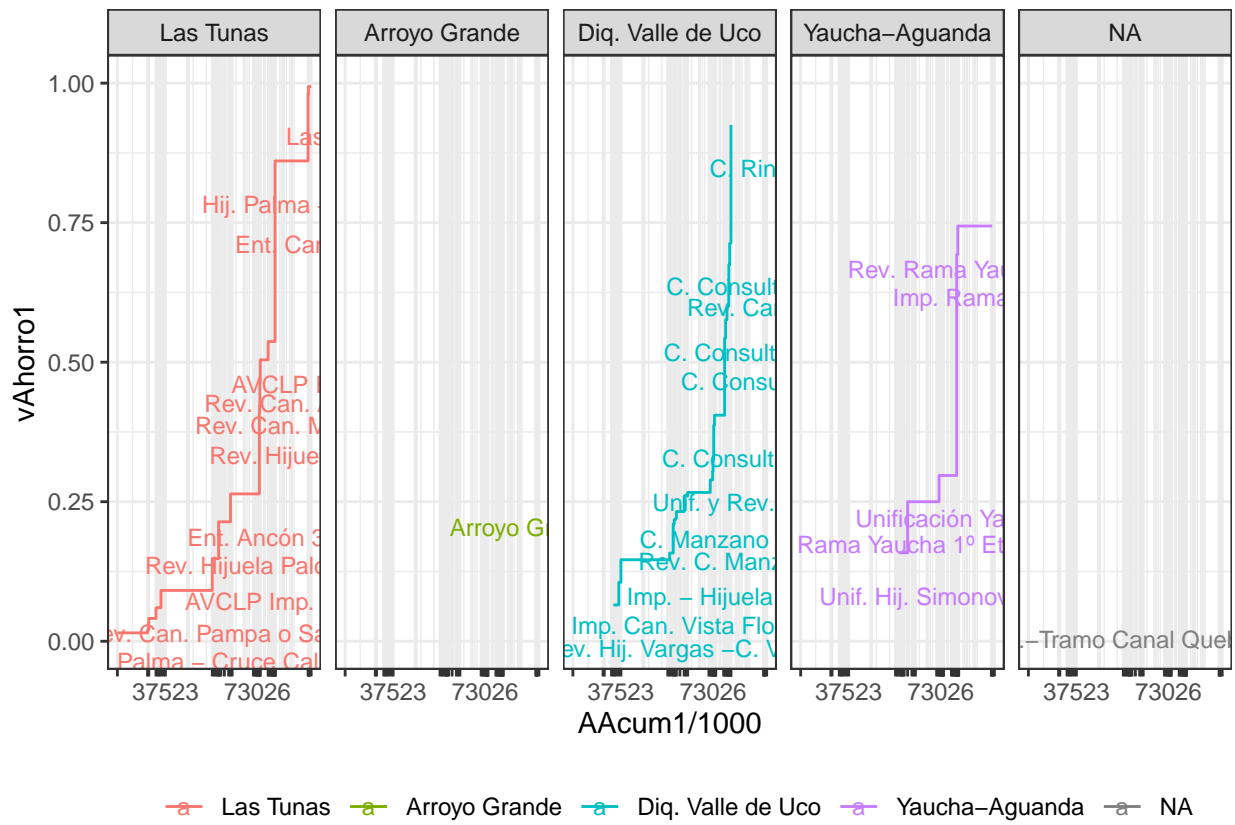


Figure 5: Visualización por subsistemas Tunuyan Superior





Subdelegación Tunuyán Inferior

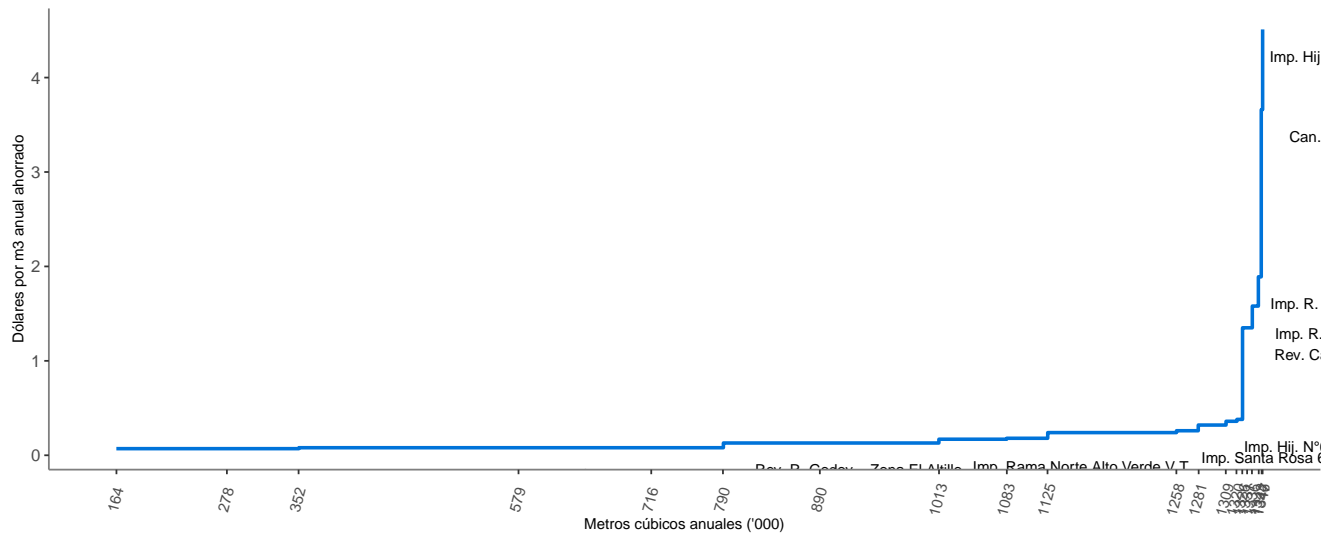


Figure 6: Curva de ahorro de agua enfoque pérdidas

Table 6: Tunuyán Inferior - Caudal promedio por obra información disponible (m3/s)

Código	Obra	Q_prom	Q_anual	Ef1	Ef0	GananciaEfC
2241	C. Alto Verde Rama Sur	-	-	0.98	0.83	14.54%
2396	Imp. Cl. Cobos-T. 1	-	-	0.98	-	NA%
2271	Imp. Rama Norte Alto Verde V T.	2.49	37.29	0.98	0.85	13.03%
2622	Imp. 1º Etapa Otoyanes	-	-	0.98	-	NA%
2533	Imp. Santa Rosa 6º Etapa	2.39	26.25	0.98	0.79	18.74%
2194	Can. Montecaseros Ent. Hij. 3º Salvador	4.27	89.68	1	0.87	13.03%
2284	Rev. Can. Norte Alto Verde	2.25	42.8	1	0.85	14.53%
2623	Rev. Can. Norte	0.96	37.59	1	0.74	25.36%
2564	Rev. Can. Norte Catitas (Mayorga)	0.97	5.81	1	0.76	23.35%
2434	Rev. Can. Nuevo Gil - Hij. N° 2	0.22	2.19	1	0.8	19.62%
2401	Can. Chacabuco (año 2016)	0.26	1.02	0.98	0.81	17.46%
2615	Hij. Los Yoles (años 2016)	0.18	2.56	0.98	-	NA%
2623	Rev. Can. Norte hasta C.Robert	0.96	37.59	1	0.74	25.36%
2434	Rev. Hij. N°2 - Can. Nuevo Gil	0.22	2.19	1	0.8	19.62%
2304	Rev. Can. Norte Alto Verde (tomas 31-33)	-	-	1	0.85	14.53%
2397	Rev. Can. Chacabuco (etapas 10º y 11º)	-	-	1	0.81	18.96%
2558	Rep. Losas Can. Mz. La Paz	-	-	0.98	0.76	21.85%
2577	Rev. Hij. SUR CATITAS	-	-	1	0.76	23.35%
2622	Rev. Can. Los Otoyanes (calle 10-11)	-	-	1	-	NA%
2623	Imp. Can. Norte de Calle Robert-Molina	0.96	37.59	0.98	0.74	23.86%
2438	Imp.acon Hij. Nro 6 - Can. Nuevo Gil	0.35	7.62	0.98	0.8	18.12%
2312	Imp. R. Moyano	0.32	7.92	0.98	0.79	19.06%
2130	Rev. T. R. Henriquez	-	-	1	0.83	16.54%
2133	Imp. T. Red Séptima Zapata	-	-	0.98	0.83	15.04%
2192	Imp. Hij. Sarramea	-	-	0.98	0.71	26.51%
2530	Imp. R. Mundo Nuevo - Calle Vergara	-	-	0.98	-	NA%
2615	Hij. Los Yoles	0.18	2.56	0.98	-	NA%
2137	Rev. R. Godoy - Zona El Altillio	0.84	18.55	1	0.82	17.83%
2271	Imp. R. Norte A. Verde	2.49	37.29	0.98	0.85	13.03%
2533	Imp. Santa Rosa	2.39	26.25	0.98	0.79	18.74%
2438	Imp. Hij. N°6	0.35	7.62	0.98	0.8	18.12%
2312	Imp. R. Moyano Parte III	0.32	7.92	0.98	0.79	19.06%
2559	R.s De La Paz - Imp. T. III	-	-	0.98	0.76	21.85%
2563	Imp. Hij. Suarez	-	-	0.98	0.76	21.85%
2271	Imp. R. Norte A. Verde	2.49	37.29	0.98	0.85	13.03%
2433	Imp. Hij. N°1	0.04	0.69	0.98	0.8	18.12%
2140	Imp. Rama Chimba 1º Etapa	-	-	0.98	-	NA%
2311	Imp. Rama Moyano Parte III	-	-	0.98	0.79	19.06%
2397	Rev. C. Chacabuco etapa XII	-	-	1	0.81	18.96%
2490	Imp. Rama Mundo Nuevo	-	-	0.98	-	NA%
2557	Imp. C. Santa Rosa - Tramo Villa	-	-	0.98	0.79	18.74%
2559	Imp. R. La Paz Tramo Chacritas	-	-	0.98	0.76	21.85%
2563	Imp. Hij. Suarez R. Dormida	-	-	0.98	0.76	21.85%

Fuente: Elaboración propia en base a DGI (2015), Datos abiertos (2019) y entrevistas (2020).

Table 7: Tunuyán Inferior

Obra	Modalidad	Metros	USD/mt	ex-ante	ex-post	Pérdida	Delta pérdida	USD/m3
2017								
C. Alto Verde Rama Sur	Lic.	500	244000	0.83	1	NA	NA	NA
Imp. Cl. Cobos-T. 1	Lic.	1000	185224	NA	1	NA	NA	NA
Imp. Rama Norte Alto Verde V T.	Lic.	1300	206752	0.85	1	0.23	1225780	0.17
Imp. 1º Etapa Otoyanes	Lic.	500	81808	NA	1	NA	NA	NA
Imp. Santa Rosa 6º Etapa	Lic.	1500	338985	0.79	1	0.22	1329012	0.26
Can. Montecaseros Ent. Hij. 3º Salvador	Insp.	640	44118	0.87	1	0.28	740524	0.06
Rev. Can. Norte Alto Verde	Insp.	2065	147059	0.85	1	0.27	2266625	0.06
2018								
Rev. Can. Norte	Insp.	600	88235	0.74	1	0.55	1371637	0.06
Rev. Can. Norte Catitas (Mayorga)	Insp.	1037	76471	0.76	1	0.07	286703	0.27
Rev. Can. Nuevo Gil - Hij. N° 2	Insp.	610	58824	0.80	1	0.02	57894	1.02
Can. Chacabuco (año 2016)	Insp.	730	82136	0.81	1	0.01	29669	2.77
Hij. Los Yoles (años 2016)	Insp.	416	44272	NA	1	NA	NA	NA
Rev. Can. Norte hasta C.Robert	Adm.	717	80219	0.74	1	0.55	1639106	0.05
Rev. Hij. N°2 - Can. Nuevo Gil	Adm.	500	48350	0.80	1	0.02	47454	1.02
2019								
Rev. Can. Norte Alto Verde (tomas 31-33)	Adm.	1300	127621	0.85	1	NA	NA	NA
Rev. Can. Chacabuco (etapas 10º y 11º)	Lic.	1310	230849	0.81	1	NA	NA	NA
Rep. Losas Can. Mz. La Paz	Adm.	210	109389	0.76	1	NA	NA	NA
Rev. Hij. SUR CATITAS	Lic.	605	105402	0.76	1	NA	NA	NA
Rev. Can. Los Otoyanes (calle 10-11)	Adm.	500	53767	NA	1	NA	NA	NA
Imp. Can. Norte de Calle Robert-Molina	Adm.	508	57078	0.74	1	0.55	1143812	0.05
Imp.acon Hij. Nro 6 - Can. Nuevo Gil	Adm.	700	53425	0.80	1	0.08	224753	0.24
Imp. R. Moyano	Lic.	857	118493	0.79	1	0.02	62695	1.89
2020								
Rev. T. R. Henriquez	Lic.	395	84475	0.83	1	NA	NA	NA
Imp. T. Red Séptima Zapata	Adm.	2160	172603	0.83	1	NA	NA	NA
Imp. Hij. Sarramea	Adm.	519	38356	0.71	1	NA	NA	NA
Imp. R. Mundo Nuevo - Calle Vergara	Adm.	500	65068	NA	1	NA	NA	NA
Hij. Los Yoles	Adm.	1200	123288	NA	1	NA	NA	NA
Rev. R. Godoy - Zona El Altillio	Adm.	500	71429	0.82	1	0.36	742764	0.10
Imp. R. Norte A. Verde	Adm.	1059	100000	0.85	1	0.23	998539	0.10
Imp. Santa Rosa	Adm.	790	100000	0.79	1	0.22	699946	0.14
Imp. Hij. N°6	Adm.	350	32857	0.80	1	0.08	112377	0.29
Imp. R. Moyano Parte III	Adm.	730	64286	0.79	1	0.02	53404	1.20
R.s De La Paz - Imp. T. III	Adm.	105	13571	0.76	1	NA	NA	NA
Imp. Hij. Suarez	Lic.	705	57143	0.76	1	NA	NA	NA
Imp. R. Norte A. Verde	Adm.	449	75901	0.85	1	0.23	423365	0.18
Imp. Hij. N°1	Adm.	500	48663	0.80	1	0.01	14225	3.42
Imp. Rama Chimba 1º Etapa	Lic.	1074	250216	NA	1	NA	NA	NA
Imp. Rama Moyano Parte III	Adm.	730	107905	0.79	1	NA	NA	NA
Rev. C. Chacabuco etapa XII	Adm.	601	81141	0.81	1	NA	NA	NA
Imp. Rama Mundo Nuevo	Adm.	223	46291	NA	1	NA	NA	NA
Imp. C. Santa Rosa - Tramo Villa	Adm.	560	116323	0.79	1	NA	NA	NA
Imp. R. La Paz Tramo Chacritas	Adm.	400	62965	0.76	1	NA	NA	NA
Imp. Hij. Suarez R. Dormida	Adm.	655	88251	0.76	1	NA	NA	NA

Fuente: Elab. propia en base DGI (2020).

Comentarios finales

En un contexto de completa disponibilidad de la información y competencia perfecta entre las empresas e instituciones que ejecutan las obras de infraestructura, la estimación de la curva de oferta adicional equivale a la curva de *Costo Marginal* (CMg) de ahorro de agua por disminución de las pérdidas por infiltración. Este enfoque considera únicamente el concepto de eficiencia de conducción (EfC) para la estimación de la curva. Tal como fue mencionado anteriormente, el concepto global de eficiencia en el manejo del recurso hídrico debe incluir las estimaciones de eficiencia en la distribución (EfD) y eficiencia en la aplicación (EfA). La información aquí presentada puede ser considerada como soporte para las decisiones de inversiones en revestimiento de cauces pero no correspondería comparar inversiones que apunten a la mejora de conceptos distintos de eficiencia. Es decir que, en esta etapa de análisis no es conveniente relegar inversiones que apunten a mejorar la eficiencia en distribución

por obras de revestimiento debido a que no hemos alcanzado el desarrollo de una metodología de valoración de las inversiones inclusiva para los tres conceptos de eficiencia. Es deseable continuar la investigación y evaluación de obras de revestimiento en otras subdelegaciones para profundizar el conocimiento del costo marginal del ahorro de agua por eficiencia de conducción. El trabajo realizado durante el 2019 permitió el esclarecimiento de una metodología de trabajo que brindará resultados con mayor celeridad.

Modelo integral

El presente es una adaptación de la teoría económica clásica incorporando aspectos técnicos de política económica en el manejo del agua. Se presenta en un gráfico de cuatro (4) cuadrantes. El Primero y el tercero reflejan la tecnología de riego representativa de la explotación agrícola. En el segundo cuadrante se ubica la demanda de agua para riego A_i^D y en el cuarto cuadrante la demanda efectiva de riego o productividad marginal AE_i^D . Cambios o adaptaciones tecnológicas generan efectos en las demandas de riego que, identificándose correctamente, muestra el valor real de la productividad marginal del agua.

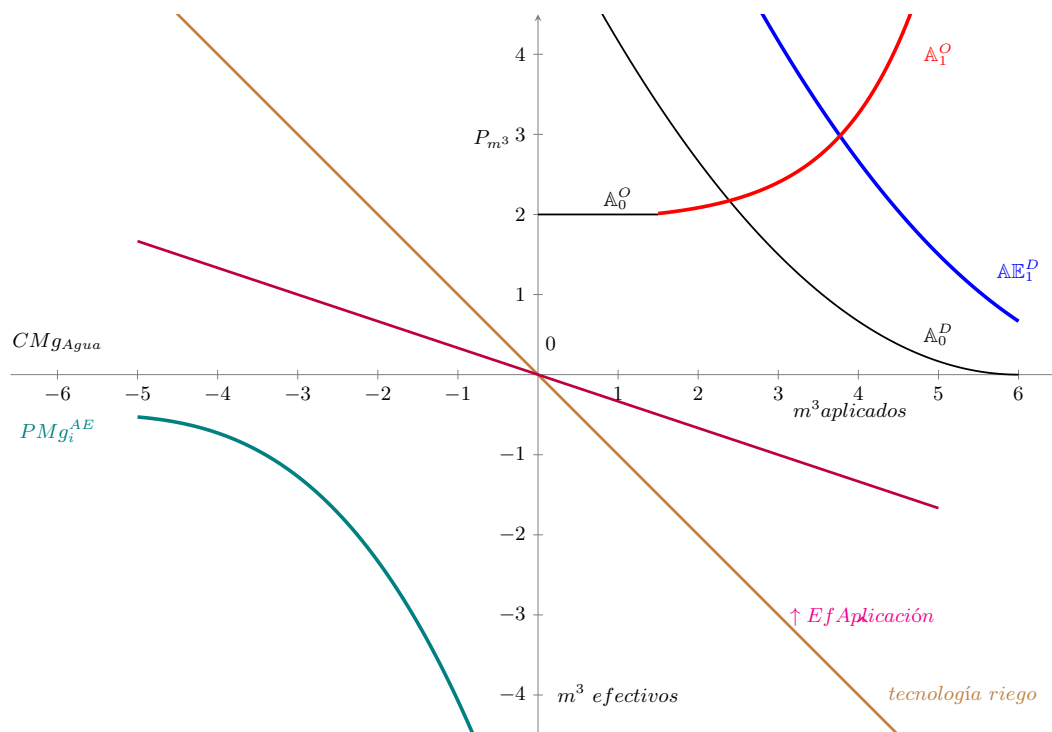


Figure 7: Representación de cambios en la demanda de agua A_i^D acorde a la expansión de la oferta de riego A_1^S

La eficiencia del riego intra-finca está caracterizada por el *paquete tecnológico* del productor y las herramientas que utiliza para la producción agrícola. En otras palabras, la tecnología disponible en la finca como sistema de riego, sistema de conducción de cultivo y prácticas agrícolas (entre otros) determina la efectividad del agua para riego. Es posible estimar el volumen mínimo de riego de acuerdo a las características de la finca y el uso del mejor paquete tecnológico disponible. A su vez, esta estimación permite calcular el precio correcto (teórico) del agua para riego. El mismo puede ajustarse a valores referenciales de la finca y ajustarse cambios en la disponibilidad del recurso hídrico.

Referencias bibliográficas

Bos, M. G., and J. Nugteren. 1990. *On irrigation efficiencies*. 4th ed. Wageningen: International Institute for

Land Reclamation; Improvement (ILRI).

- Cuneo, Guillermo, J Ferrer, A Laudadio, N Ortíz, M Roselló, and Juan Gustavo Satlari. 2016. “Eficiencia de conducción en la cuenca del río Mendoza.” 2008. Vol. 8. Mendoza: Departamento General de Irrigación.
- DGI. 2004. “Compilación de Códigos de aplicación en el Departamento General de Irrigación.” Mendoza, Argentina: Departamento General de Irrigación.
- . 2016. “Balance Hídrico. Río Mendoza.” Mendoza, Argentina: Departamento General de Irrigación.
- Gómez, Carlos Mario, Carlos Dionisio Pérez-Blanco, David Adamson, and Adam Loch. 2018. “Managing Water Scarcity at a River Basin Scale with Economic Instruments.” *Water Economics and Policy* 04 (01): 1750004. <https://doi.org/10.1142/s2382624x17500047>.
- Gruère, Guillaume, Colette Ashley, and Jean-Joseph Cadilhon. 2018. “Reforming water policies in agriculture. Lessons from past reforms.” OECD Food, Agriculture and Fisheries. Paris: OECD. <https://doi.org/10.1787/1826beee-en>.
- Gruère, Guillaume, and Hélène Le Boëdec. 2019. “Navigating pathways to reform water policies in agriculture.” OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers. Paris: OECD. <https://doi.org/10.1787/906cea2b-en>.
- Lago, Manuel, and Jaroslav Mysiak. 2015. *Use of Economic Instruments in Water Policy*. Edited by Manuel Lago, Jaroslav Mysiak, Carlos M. Gómez, Gonzalo Delacámara, and Alexandros Maziotis. Vol. 14. Global Issues in Water Policy, March. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18287-2>.
- MAGyP. 2011. “Balance hídrico como herramienta de decisión.” In *Herramientas Para La Evaluación y Gestión Del Riesgo Climático En El Sector Agropecuario*, 1st ed., 55–63. Buenos Aires, Argentina: MAGyP.
- Morábito, José Antonio. 2005. “Desempeño del riego por superficie en el área de riego del río Mendoza Eficiencia actual y potencial. Parámetros de riego y recomendaciones para un mejor aprovechamiento agrícola en un marco sustentable.” Master Thesis, Universidad Nacional de Cuyo. http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4137/morabito.pdf.
- Mysiak, Jaroslav, and Carlos M. Gómez. 2015. “Water Pricing and Taxes: An Introduction.” In *Use of Economic Instruments in Water Policy: Insights from International Experience*, 15–20. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18287-2_2.
- Pittock, Jamie. 2016. “The Murray–Darling Basin: Climate Change, Infrastructure, and Water.” In *Increasing Resilience to Climate Variability and Change*, edited by Cecilia Tortajada, 1st ed., 41–59. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1914-2_3.