

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.

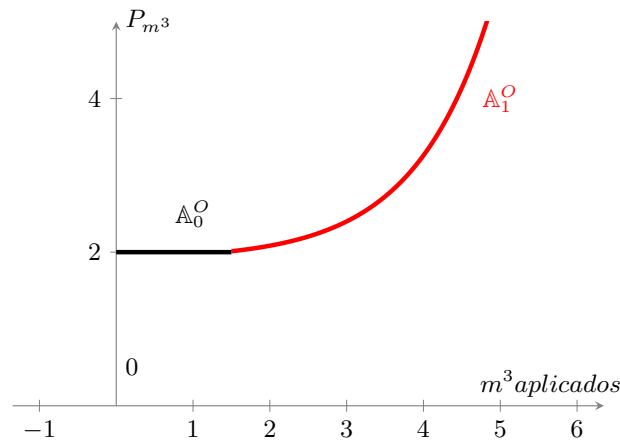


Figure 1: Representación de la oferta de agua \mathbb{A}_i^O

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	Total
Atuel	3.230	3.807	2.818	9.780	19.635
Diamante	3.777	6.328	1.860	2.110	14.075
Malargüe	2.530	695	728	1.600	5.553
Mendoza	3.809	1.910	3.468	2.100	11.287
Tun. Inferior	6.108	5.142	6.839	4.239	22.328
Tun. Superior	5.540	4.000	1.878	2.464	13.882

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

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: $\Delta Pérdida = \frac{EfC_1 - EfC_0}{distancia\ media}$

Table 2: Resumen de obras 2017-2020

	Atuel	Diamante	Malargüe	Mendoza	Tun. Inferior	Tun. Superior
Inversión (USD)						
promedio (desv.std.)	22173.69	34213.22	62050.58	46448.34	73095.19	45949.01
min	1598.2	1723.2	14838.5	8487.0	13571.4	5714.3
max	1087924.0	603477.3	248037.1	190000.0	230849.2	149895.5
Metros revestidos						
promedio	533.5718	433.7577	471.4290	398.7586	650.1813	499.3648
min	10	30	30	30	105	11
max	4000	3626	1600	2100	2160	2060
Inv.(USD)/mt						
promedio	56.95451	96.52227	217.02674	117.89776	112.84150	85.93550
min	1.9	7.3	51.8	35.3	68.9	24.5
max	729.2	262.6	919.6	489.0	520.9	519.5

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 11.287 metros.

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 0.857; mientras que el precio medio en el enfoque de pérdidas asciende a 0.857. 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 superador 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 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).

Table 3: Mendoza - Caudal por obra información disponible (m3/s)

Código	Obra	Utilizado	Diseño	Web	GananciaEfC
1116	Rev. C. Lunlunta 2	1.038	-	0.266	8.2%
1012	Ent. Hij. Chacras de Coria	0.435	-	1.501	36.1%
1271	Hij. Progreso Santa Rita Rep. tramo	0.801	4.25	1.378	24.8%
1271	Hij. Santa Rita Imp. 30m y adaptaciones	0.801	2.85	1.378	24.8%
1278	Imp. Hij. Esteban	0.13	-	0.372	25.3%
1010	Rev. Hij. 2º Vistalba	0.14	3.7	0.43	35.1%
1116	Rev. C. Lunlunta 2	0.22	-	0.266	10.2%
1714	Ent. Hij. Mirasso	-	0.6	0.177	NA%
1812	Rev. C. San Alberto	-	-	-	NA%
1116	Rev. 200M C. Matriz Lunlunta	1.038	-	0.266	8.2%
1116	Rev. 200M C. Matriz Lunlunta	0.22	-	0.266	10.2%
1142	Sobresolera 3º Tramo C. San Martín	0.202	-	1.761	9.2%
1008	C. Flores: Tramo Ruta 7 - Caroglio	0.41	-	0.336	25.2%
1116	Ent. C. Lunlunta 2	1.038	-	0.266	9.2%
1106	Ent. Hij. La Canada - C. Primero Vistalba	0.177	-	2.581	4.5%
1012	Ent. Hij. Chacras	0.435	-	1.501	36.1%
1271	Rev. C. Santa Rita Progreso	0.801	-	1.378	25.8%
1191	Rev. Cl Mercery Etapa I	0.25	-	0.252	34.3%
1116	Ent. C. Lunlunta 2	0.22	-	0.266	11.2%
1299	Unif. R. Algarrobal e Hij. Manantial Scaiola	0.13	-	0.132	46%
1846	Ent. Aroyo Morteritos	-	-	-	NA%

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

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

En base a los resultados de la estimación realizada Mat. Lunlunta 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 17 miles de metros cúbicos (m³).

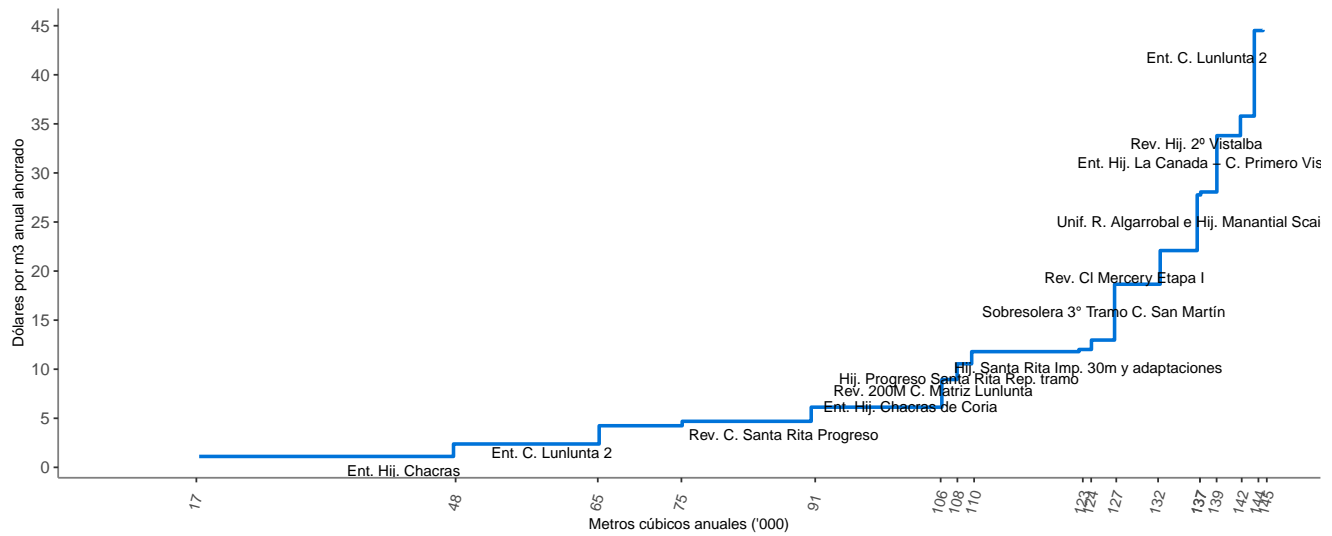


Figure 2: Curva de ahorro de agua enfoque eficiencia de conducción

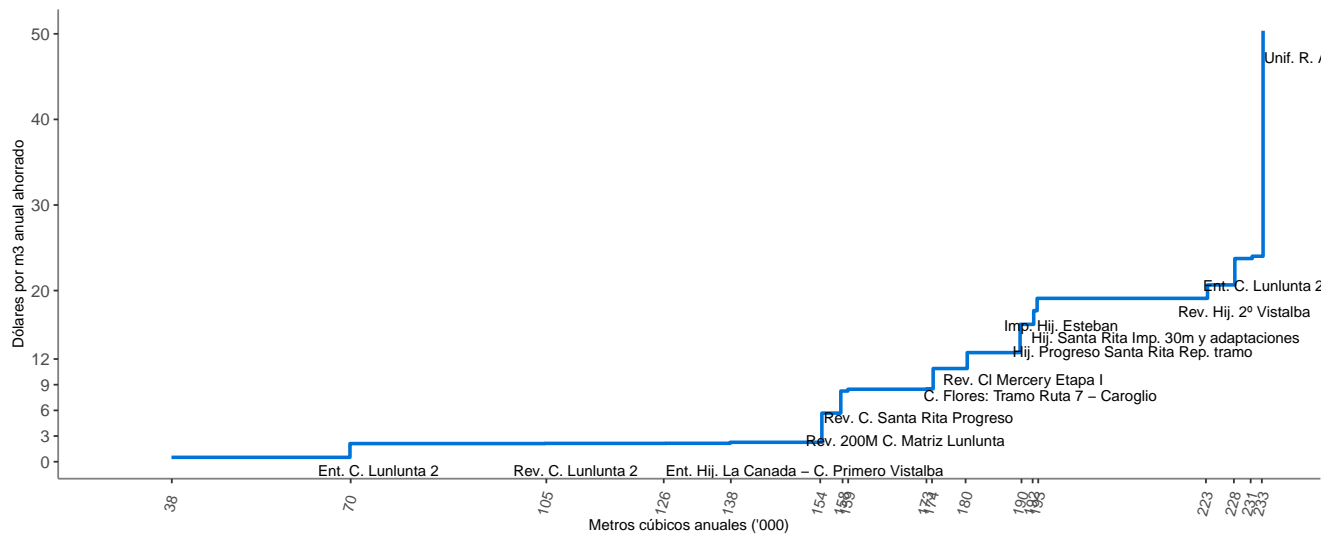


Figure 3: Curva de ahorro de agua enfoque pérdidas

Table 4: Río Mendoza - Comparación metodologías

Obra	Zona	Modalidad	Metros	USD/mt	Ef.Conducción		Ahorro m3/km		USD/m3		USD/m3 (ajuste)		
					ex-ante	ex-post	Delta pérdida	Delta EfC	Pérdida	EfC	Pérdida	EfC	
2017													
Rev. C. Lunlunta 2	Segunda	Insp.	189	35294.1	5.312	0.266	0.908	21728	0.019	9928	1.624	3.555	
Ent. Hij. Chacras de Coria	Primera	Insp.	565	105882.4	19.510	1.501	0.639	16402	0.010	15621	6.455	6.778	
Hij. Progreso Santa Rita Rep. tramo	Cuarta	Insp.	35	15560.7	12.401	1.378	0.732	1280	0.018	1742	12.157	8.933	
Hij. Santa Rita Imp. 30m y adaptaciones	Cuarta	Insp.	30	14668.8	12.401	1.378	0.732	1097	0.018	1493	13.372	9.825	
Imp. Hij. Esteban	Cuarta	Insp.	150	8823.5	10.410	0.372	0.727	610	0.001	415	14.465	21.261	
Rev. Hij. 2º Vistalba	Primera	Insp.	340	76470.6	24.102	0.430	0.639	4886	0.003	2820	15.651	27.117	
Rev. C. Lunlunta 2	Tercera	Insp.	189	35294.1	5.312	0.266	0.888	1940	0.002	1045	18.193	33.774	
2018													
Rev. C. San Alberto	NA	Insp.	1000	35294.1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Rev. 200M C. Matriz Lunlunta	Segunda	Adm.	330	14585.2	5.312	0.266	0.908	37937	0.019	17335	0.384	0.841	
Rev. 200M C. Matriz Lunlunta	Tercera	Adm.	330	14585.2	5.312	0.266	0.888	3387	0.002	1825	4.306	7.992	
2019													
Sobresolera 3º Tramo C. San Martín	Tercera	Adm.	1000	39097.6	52.816	1.761	0.888	6096	0.001	2765	6.414	14.140	
C. Flores: Tramo Ruta 7 - Caroglio	Segunda	Adm.	580	116681.9	7.056	0.336	0.728	14144	0.008	12829	8.250	9.095	
Ent. C. Lunlunta 2	Segunda	Adm.	300	55936.1	5.312	0.266	0.908	34836	0.021	17418	1.606	3.211	
Ent. Hij. La Canada - C. Primero Vistalba	Primera	Adm.	700	49543.4	67.119	2.581	0.955	30482	0.001	1935	1.625	25.604	
Ent. Hij. Chacras	Primera	Adm.	1100	54794.5	19.510	1.501	0.639	31933	0.010	30413	1.716	1.802	
Rev. C. Santa Rita Progreso	Cuarta	Lic.	310	71690.9	12.401	1.378	0.732	11455	0.018	15428	6.258	4.647	
2020													
Rev. Cl Mercery Etapa I	Tercera	Lic.	658	91351.1	6.042	0.252	0.647	9455	0.003	5458	9.662	16.737	
Ent. C. Lunlunta 2	Tercera	Adm.	300	55936.1	5.312	0.266	0.888	3110	0.002	1659	17.986	33.717	
Unif. R. Algarrobal e Hij. Manantial Scaiola	Segunda	Lic.	400	93055.4	3.168	0.132	0.520	2439	0.004	4424	38.153	21.034	
Ent. Aroyo Morteritos	NA	Lic.	2100	190000.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

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

Table 5: Tunuyán Superior - Caudal promedio por obra información disponible (m3/s)

Código	Obra	Diseño	Inf.EfC	Web	Bal.2015	Obrador	Utilizado	GananciaEfC
5014	Mej. manejo operativo C. Rincón	-	-	0.9	-	-	0.44	25%
5006	Imp. C. Vista Flores	0.9	-	0.74	-	-	0.44	19.6%
9710	Ent. C. Matriz Este	0.9	0.78	0.27	0.29	-	0.78	3%
9731	Cruce Calle La Costa - Hij. Palma	-	0.11	0.05	-	0.043	0.11	5.6%
5001	Unif. y Rev. Hij. Silva	-	-	0.16	-	-	0.44	20%
5012	Rev. C. Capacho	0.9	-	0.22	-	-	0.44	27%
9776	Rev. Hij. Las Rosas	0.36	-	0.04	-	-	0.44	17%
5014	Mej. Manejo Operativo C. Rincón	-	-	0.9	-	-	0.44	25%
5700	Unif. Hij. Simonovich- Nueva Florida	-	0.1	0.12	2.46	-	0.1	27.6%
5008	Rev. C. Uco.	-	0.05	0.89	-	-	0.05	25%
9774	Rev. C. Matriz Arroyo Guñazú	-	0	0.01	1.05	-	0	7%
9727	Rev. C. Pampa o Salto - Rama Norte	-	-	0	-	-	0.44	5%
5006	Rev. C. Vista Flores	-	-	0.74	-	-	0.44	21%
9774	Rev. C. Arroyo Guinazú	-	0	0.01	1.05	-	0	7%
5007	Rev. Hij. Vargas -C. Vista Flores	-	1.38	0.21	-	-	1.38	21%
5003	Rev. C. Manzano	-	0.62	0.34	-	-	0.62	20%
9731	Cruce Calle La Costa-Hij. Palma	-	0.11	0.05	-	0.043	0.11	5.6%

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

Subdelegación Tunuyán Superior

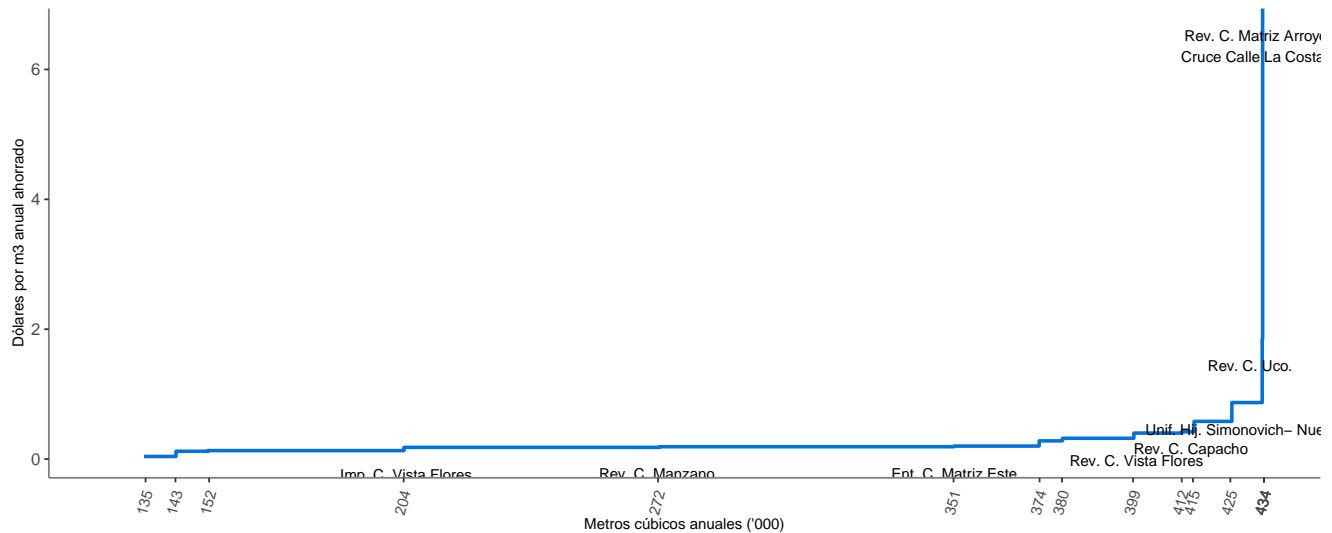


Figure 4: Curva de ahorro de agua enfoque eficiencia de conducción

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 ∞ ; mientras que el precio medio en el enfoque de pérdidas asciende a ∞ . 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

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).

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

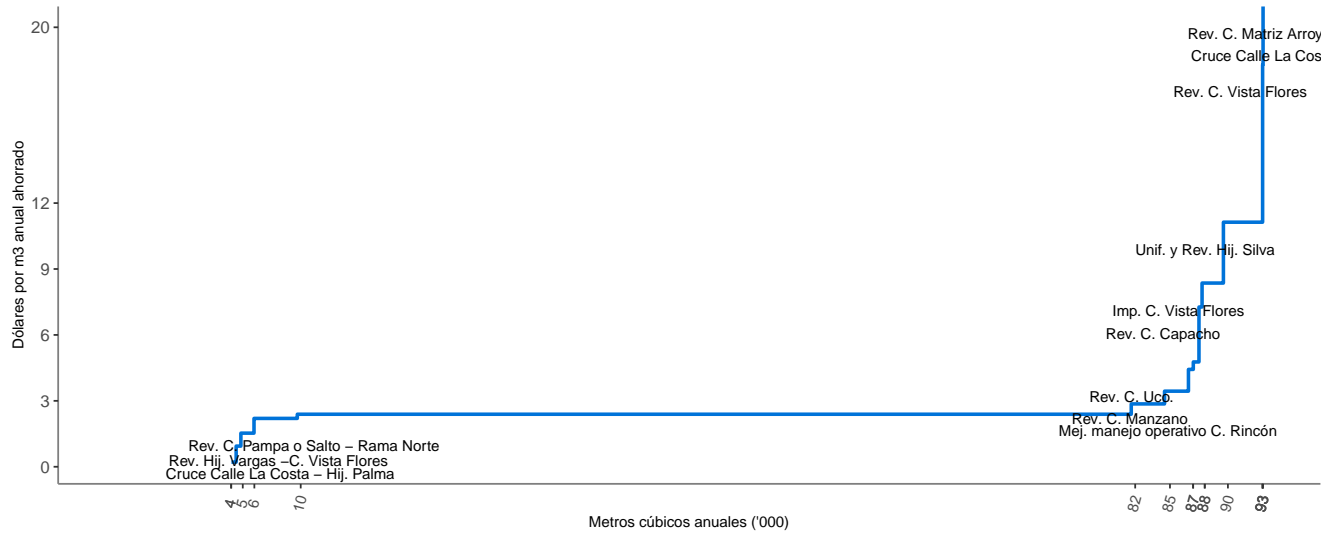


Figure 5: Curva de ahorro de agua enfoque pérdidas

Table 6: Tunuyán Superior - Comparación metodologías

Obra	Modalidad	Metros	USD/mt	Ef.Conducción		Ahorro m3/km		USD/m3		USD/m3 (ajuste)	
				ex-ante	ex-post	Delta pérdida	Delta EfC	Pérdida	EfC	Pérdida	EfC
2017											
Mej. manejo operativo C. Rincón	Insp.	200	44.1	NA	NA	0.895	0.4425	0.010	4064	0.412	85432
Imp. C. Vista Flores	Insp.	1400	51.3	NA	NA	0.743	0.4425	0.004	11333	0.361	523999
Ent. C. Matriz Este	Insp.	1000	117.6	3.45	NA	0.267	0.7800	0.347	719539	0.759	786931
Cruce Calle La Costa - Hij. Palma	Insp.	600	24.5	NA	0.043	0.047	0.1100	0.017	20643	0.100	62208
Unif. y Rev. Hij. Silva	Insp.	340	121.1	NA	NA	0.156	0.4425	0.007	4886	0.362	127609
Rev. C. Capacho	Insp.	100	147.1	NA	NA	0.223	0.4425	0.013	2669	0.321	33281
Rev. Hij. Las Rosas	Insp.	600	60.0	NA	NA	0.042	0.4425	NA	NA	NA	NA
2018											
Mej. Manejo Operativo C. Rincón	Insp.	200	36.8	NA	NA	0.895	0.4425	0.010	4064	0.412	85432
Unif. Hij. Simonovich- Nueva Florida	Insp.	1300	51.1	29.56	NA	0.125	0.1000	0.007	18417	0.075	101088
Rev. C. Uco.	Lic.	2060	72.8	NA	NA	0.888	0.0500	0.008	33831	0.038	81161
Rev. C. Matriz Arroyo Guñazú	Adm.	440	66.3	12.57	NA	0.014	0.0000	0.000	0	0.000	0
2019											
Rev. C. Pampa o Salto - Rama Norte	Adm.	518	92.6	NA	NA	0.001	0.4425	0.027	28711	0.424	227714
Rev. C. Vista Flores	Adm.	510	113.8	NA	NA	0.743	0.4425	0.004	4188	0.361	190885
Rev. C. Arroyo Guinazú	Adm.	850	72.0	12.57	NA	0.014	0.0000	0.000	0	0.000	0
2020											
Rev. Hij. Vargas -C. Vista Flores	Adm.	1153	40.3	NA	NA	0.209	1.3800	0.017	40238	1.126	1346055
Rev. C. Manzano	Lic.	1300	98.9	NA	NA	0.337	0.6200	0.014	37362	0.507	683355
Cruce Calle La Costa-Hij. Palma	Adm.	11	519.5	NA	0.043	0.047	0.1100	0.017	378	0.100	1140

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

Subdelegación Tunuyán Inferior

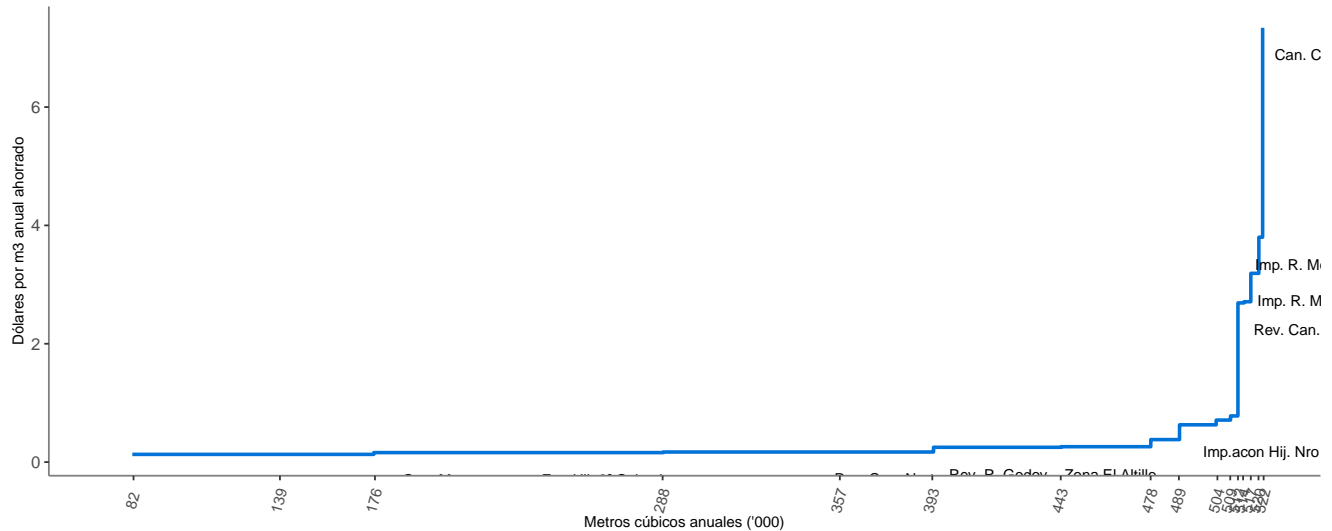


Figure 6: Curva de ahorro de agua enfoque pérdidas

Table 8: Tunuyán Inferior

Obra	Modalidad	Metros	USD/mt	ex-ante	ex-post	Pérdida	Delta pérdida	USD/m3
2017								
Can. Montecaseros Ent. Hij. 3º Salvador	Insp.	640	44117.6	0.87	1	0.28	370262	0.12
Rev. Can. Norte Alto Verde	Insp.	2065	147058.8	0.85	1	0.27	1127618	0.13
Rev. Can. Norte	Insp.	600	88235.3	0.74	1	0.55	682372	0.13
Rev. Can. Norte Catitas (Mayorga)	Insp.	1037	76470.6	0.76	1	0.07	142631	0.54
Rev. Can. Nuevo Gil - Hij. N° 2	Insp.	610	58823.5	0.80	1	0.02	28802	2.04
Can. Chacabuco (año 2016)	Insp.	730	82135.9	0.81	1	0.01	14774	5.56
Hij. Los Yoles (años 2016)	Insp.	416	44272.4	NA	1	NA	NA	NA
2018								
Rev. Can. Norte hasta C.Robert	Adm.	717	80218.8	0.74	1	0.55	815435	0.10
Rev. Hij. N°2 - Can. Nuevo Gil	Adm.	500	48350.0	0.80	1	0.02	23608	2.05
Rev. Can. Norte Alto Verde (tomas 31-33)	Adm.	1300	127620.8	0.85	1	NA	NA	NA
Rev. Can. Chacabuco (etapas 10° y 11°)	Lic.	1310	230849.2	0.81	1	NA	NA	NA
Rep. Losas Can. Mz. La Paz	Adm.	210	109389.2	0.76	1	NA	NA	NA
Rev. Hij. SUR CATITAS	Lic.	605	105401.8	0.76	1	NA	NA	NA
Rev. Can. Los Otoyanes (calle 10-11)	Adm.	500	53766.8	NA	1	NA	NA	NA
2019								
Imp. Can. Norte de Calle Robert-Molina	Adm.	508	57077.6	0.74	1	0.55	569572	0.10
Imp.acon Hij. Nro 6 - Can. Nuevo Gil	Adm.	700	53424.7	0.80	1	0.08	111918	0.48
Imp. R. Moyano	Lic.	857	118493.2	0.79	1	0.02	31220	3.80
Rev. Tramo R. Henriquez	Lic.	395	84474.9	0.83	1	NA	NA	NA
Imp. Tramo Red Séptima Zapata	Adm.	2160	172602.7	0.83	1	NA	NA	NA
Imp. Hij. Sarramea	Adm.	519	38356.2	0.71	1	NA	NA	NA
Imp. R. Mundo Nuevo - Calle Vergara	Adm.	500	65068.5	NA	1	NA	NA	NA
Hij. Los Yoles	Adm.	1200	123287.7	NA	1	NA	NA	NA
2020								
Rev. R. Godoy - Zona El Altillo	Adm.	500	71428.6	0.82	1	0.36	369516	0.19
Imp. R. Norte A. Verde	Adm.	1059	100000.0	0.85	1	0.23	497232	0.20
Imp. C. Santa Rosa	Adm.	790	100000.0	0.79	1	0.22	348545	0.29
Imp. Hij. N°6	Adm.	350	32857.1	0.80	1	0.08	55959	0.59
Imp. R. Moyano Parte III	Adm.	730	64285.7	0.79	1	0.02	26593	2.42
R.s De La Paz - Imp. Tramo III	Adm.	105	13571.4	0.76	1	NA	NA	NA
Imp. Hij. Suarez	Lic.	705	57142.9	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

Table 7: Tunuyán Inferior - Caudal promedio por obra información disponible (m3/s)

Código	Obra	Q_prom	Q_anual	Ef1	Ef0	GananciaEfC
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	0.99	0.85	14.03%
2623	Rev. Can. Norte	0.96	37.59	0.99	0.74	24.86%
2564	Rev. Can. Norte Catitas (Mayorga)	0.97	5.81	0.99	0.76	22.85%
2434	Rev. Can. Nuevo Gil - Hij. N° 2	0.22	2.19	0.99	0.8	19.12%
2401	Can. Chacabuco (año 2016)	0.26	1.02	0.98	0.81	17.06%
2615	Hij. Los Yoles (años 2016)	0.18	2.56	0.98	-	NA%
2623	Rev. Can. Norte hasta C.Robert	0.96	37.59	0.99	0.74	24.86%
2434	Rev. Hij. N°2 - Can. Nuevo Gil	0.22	2.19	0.99	0.8	19.12%
2304	Rev. Can. Norte Alto Verde (tomas 31-33)	-	-	0.99	0.85	14.03%
2397	Rev. Can. Chacabuco (etapas 10° y 11°)	-	-	0.99	0.81	18.46%
2558	Rep. Losas Can. Mz. La Paz	-	-	0.98	0.76	21.45%
2577	Rev. Hij. SUR CATITAS	-	-	0.99	0.76	22.85%
2622	Rev. Can. Los Otoyanes (calle 10-11)	-	-	0.99	-	NA%
2623	Imp. Can. Norte de Calle Robert-Molina	0.96	37.59	0.98	0.74	23.46%
2438	Imp.acon Hij. Nro 6 - Can. Nuevo Gil	0.35	7.62	0.98	0.8	17.72%
2312	Imp. R. Moyano	0.32	7.92	0.98	0.79	18.66%
2130	Rev. Tramo R. Henriquez	-	-	0.99	0.83	16.04%
2133	Imp. Tramo Red Séptima Zapata	-	-	0.98	0.83	14.64%
2192	Imp. Hij. Sarramea	-	-	0.98	0.71	26.11%
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	0.99	0.82	17.33%
2271	Imp. R. Norte A. Verde	2.49	37.29	0.98	0.85	12.63%
2533	Imp. C. Santa Rosa	2.39	26.25	0.98	0.79	18.34%
2438	Imp. Hij. N°6	0.35	7.62	0.98	0.8	17.72%
2312	Imp. R. Moyano Parte III	0.32	7.92	0.98	0.79	18.66%
2559	R.s De La Paz - Imp. Tramo III	-	-	0.98	0.76	21.45%
2563	Imp. Hij. Suarez	-	-	0.98	0.76	21.45%

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

Modelo integral

Figure 7: Representación de cambios en la demanda de agua \mathbb{A}_i^D acorde a la expansión de la oferta de riego \mathbb{A}_1^S

13

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%7B/_%7Ddigitales/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/10.1007/978-3-319-18287-2_2.

[//doi.org/10.1007/978-981-10-1914-2_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-1914-2_3).