

Mejora de la eficiencia y aprovechamiento hidroeléctrico del río Mendoza entre Alvarez Condarco y el dique Cipolletti

Federico A. Di Lello¹

Daniel Fernández²

SUMARIO

Se propone la construcción de un canal impermeabilizado con una capacidad máxima de 80 m³/s, a desarrollar por la margen izquierda del río Mendoza, y tal que permita conducir el agua desde la descarga de la Central Hidráulica Álvarez Condarco a cota 1.111 msnm, hasta el emplazamiento del dique Cipolletti ubicado a cota 1.000 msnm, salvando así 111 m de desnivel, factibles de aprovechar con 11 centrales hidráulicas en cascada. Cada central podría utilizar un salto de 10 m, y desarrollar una potencia de 6,7 MW en dos grupos cada una. La capacidad total instalada sería de 75 MW, con una generación total cercana a los 300 GWh/año. Con el proyecto "Canal Marginal al Río Mendoza en Blanco Encalada" no sólo se puede obtener energía hidráulica sino que también permite una operación sustentable de esta oferta hídrica favoreciendo el mejor aprovechamiento del tramo inferior del río Mendoza.

Palabras clave: Aprovechamiento hidroeléctrico - energía hidráulica - acuíferos - mini centrales hidráulicas - infiltración.

SUMMARY

It is proposed the construction of a lined channel with 80 c.p.s. of maximum capacity, on the left margin of the Mendoza river, to conduce the water from the level 1111 TWL, in correspondence of the tail water level of "Alvarez Condarco" Power House, at the level 1000 TWL, just in correspondence of the Cipolletti dike, saving a height of 111meters, where it is possible to make good use of eleven power houses in cascade, each one with a capacity of 6,7 MW in two groups, with a height of 10 meters at every fall. The total power capacity installed would be 73,7 MW, with a possible total generation of 300 GWh of electricity per year. The marginal channel "Blanco Encalada Project", it is possible a very important phase of the integrated development of the Mendoza river, at the foot of the Andes in western Argentina. Not only it makes possible the sustainable operation of this hydraulics offer, but it also gives the best use of the lower Mendoza river.

Key Words: Hydroelectrical utilization - hydraulic power - water bearings - hydraulic minor plants - infiltration.

INTRODUCCION

La construcción de un embalse sobre el río Mendoza en la progresiva de Potrerillos, inducirá importantes modificaciones en el balance actual de la cuenca subterránea Mendoza Norte,

1. Ingeniero Civil; Director Grupo GEPRO, Facultad de Ingeniería, UNC - e-mail: fdilello@ciudad.com.ar.

2. Ingeniero Civil; Grupo GEPRO, Facultad de Ingeniería, UNC - e-mail: dfdez@ciudad.com.ar.

N. de R.: El presente artículo fue elaborado antes de la construcción del dique Potrerillos.

planteando esta situación la necesidad de prever ciertas correcciones en la infraestructura existente, a fin de mitigar los impactos negativos que puede llegar a producir su operación, y permitir una explotación sustentable del acuífero asociado al importante Oasis Norte de la Provincia.

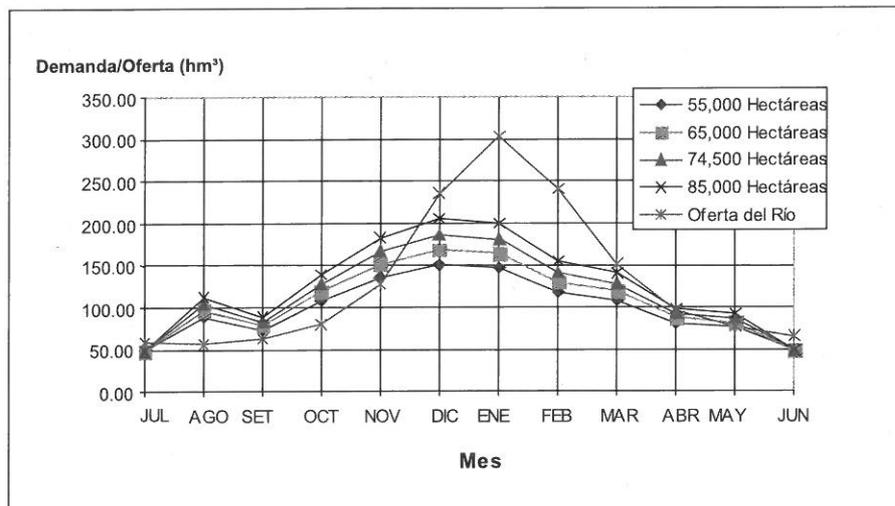
Los irregulares derrames naturales de los ríos cordilleranos, imponen la necesidad de intentar mejorar su posible utilización para distintos usos, en particular la utilización de tipo consuntivo, por lo que la regulación de los mismos supone un fuerte compromiso técnico-económico, acción que debe ser complementada con otras obras de mejoramiento conducentes al uso eficiente del recurso disponible.

GARANTÍA Y CALIDAD DEL AGUA

Es difícil hallar un embalse con capacidad reguladora interanual, suficiente para asegurar permanentemente y en cada momento del año una disponibilidad hídrica superior en volumen y oportunidad a las ofertas naturales del río, con valores como los que se observan en el Gráfico N° 1.

La garantía de disponibilidad asociada a una solución constituye una medida de la frecuencia o probabilidad de que el sistema incorporado a la cuenca del río satisface las demandas existentes.

Gráfico N° 1: Demandas y Derrame Medio Mensual del Río Mendoza



Fuente: Proyecto EMARHE

Esta medida es conveniente porque implícitamente indica para quien analiza su uso agrícola, cuáles cultivos tienen posibilidades de sobrevivir produciendo cosechas razonables, aún cuando el agua que reciban no fuera la teóricamente necesaria para su rendimiento óptimo.

Es importante entonces, desde el punto de vista técnico económico, que la capacidad adoptada para el embalse sea utilizada totalmente, de modo que la proporción de mejora en la garantía de disponibilidad, no se vea afectada aguas abajo por malas prácticas en la conducción y aplicación del agua utilizadas previamente a su construcción.

La garantía de disponibilidad posible es entonces un concepto fundamental y propio de cada río y de allí su peso específico en la decisión técnica que se aporte para mejorar el aprovechamiento.

INFILTRACIÓN

La infiltración es una importante fuente de pérdidas de agua en el sistema del río Mendoza. Se produce tanto en el lecho del río, como en las propias parcelas irrigadas, donde la eficiencia de uso es baja,³ como queda indicado en el Cuadro N° 1.

3. Proyecto EMARHE - pag. 139 Mendoza, diciembre de 1997.

La primer fuente significativa de infiltración se encuentra en el lecho del río, entre Cacheuta y Cipolletti, alcanzando un volumen mensual que puede ser expresado mediante la ecuación:⁴

$$\text{Infiltración (hm}^3\text{/mes)} = 1.086 \times \text{Q Cacheuta (hm}^3\text{/mes)}^{0.5}$$

Se ha determinado que la principal infiltración se produce entre Álvarez Condarco y Cipolletti, siendo ésta la única zona del río donde se la ha medido cuidadosamente, a pesar de que es sabido que existe infiltración aguas debajo de Cipolletti, estimándoselas en un 14% del caudal del río, valor que no es posible confirmar por la carencia de mediciones.

Una vez en operación el embalse de Potrerillos, las descargas que se realicen serán aguas prácticamente libres de sedimentos (aguas claras), las que escurrirán por el cauce del río y luego seguirán por canales de riego sin impermeabilizar, aumentando consecuentemente las recargas hacia el reservorio subterráneo.

Cuadro N° 1: Pérdidas de Agua en Canales y Fincas en el área de Influencia del Río Mendoza

Pérdidas en Derivaciones en Canales y en Fincas										
Sist. Principal	Canales Secundarios	Aqua para Riego Demandada por Cultivo y Entregada al Canal					Infiltración como % Caud. Exced.			
		Area Servida (hectareas)	Demanda-Cult. (m3/ha/año)	Demanda Total (hm3/año)	Caudal Entreg. (hm3/año)	Caud. Exced. (hm3/año)	% del Total Entregado	peor=1 >40%	Infiltr. en Fincas 60% hm3/año	Infiltr. en Canales 40% hm3/año
Canal Cacique Guaymallén										
(Tramos Superiores)	Lima/Lunlunta	2217.5	7447	16.514	31.824	15.310	48.11%	1	9.186	6.124
	Chacras de C. y la Falda	1223.3	7447	9.110	12.618	3.508	27.80%		2.105	1.403
	Sola/Moral./VIII./Cald.	1631.9	7447	12.153	14.066	1.913	13.60%		1.148	0.765
	2° Guinazú	600.2	7447	4.470	17.098	12.628	73.86%	1	7.577	5.051
	Matriz Gil	321.6	7447	23.951	41.653	17.702	42.50%	1	10.621	7.081
	Jarilla	2684.2	7447	19.990	47.046	27.056	57.51	1	16.234	10.822
	Sobremonte	2277.3	7447	16.960	21.274	4.314	20.28%		2.589	1.726
	Mathus Hoyos	3824.4	7447	28.482	41.075	12.593	30.66%		7.556	5.037
	Talamar/Tobar	1574.7	7447	11.727	10.083	n/a	-			
	Algarrobal	1418.5	7447	10.564	26.129	15.565	59.57%	1	9.339	6.226
	Estaben	1366.5	7447	10.177	11.845	1.668	14.08%		1.001	0.667
	Tulumaya	5603.2	7447	41.729	32.704	n/a	-			
	Jocolí	7551.9	7447	56.241	85.4	29.159	34.14%		17.495	11.663
Totales		35189.6		262.069						
Canal Matriz San Martín										
(Tramos Medios)	Barrancas/Espino	1440.8	7647	11.018	13.054	2.036	15.60%		1.222	0.815
	Naciente	4565.5	7647	34.912	51.118	16.206	31.70%		9.724	6.483
	Ortega	912.5	7647	6.978	13.123	6.145	46.83%	1	3.687	2.458
	Chachingo	2987.2	7647	22.843	42.349	19.506	46.06%	1	11.704	7.803
	Céspedes	2828.5	7647	21.629	26.915	5.286	19.64%		3.172	2.114
Totales		12734.5		97.379						
Gran Canal Matriz										
	2° Vistalba	693.9	7647	5.306	7.607	2.301	30.25%		1.381	0.920
	1° Guinazú	220.8	7647	1.688	2.768	1.080	39.00%		0.648	0.432
Totales		914.7		6.995						
Tomas Dirs.										
	Compuertas & 1° Vistalba	1699.93	7647	12.999	20.011	7.012	35.04%		4.207	2.805
	Ramo Num.1	32.1	7647	0.245		n/a	-			
Totales		1732.03		13.245						
Marq. Derec.										
	Flores	2773.3	7647	21.207	34.01	12.803	37.64%		7.682	5.121
	Corvalán-Santander	3203.3	7647	24.495	36.35	11.855	32.61%		7.113	4.742
Totales		5976.6		45.702						
Tramos Inferiores										
	Galign./Reina/M. Hoff	8010.7	8084	64.761	118.998	54.237	45.58%	1	32.542	21.695
	Villa Central	1168.3	8084	9.445		n/a	-			
	Bajada de Araujo	3844.5	8084	31.080	55.847	24.767	44.35%	1	14.860	9.907
	San Pedro y San Pablo	3829.4	8084	30.958	56.123	25.165	44.84%	1	15.099	10.066
	Conc. California	2826.5	8084	22.850	61.203	38.353	62.66%	1	23.012	15.341
	Natalio Estrella	1784.9	8084	14.430	25.924	11.494	44.34%	1	6.897	4.598
	Gustavo André	2723.3	8084	22.016	32.011	9.995	31.22%		5.997	3.998
Totales		24187.6		195.539					233.795	155.863
Total Hectáreas		80735.03								
Resumen de Demandas										
	Total-Cult. (hm3/yr)		620.928							
	Total-Pérd. (hm3/yr)		389.658							
	Total - 80735 Ha		1010.586							

Fuente: DGI - Proyecto EMARHE

4. Hernández, Jorge - Infiltración en el tramo Cacheuta - Cipolletti (Mendoza) - CRAS 1984.

EMBALSES Y ACTIVIDAD HIDROELECTRICA

La gran incidencia del embalse en el costo final de una obra de aprovechamiento hidroeléctrico, requiere⁵ de una cuidadosa determinación de sus dimensiones, sobre todo para evitar opiniones encontradas respecto de su conveniencia técnica y económica.

La actividad hidroeléctrica, hoy en manos privadas y como parte del negocio eléctrico, requiere que a partir de un embalse haya mejores posibilidades de uso del agua, tales que sean punto de partida de otros proyectos sustentables y con garantía del agua erogada.

Como se dijo, se ha establecido que el tramo del río Mendoza desde la salida del cañón de Cacheuta hasta el dique Cipolletti, es el sector en el cual se producen las mayores recargas por infiltración a la cuenca subterránea Mendoza Norte, alcanzando los 210 hm³ para año hidrológico medio⁵.

En el caso del aprovechamiento en Potrerillos, si en el futuro no se controlara adecuadamente el manejo de las recargas y ellas sobrepasaran el volumen bombeado anualmente, sobrevendrían fenómenos de revenimiento de suelos en amplios sectores de la Cuenca, con las consecuentes modificaciones de la surgencia natural, en los niveles freáticos y de las calidades físico-químicas del acuífero subterráneo.

CANAL MARGINAL AL RIO MENDOZA

Con el proyecto "CANAL MARGINAL AL RIO MENDOZA EN BLANCO ENCALADA" se propone la construcción de un canal impermeabilizado por la margen izquierda del río Mendoza, con una capacidad máxima de 80 m³/s, tal que permita conducir el agua desde la cota 1.111 msnm correspondiente a la descarga de la Central Hidráulica Álvarez Condarco, hasta la cota 1.000 msnm del dique Cipolletti, punto de arranque del sistema de distribución del agua para riego y demás usos consuntivos, salvando así 111 m de desnivel, posibles de aprovechar con 11 centrales hidráulicas en cascada, utilizando en cada una un desnivel de 10 m con lo que se logra una potencia de 6,7 MW repartida en dos grupos. La potencia total posible de instalar será de 65 MW, con una generación total cercana a 300 GWh/año.

Desde el primer tramo⁶, existe la posibilidad de derivar parte del agua hacia el río a través de vertederos laterales, con lo cual se puede modificar según sea necesario, la oportunidad y forma de la recarga hacia el acuífero subterráneo, o bien conducir la totalidad del flujo hasta la central del Salto N° 1, la cual la restituye nuevamente al CANAL (segundo tramo) hasta la central del Salto N° 2, y así sucesivamente en cada uno de los diez saltos subsiguientes, de modo de alcanzar en el dique Cipolletti la derivación hacia el Canal Matriz, punto de inicio del sistema de distribución del río Mendoza.

La presencia de un embalse implica fundamentalmente la "modificación de un régimen circulatorio natural, para acomodar su sucesión en el tiempo a las necesidades del consumo, con garantía suficiente de permanencia"⁷.

Con la operación del CANAL, y una adecuada gestión de las descargas hacia el río, se podrán corregir las recargas y mitigar los efectos de infiltraciones excesivas en el tramo considerado, al permitir intervenir en la ecuación de balance de la cuenca subterránea.

El ingeniero y luego el economista deben intentar establecer de algún modo la uniformidad del recurso en sus consideraciones prácticas y económicas a fin de fijar el valor producto, como la economicidad del embalse y las posibilidades o inconvenientes que podría ofrecer el proyecto desde el punto de vista funcional frente a otras obras complementarias.

La tendencia que presenta la serie de registros hidrológicos del río Mendoza, como toda serie de datos de azar, permite construir una curva de frecuencia. Con ella se alcanzará una mayor exactitud

5. Corresponde a un derrame de 1600 hm³/año.

6. Desde la descarga de la Central Álvarez Condarco y hasta el Salto N° 1.

7. Enrique Becerril - La regulación de los ríos - Consejo Superior de Investigaciones Científicas- Madrid 1959.

y continuidad como para caracterizar rápidamente este curso de agua, incorporando la componente segura de disponibilidad por la presencia del embalse y la incidencia de la parte variable restante, posible también de ser corregida por la operación del CANAL y sus obras accesorias.

COMPLEMENTACION CON EL EMBALSE DE POTRERILLOS

De este modo se podría lograr una adecuada complementación con el embalse de Potrerillos, y así mejorar la garantía natural del río por otra de mayor disponibilidad de utilización mejorada con la operación del CANAL y sus obras accesorias, con un racional uso conjunto con el agua subterránea.

DEMANDAS DE AGUA EN EL TRAMO ALVAREZ CONDARCO Y EL DIQUE CIPOLLETTI

Desde la descarga de la Central Álvarez Condarco hasta el Dique Cipolletti, las demandas a cumplir, se indican en el Cuadro N° 2, las cuales condicionan las entregas y corresponden a permisos de uso del agua del río otorgados a Centrales Térmicas Mendoza S.A. (CTM S.A.), ubicada en el Parque Industrial Provincial de Luján de Cuyo, a la destilería de REPSOL - YPF S.A. y a OSM S.A..

Cuadro N° 3: Demandas del Río Mendoza para Año Medio

DEMANDAS (hm ³)								
Demandas Consuntivas								
Mes	Demandas en tramo					Compuertas (6,5 m ³ /s)	Agua Potable	Total
	A. Subt. (hm ³)	Total	Superior	Medio	Inferior			
Julio	0,00	0,44	0,26	0,19	0,00	16,84	16,28	33,56
Agosto	0,00	41,60	17,16	9,72	14,73	16,84	16,28	74,72
Septiembre	0,00	24,84	10,98	5,91	7,95	16,84	16,28	57,96
Octubre	0,00	54,41	24,45	12,85	17,11	16,84	16,28	87,53
Noviembre	0,00	79,94	35,94	18,88	25,11	16,84	16,28	113,06
Diciembre	0,00	94,74	41,94	22,31	30,49	16,84	16,28	127,86
Enero	0,00	91,93	40,48	21,63	29,82	16,84	16,28	125,05
Febrero	0,00	65,42	28,27	15,40	21,76	16,84	16,28	98,54
Marzo	0,00	59,17	24,57	14,10	20,50	16,84	16,28	92,29
Abril	0,00	32,98	13,75	8,04	11,20	16,84	16,28	66,10
Mayo	0,00	27,63	11,94	6,91	8,78	16,84	16,28	60,75
Junio	0,00	0,95	0,39	0,56	0,00	16,84	16,28	34,07
Total Anual	0,00	574,04	250,11	136,49	187,45	202,08	195,36	971,48

DEMANDAS (hm³)

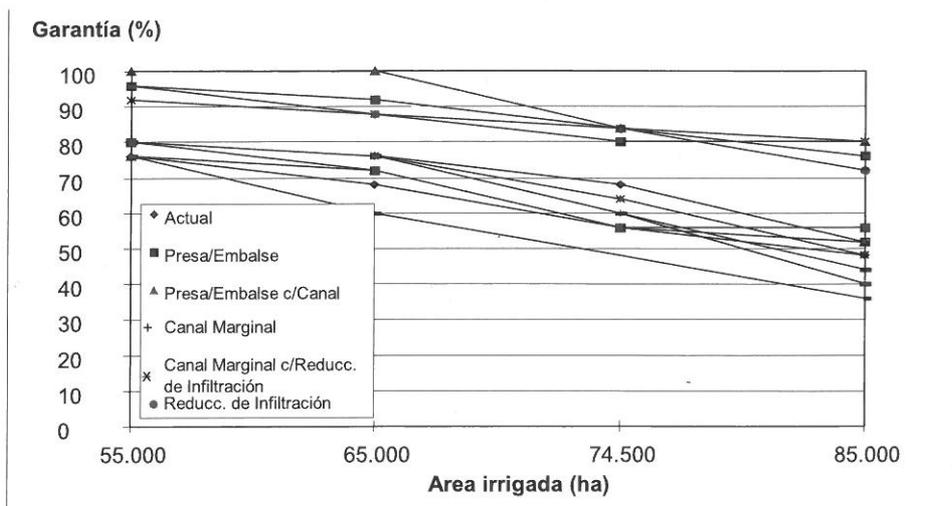
Para ello se derivan 12 m³/s desde el Azud Las Compuertas, los cuales previo pasaje por decantadores, son luego utilizadas para refrigeración en la Central Térmica que opera CTM; a continuación una parte de ellos (6,5 m³/s), se utilizan entre REPSOL - YPF S.A. y OSM S.A., constituyéndose en una demanda consuntiva, en tanto que si se dispusiera del CANAL MARGINAL, sería posible atender estas demandas con agua prácticamente libre de sedimentos y hacer luego la derivación para la planta potabilizadora de OSM S.A. desde el dique Cipolletti.

Una situación límite, sería cuando la Oferta iguale a la Demanda, entonces las recargas controladas serán posibles solamente en períodos del año en que las aportaciones naturales o derivadas desde el embalse, superen la capacidad de conducción del CANAL. En esas circunstancias, la generación de energía para abastecer los requerimientos del sistema eléctrico dependerá de la magnitud del caudal conducido por el CANAL.

JUSTIFICACION ECONOMICA DE LA PROPUESTA

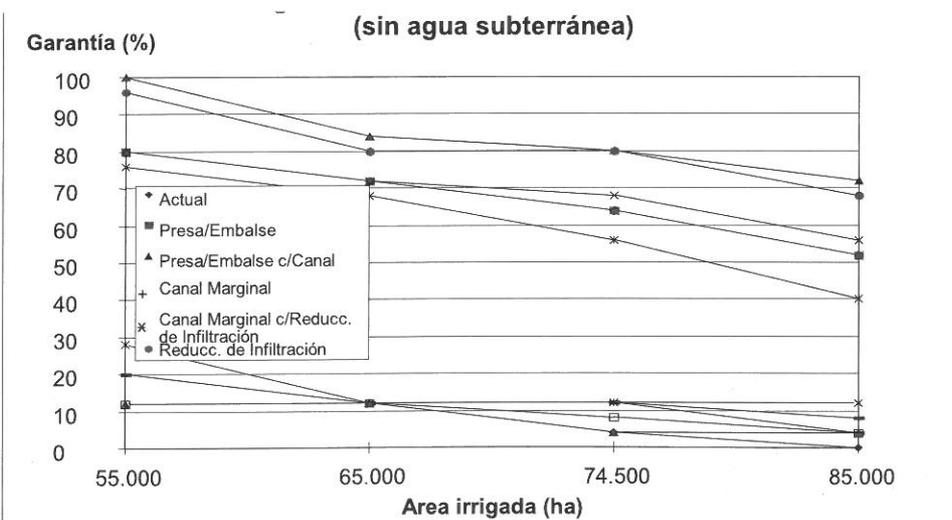
La situación económica con y sin CANAL fue analizada como una de las posibles estrategias abordadas por el Proyecto EMARHE⁸ utilizando la metodología del Análisis Trade-Off por Multi-Atributos (AMAT), cuyos resultados pueden verse en los Gráficos N° 3 y 4.

Gráfico N° 3: Estrategias de Garantías Anuales vs. Área Cultivada (con agua subterránea)



Fuente: Proyecto EMARHE

Gráfico N° 4: Estrategias de Garantías Anuales vs. Área Cultivada (sin agua subterránea)



Fuente: Proyecto EMARHE

8. EVALUACION POR MULTI-ATRIBUTOS DE LOS RECURSOS HIDRICOS Y ENERGETICOS DE LA PROVINCIA DE MENDOZA (EMARHE). Centro de Innovación Tecnológica (CIT). Convenio Provincia de Mendoza - Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) y la Universidad Nacional de Cuyo (UNC). Mendoza, setiembre de 1996. Coordinador Ing. Di Lello Federico.

Puede observarse que aún con la construcción del embalse en Potrerillos, es necesario alumbrar agua subterránea para cubrir la demanda, si no se modificaran las prácticas culturales en uso y se reemplazaran por nuevas tecnologías como las posibles si se dispusiera del CANAL MARGINAL.

En años hidrológicos pobres, el volumen bombeado para suplir el déficit de agua superficial resulta mayor en las estrategias con presa que sin ella, demostrándose así que aún con la construcción de un embalse, persistirá el problema de escasez del recurso hídrico y la necesidad de utilizar el acuífero subterráneo sumado a nuevas técnicas de aplicación del agua como modo de mejorar la demanda actual.

ORIGEN DE LA IDEA

La ejecución del CANAL MARGINAL fue propuesta por primera vez en “La Regulación del Río Mendoza en Uspallata”⁹, estudio desarrollado por un Convenio entre el Instituto de Política Energética de la Provincia de Mendoza y la Universidad Nacional de Cuyo, en septiembre de 1994.

Luego se incorporó su factibilidad en el Proyecto EMARHE, resultando una solución recomendable de considerar como herramienta idónea para manejar las recargas al acuífero subterráneo.

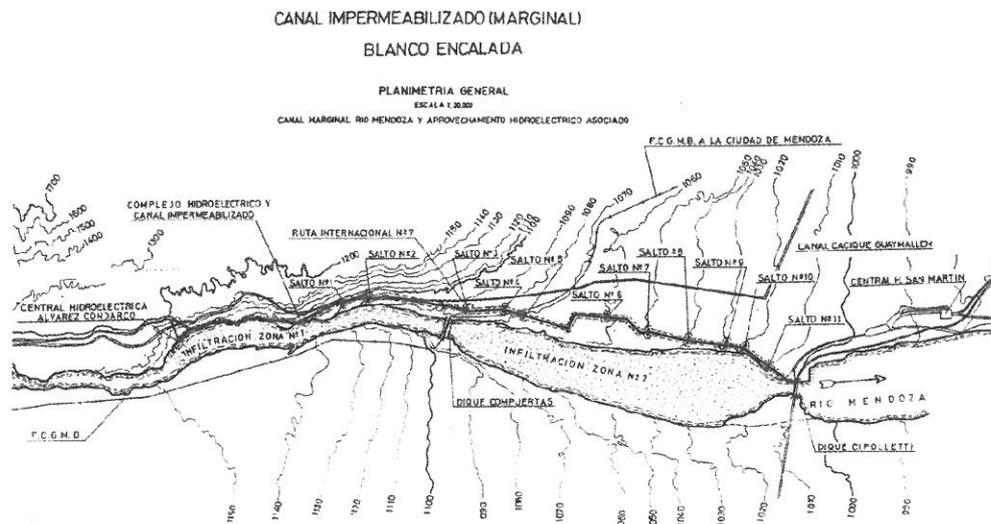
CONCLUSIONES

La construcción del CANAL MARGINAL y su aprovechamiento hidroeléctrico asociado, precisamente en el tramo donde se producen las mayores infiltraciones y recargas al acuífero, permitirían mejorar notablemente el control de las pérdidas por infiltración en el lecho del río en períodos de escasez de agua y además se lograría disponer de una generación de energía no contaminante del medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

1. DI LELLO, Federico A. et al. septiembre de 1994. “Estudio de la Regulación del río Mendoza en Uspallata”. Convenio entre el IPE (Inst. de Política Energética) del Gob. de Mendoza y la UNC Mza.
2. HERNÁNDEZ, Jorge - 1984 - Infiltración en el tramo Cacheuta - Cipolletti (Mendoza) - CRAS
3. BECERRIL Enrique - 1959 - La Regulación de los ríos - Consejo Sup. de Inv. Científicas - Madrid.
4. DI LELLO, Federico A. et al. septiembre 1996 - Evaluación por Multi-Atributos de los Recursos Hídricos y Energéticos de Mendoza (EMARHE)-CIT-Pvcia. de Mendoza - MIT y la UNCuyo -

PRINCIPALES ZONAS DE INFILTRACION- RIO MENDOZA



9. ESTUDIO DE LA REGULACIÓN DEL RÍO MENDOZA EN USPALLATA. Convenio entre el IPE y la Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, septiembre de 1994. Director Ing. Di Lello, Federico.