

---

---

# Los Embalses y los Recursos Hídricos Superficiales

Franklin J. Adler

## I.- Introducción

En el presente trabajo se analiza el rol de los embalses en el aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales (ríos), tema sujeto en la actualidad a fuerte discusión. Luego se enfoca el tema para la provincia de Tucumán (Argentina), su importancia actual y futura y la necesidad de acciones para preservar su capacidad y utilidad para la economía de la provincia.

Un embalse es una acumulación artificial de agua en un ambiente natural. Es producto de una acción humana ejecutada para acopiar agua para fines de su uso y/o consumo. Se diferencia así de las acumulaciones naturales (lagos, lagunas y pantanos). Un embalse por lo general se genera construyendo un cierre interceptando un curso de agua (presa o dique), aunque los hay "laterales", es decir fuera de cauce, aprovechando depresiones naturales del terreno, hacia las cuales se conduce el agua por canales, tuberías o túneles.

En la provincia de Tucumán hay tres embalses (El Cadillal, Escaba y La Angostura).

La provincia de Tucumán tiene un abundante recurso hídrico con 104 m<sup>3</sup>/s de caudal medio anual acumulado de sus ríos, equivalente a 3300 Hm<sup>3</sup>/año (1 Hm<sup>3</sup> = 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>). Es cabecera de una cuenca muy importante de la Argentina (Río Salí-Dulce) que toma cinco provincias (Salta, Tucumán, Catamarca, Santiago del Estero y Córdoba). Por tanto no puede usar todo ese recurso y debe respetar los derechos de aguas de las provincias sucesivas. El Tratado Interjurisdiccional de la Cuenca Salí-Dulce estableció en el año 1967 el modo y porcentajes de repartición de las aguas entre las provincias de Tucumán, Santiago del Estero y Córdoba. No participaron las provincias de Catamarca y Salta.

## II.- Los embalses en el aprovechamiento del agua superficial

El agua líquida fácilmente disponible en la naturaleza se encuentra en dos formas: subterránea y superficial. El hombre, desde antiguo, aprovechó el agua superficial (de los ríos y lagos) porque provee los mayores caudales, brinda otros beneficios y no requiere consumir energía para su extracción. No obstante, la tendencia al aprovechamiento de los depósitos naturales subterráneos (acuíferos) es creciente y la reserva mundial de agua dulce en esa forma es muy importante (aproximadamente tres veces la de agua dulce superficial líquida), lo que motiva una necesaria complementación y optimización de las fuentes de abastecimiento de agua en las dos formas de su disponibilidad en la región.

El agua superficial en la naturaleza se presenta en un modo determinado por las características climáticas y del ciclo hidrológico, variable según la región del planeta que se trate. La región Noroeste de la Argentina se caracteriza por un período otoño-invierno (Abril-Setiembre) seco y primavera-verano (Octubre-Marzo) húmedo. Durante la estación húmeda se producen las precipitaciones pluviales que suman entre el 70 y 80% del total anual. La precipitación nival, si bien existe en altura, no tiene participación sustancial en los aportes de agua de los principales ríos de la región. El carácter subtropical del clima de la región determina en cambio precipitaciones intensas y abundantes en el período húmedo, las que son las productoras de los mayores caudales de los ríos.

Las características hidrológicas mencionadas determinan entonces una secuencia anual de caudales de los cursos de agua que presenta valores altos en los meses Octubre a Abril (máximos de Enero a Marzo) y bajos de Mayo a Setiembre.

Las demandas de agua en la región (típicamente agua potable para población, riego para agricultura y agua para industrias) presentan una secuencia que no coincide con la de los aportes superficiales. La mayor de las demandas, el riego, presenta en general los valores más altos en la primavera (Setiembre a Diciembre o Enero). La industria tiene una secuencia de demanda que depende de su naturaleza. Cuando está asociada a la producción agrícola (agro-industria, como el caso de la caña de azúcar en Tucumán) sus mayores valores se presentan de Mayo a Noviembre. El consumo de agua potable es de distribución más uniforme, casi constante a lo largo del año. El cuadro 1 ilustra un caso típico con los volúmenes requeridos por diferentes usos a abastecer con el embalse El Cadillal (río Salí)

Cuadro 1.- Demandas de agua para diversos usos – Embalse El Cadillal (Río Salí - prov. Tucumán)

Fuente : CED (2003)

Mes	D E M A N D A S						Demanda Total	Aporte del río
	Agua potable		Agua para industrias		Agua para riego			
	Q	Vd	Q	Vd	Q	Vd	Vd	Va
	(m3/s)	(hm3)	(m3/s)	(hm3)	(m3/s)	(hm3)	(hm3)	(hm3)
Sep	2,0	5.18	7.00	18.14	2.50	6.48	<b>29.80</b>	<b>9.85</b>
Oct	2,0	5.36	7.00	18.75	5.00	13.39	<b>37.50</b>	<b>10.47</b>
Nov	2,0	5.18	3.50	9.07	8.50	22.03	<b>36.28</b>	<b>17.94</b>
Dic	2,0	5.36	0.00	0.00	12.00	32.14	<b>37.50</b>	<b>33.64</b>
Ene	2,0	5.36	0.00	0.00	12.00	32.14	<b>37.50</b>	<b>81.22</b>
Feb	2,0	4.84	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>4.84</b>	<b>110.46</b>
Mar	2,0	5.36	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>5.36</b>	<b>106.99</b>
Abr	2,0	5.18	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>5.18</b>	<b>34.99</b>
May	2,0	5.36	5.00	13.39	0.00	0.00	<b>18.75</b>	<b>18.91</b>
Jun	2,0	5.18	7.00	18.14	0.00	0.00	<b>23.32</b>	<b>13.97</b>
Jul	2,0	5.36	7.00	18.75	0.00	0.00	<b>24.11</b>	<b>12.51</b>
Ago	2,0	5.36	7.00	18.75	0.00	0.00	<b>24.11</b>	<b>11.22</b>
Totales		63.07		115.00		106.19	<b>284.26</b>	<b>462.17</b>

Q = Caudal medio mensual demandado ; Vd = Volumen mensual demandado

Aportes del río Salí : estación El Cadillal – Fuente SSRH-EVARSA(2004)

Como se aprecia, en ninguno de los usos principales del agua en la región, las demandas coinciden con los aportes de los ríos. En los meses de buenos caudales en los ríos (Enero a Marzo) los consumos son mínimos, mientras los meses de mayor consumo se corresponden con las épocas de caudales bajos.

El único modo de abastecer y dar satisfacción a las demandas de agua en esta situación de defasaje entre la necesidad y la disponibilidad es acumulando agua en épocas de abundancia y sobrantes para transferirla hacia las épocas de mayor consumo y baja disponibilidad. Ello se logra con los embalses y el proceso de acumulación y transferencia se denomina “regulación”. Surge de allí la importancia de contar con embalses en un sistema económico-social que requiere del agua como factor determinante de la producción y el sostenimiento de la actividad humana.

Otro concepto asociado a la utilización de un recurso hídrico es el de la “garantía de servicio”. Como tal se define el porcentaje del tiempo en que la satisfacción de la demanda está asegurada plenamente. La prestación de un servicio debe ir acompañada con una garantía del mismo; de lo contrario no es posible planificar ningún sistema de producción o actividad basada en el agua ya que el riesgo de la actividad pasa a ser alto y no confiable. Cuando se abastece de agua a un conglomerado urbano o un complejo industrial o un área de producción agrícola, la falla en la provisión puede provocar colapsos productivos que no siempre pueden compensarse con otra fuente de abastecimiento. Por ello las garantías usualmente exigidas a cada fuente son altas (según el uso van de un 80 a un 95%).

Cuando se aprovecha un río sin posibilidades de guardar el agua, solo se toman sus caudales tal como se presentan en el ciclo natural. En tales casos, los caudales garantizados son muy bajos y la cantidad total de agua aprovechada en relación con el total que el río aporta anualmente es también muy baja. Por ejemplo, si se quisiera captar el río Salí en El Cadillal sin embalse (lo que se realizaba mediante el derivador La Aguadita desde principios del siglo XX), se dispondría de

volúmenes con garantía del 90% del tiempo tan solo de un orden del 20-25% de los que brinda un embalse como el allí construido.

En síntesis, los embalses tienen entonces como objeto y utilidad el regular el recurso hídrico permitiendo transferir agua hacia las épocas de mayor demanda, aprovechar un porcentaje mayor de la oferta natural anual y al mismo tiempo brindar una mayor garantía de servicio.

Se aprecia también la importancia y utilidad de los embalses en una economía con fuerte dependencia del agua. Ello resalta en especial cuando la demandante es la actividad agrícola (riego). A nivel mundial el uso de agua para fines de regadío toma alrededor de las 2/3 partes del total de agua consumida.

Cabe mencionar aquí otro rol asignado en muchos casos a los embalses, cual es el de protección contra los efectos devastadores de las inundaciones que producen las crecidas de los ríos. Si bien este rol no se vincula directamente a la "economía del agua", puede adquirir significativa importancia al evaluar el conjunto de beneficios que un embalse puede brindar. En efecto, en muchas regiones del mundo las crecidas de los ríos, por su frecuencia y magnitud, producen daños importantes a poblaciones, infraestructuras, cultivos y actividad económica en general, los que tienen significativa incidencia en la economía local. De allí que su mitigación sea un objetivo altamente deseable para una obra de embalse.

El rol de protección contra inundaciones que provee un embalse se produce por dos efectos que su presencia contribuye: a) la presencia de una gran superficie (lago) que produce lo que en la jerga se denomina "laminación" y que es la acumulación de grandes volúmenes de agua en una lámina de espesor relativamente reducido y b) la posibilidad de prevaciado de un volumen del embalse destinado a "contener" una crecida, reduciendo los caudales que continuarán hacia agua abajo por el cauce del río.

Diversos embalses construidos en la Argentina hasta los años '60-'70 del siglo pasado fueron concebidos sin asignarles mayor significación a la protección contra inundaciones. Ello se debió a que en su época no había actividad económica ni conglomerados urbanos agua abajo de los mismos que requirieran tal protección. El posterior avance de las urbanizaciones hacia los cauces de los ríos y de la actividad económica en general (principalmente la agricultura), generó el riesgo de inundaciones como aspecto de importante consideración en la operación de esos embalses, lo que obligó al replanteo de los criterios operativos de los mismos.

Entre los ejemplos a nivel mundial de importantes beneficios de embalses con relación a las inundaciones merece ser citado el de la presa de las Tres Gargantas sobre el río Yangtzé en China, actualmente en construcción. Este río produjo más de un millón de muertos en los últimos cien años, además de grandes daños e ingente devastación. En nuestro país entre los embalses que actualmente cumplen un rol significativo en esa materia se pueden citar a San Roque (río Primero, Córdoba), Cadillal (río Salí, Tucumán), Escaba (río Marapa, Tucumán), Río Hondo (Río Salí-Dulce), Chocón (río Limay, prov. Neuquén y Río Negro), Portezuelo Grande (río Neuquén) etc.

### **III.- Problemas asociados a los embalses**

La acumulación de aguas en los embalses trae aparejados problemas cuya previsión es clave para el logro de buenos resultados y para evitar consecuencias adversas que pueden impactar en el medio ambiente y las sociedades humanas que requieren de aquellos para el sostén de su vida y actividad económica.

Los principales problemas se refieren a las pérdidas que se producen como consecuencia de la acumulación. Estas se sintetizan en:

*Pérdidas de agua por evaporación.*- Estas son importantes en climas cálidos y geografías semi-desérticas, con fuerte insolación. En regiones húmedas la precipitación pluvial puede compensar en parte o totalmente estas pérdidas.

---

*Pérdidas de agua por infiltración en el vaso de embalse.*- Dependen de la naturaleza de las formaciones geológicas del vaso, esencialmente la permeabilidad y la conectividad que pueda haber con cuencas vecinas hacia las cuales el agua pueda percolar.

*Pérdidas de agua por infiltración a través de la presa y su cimentación.*- Ciertos tipos de presa, como las de materiales sueltos (o presas de tierra) son comparativamente más permeables que las presas de hormigón y por tanto tendrán mayores pérdidas por filtraciones a través y por debajo de su cuerpo. Cuando los macizos rocosos o de suelos bajo la presa son permeables exigen tratamientos especiales que forman parte de la ingeniería global de la obra y pueden resultar de importante costo.

*Pérdidas de volumen útil.*- La pérdida de volumen disponible en el embalse es un proceso progresivo debido a la ocupación por los sedimentos que todo río transporta. La intensidad de ese proceso depende de las características geológicas de la cuenca y del grado de protección contra la erosión hídrica que la misma tenga. Una geología desfavorable en la cuenca es la que presenta abundantes espesores de suelos (cuaternario) o rocas débiles, todos fácilmente erosionables por el agua. La protección de los suelos contra la erosión es aportada naturalmente por la cobertura vegetal en grados variables dentro de una gama que va desde suelos desnudos hasta bosque denso. La acción antrópica, en los procesos de deforestación y usos de suelos para agricultura, constituye un importante factor de activación de la acción erosiva de las corrientes de agua que termina gravitando seriamente en los aportes de sedimentos a los embalses y afectando su vida útil. La pérdida de volumen útil implica la pérdida de capacidad de regulación y de la cantidad de agua disponible y garantizable para los usos previstos.

Otros problemas asociados a los embalses son:

*Afectación de la calidad de las aguas.* Ello puede producirse por efecto de la detención de las aguas y su sometimiento a regímenes de variación térmica que inciden en los procesos bioquímicos que allí se suscitan. Según el tipo e intensidad de la afectación pueden tener influencia en los usos del agua (el más importante puede ser el encarecimiento del tratamiento para usos de bebida)

*Elevación de los niveles de las napas freáticas.*- Ello se produce en la región que rodea al embalse y se manifiesta más agudamente en los casos de llanura, con desniveles suaves y reducidos. Tal elevación de napas suele generar procesos de salinización que afecta a la productividad de tierras agrícolas con las consiguientes pérdidas económicas.

*Afectación de los cauces agua abajo.*- Al interrumpirse el flujo de un río mediante una presa de embalse se corta el proceso "transporte-sedimentación" de los materiales sólidos del cauce (gravas-arenas) preexistente en el tramo del río. El agua que libera la presa por sus órganos de descarga y aliviación (vertedero) produce la erosión de partículas del cauce que el río no repone ya que las que llegan desde la cuenca superior quedan atrapadas en el embalse. Como consecuencia de ello se produce un descenso del cauce en el tramo agua abajo de toda presa de embalse y efectos que pueden ser perjudiciales (descalzamiento de fundaciones de puentes, obras de captación y derivación de aguas que resultan "colgadas", etc.)

*Riesgos sobre la población agua abajo.*- La construcción de una presa, como toda obra de ingeniería para la actividad humana, conlleva el riesgo de una falla que produzca su colapso. En caso de presas de embalse agua arriba de localizaciones urbanas ribereñas, el riesgo de un colapso catastrófico debe ser tenido en cuenta. Se estima que el total de presas existentes actualmente en el mundo ronda los 400.000 y en los registros que se llevan figuran menos de 900 fallas con rotura (132 son de diques de colas o de residuos mineros). Se considera que tales registros son incompletos y, si se incluyeran las fallas de presas pequeñas y las ocurridas en China, donde el número existente es muy elevado pero de lo que se cuenta con escasa información, el número de fallas rondaría las 4000 (Vogel, 2001).

*Desarrollo de enfermedades de origen hídrico.*- Se producen por ejemplo en los embalses de escasa profundidad y fuerte asoleamiento (calentamiento). Caso típico es el de la esquistosomiasis o "enfermedad de las represas" (enfermedad parasitaria que se transmite por el solo

contacto de la piel sana con el agua contaminada de ríos o espejos de agua. En la Argentina el riesgo proviene de la Cuenca del Plata, que es compartida con los países vecinos Brasil y Paraguay, donde ya está instalada la enfermedad y hay numerosos embalses en la cuenca superior del río Paraná. El parásito llamado *schistosoma mansoni* infecta a una especie de caracoles, que luego eliminan las larvas que ingresan al organismo humano a través de la piel.

Estos caracoles están presentes en los ríos argentinos, donde también se encuentran otras especies que, al menos en laboratorio, resultaron susceptibles de la contaminación con esquistosomas, de acuerdo con investigaciones realizadas en el Centro de Patología Regional de Corrientes de la Universidad del Litoral.

*Afectación a la ictio-fauna.*- El cambio del régimen de caudales en el río puede afectar la vida acuática, al igual que la presencia de la presa, que constituye una barrera para los procesos migratorios de los peces. Si bien hay soluciones técnicas para este último problema (escala de peces), debe evaluarse en cada caso la magnitud del problema y sus reales implicancias, por el alto costo que pueden significar tales obras.

*Agudización de problemas de contaminación de las aguas.* Se refiere a ríos contaminados que llegan a embalses, donde se producen procesos de transformación en aguas calmas que agravan los problemas de calidad de las aguas. Un ejemplo es el embalse de Río Hondo sobre el río Salí/Dulce, en el límite entre Tucumán y Santiago del Estero. Durante el período de aguas bajas (Mayo-Octubre) coincidente con la producción azucarera y citrícola en plantas industriales de Tucumán, el agua tiene un alto grado de contaminación producto de esas actividades a las que se suman las descargas de efluentes cloacales crudos a cursos de agua naturales de numerosos conglomerados urbanos.

*Transformaciones agua abajo.*- A raíz de la reducción de los caudales de crecidas en los cauces agua abajo de los embalses, gracias a su acción atenuadora, se produce una reducción de las inundaciones de las planicies aluviales. Ello provoca frecuentemente procesos de avances de ocupación de esos espacios adyacentes a los cauces, al amparo de "evidentes" mejores condiciones frente al riesgo de inundación. Pero reducción del riesgo no significa eliminación del mismo, sino reducción de la frecuencia de ocurrencia de inundaciones en el valle fluvial. Así se producen fenómenos de inundación de baja frecuencia pero que ocurren en un contexto de fuerte ocupación del espacio bajo riesgo por urbanizaciones, instalaciones ribereñas, cultivos, etc., con los consiguientes daños agravados. Es decir que el beneficio de reducción de daños por inundaciones que brinda un embalse puede terminar en una situación más grave de inundaciones menos frecuentes pero con daños mayores. Evidentemente esta situación no es imputable a los embalses sino a la falta de planeamiento en el uso del territorio, característica inherente al sub-desarrollo.

Los problemas descriptos emergentes de la construcción de una presa y su embalse no se presentan obviamente siempre en modo aditivo ni revisten en todos los casos igual intensidad y gravedad. Es importante que en el planeamiento de un recurso hídrico superficial, donde los embalses juegan un rol determinante, los posibles efectos señalados sean debidamente previstos y evaluados desde las fases iniciales. Si bien la evaluación de todos esos aspectos tropieza con dificultades (la más frecuente es la escasez de datos sobre el medio físico), debe estudiarse cada caso tratando de prevenir y mitigar los efectos ambientales perjudiciales.

#### **IV.- La discusión mundial sobre las presas y los embalses**

El tema de las presas y los embalses en el mundo se ha constituido en una cuestión altamente polémica, basada en las evidencias sobre los efectos detrimentales sobre el medio ambiente ocurridos en diversas partes del mundo, los altos costos de los emprendimientos y su impacto en las economías de los países y los bajos beneficios brindados por aquellas obras, en relación con los esperados.

No es intención del presente trabajo de divulgación terciar en la polémica, lo que sin duda tomaría un extenso espacio. Tan sólo se conceptualizan los cuestionamientos más significativos que apuntan hacia las obras de embalse por parte de grupos ambientalistas o en general opuestos a

---

aquellas. Asimismo, se resumirán argumentos que sostienen la necesidad de los embalses como herramientas de la actividad humana y supervivencia del hombre en la naturaleza. El adecuado balance de beneficios y desventajas debe presidir la toma de decisiones en un tema de naturaleza tan importante para el desarrollo y la vida.

Uno de los documentos internacionales básicos que efectúan un análisis a fondo del rol cumplido por los embalses (para limitar la cita de abundantes referencias) es el de la Comisión Mundial de Represas **CMR** (World Commission on Dams **WCD**), constituida en Mayo de 1998. La WCD fue creada con el soporte del Banco Mundial y la IUCN (World Conservation Union, organismo con la participación de 70 estados, 100 agencias gubernamentales y 750 ONG). Tuvo como objeto la discusión del rol de las grandes presas en el desarrollo a la luz de las reacciones a un informe del Departamento de Evaluación de Operaciones del Banco Mundial. Se consideró que la interrupción del diálogo entre ONGs, el sector privado, gobiernos y organismos internacionales sobre la construcción de presas en el mundo imponía altos costos a todas las partes y se asumió que ningún grupo involucrado en el conflicto podría resolver por sí solo el problema.

El mandato de la **WCD/CMR** fue (WCD/CMR, 2000):

- Revisar la eficacia de las grandes represas para promover el desarrollo y evaluar alternativas para el aprovechamiento del agua y la energía.
- Formular criterios aceptables internacionalmente y, donde fuera adecuado, guías y normas, para la planificación, diseño, evaluación, construcción, funcionamiento, inspección y desmantelamiento de represas.

El informe final de la WCD/CMR fue emitido en Noviembre de 2000 y se tituló *“Las presas y el desarrollo: Un nuevo marco para la toma de decisiones”*.

Se transcriben a continuación algunos párrafos que sintetizan conceptualmente las conclusiones que se estiman más relevantes de un trabajo de gran extensión.

*“Las enormes inversiones y los impactos generalizados de las grandes represas han inflamado conflictos relacionados con la ubicación y los impactos de las grandes represas, tanto las existentes como las propuestas, convirtiendo hoy en día a las grandes represas en uno de los asuntos más controvertidos en materia de desarrollo sustentable. Sus proponentes destacan las demandas de desarrollo económico y social que las represas intentan satisfacer, como irrigación, electricidad, control de inundaciones y suministro de agua. Sus opositores señalan los impactos adversos de las represas, como la carga del endeudamiento, los sobrecostos, el desplazamiento y empobrecimiento de personas, la destrucción de importantes ecosistemas y recursos pesqueros, y la inequitativa distribución de costos y beneficios”*.

*“Con el trasfondo de estos conflictos y presiones, la Comisión Mundial de Represas comenzó su trabajo en mayo de 1998. Una de las primeras cuestiones en las que los miembros de la Comisión estuvieron de acuerdo fue en que las represas son sólo un medio para alcanzar un fin. ¿Cuál es ese fin? ¿Qué importancia tienen los desafíos a los que deben enfrentarse las grandes represas? ¿Y con qué probabilidades de éxito pueden enfrentarse esos desafíos?”*

*“La CMR llegó a la conclusión de que el “fin” que debe alcanzar cualquier proyecto de desarrollo es el mejorar de un modo sustentable el bienestar humano, es decir, producir un avance significativo en el desarrollo humano, sobre una base que sea viable económicamente, equitativa socialmente y ambientalmente sustentable. Si la construcción de una gran represa es el mejor modo de alcanzar este objetivo, merece ser apoyada. Cuando otras opciones son una mejor alternativa, ellas deberían ser favorecidas, y no las grandes represas. Así pues, el debate sobre las represas cuestiona las perspectivas con la que las sociedades desarrollan y manejan sus recursos de agua, en el contexto más amplio de las alternativas del desarrollo”*.

*“Después de más de dos años de estudios rigurosos, de diálogo con quienes están a favor y en contra de las grandes represas, y de reflexión, la Comisión opina que no existe ninguna duda justificada acerca de cinco puntos básicos:”*

- 1. Las represas han contribuido de un modo importante y significativo al desarrollo humano, y los beneficios que se han derivado de ellas han sido considerables.*
- 2. En demasiados casos, para obtener estos beneficios se ha pagado un precio inaceptable, y frecuentemente innecesario, especialmente en términos sociales y ambientales, por parte de las personas desplazadas, las comunidades río abajo, los contribuyentes fiscales y el medio ambiente.*
- 3. Comparativamente con otras alternativas, la falta de equidad en la distribución de los beneficios ha puesto en tela de juicio el valor de muchas represas a la hora de satisfacer las necesidades de agua y energía para el desarrollo.*
- 4. Al incluir en la discusión a todos aquellos cuyos derechos están implicados y que corren los riesgos asociados con las diferentes opciones para el desarrollo de los recursos de agua y energía, se crean las condiciones para una resolución positiva de los conflictos entre intereses contrapuestos.*
- 5. Llegando a resultados negociados se mejorará considerablemente la efectividad para el desarrollo de los proyectos de agua y energía, al descartar proyectos perjudiciales en una fase temprana, y ofrecer como alternativa sólo las opciones que los principales interesados coinciden en considerar como las mejores para satisfacer las necesidades en cuestión.*

Los conceptos hasta aquí expuestos sobre la controversia mundial sobre los embalses deberían dar lugar en nuestra sociedad a debates abiertos al momento de decidirse sobre la construcción de una represa. Las distintas argumentaciones sectoriales que lleven a una definición final, se supone que darán sustento a un deseable consenso que valide la misma. De todos modos, desde el punto de vista del planeamiento estratégico de una región, es decir en materia de decisiones a largo plazo, hay conceptos que no pueden soslayarse como ser:

- Los diversos usos del agua son competitivos entre sí. Es decir qué, a la larga, asignar agua a un sector implicará negársela a otros.
- La cantidad de agua disponible en una región es fija, mientras las demandas son crecientes, al menos como consecuencia del crecimiento demográfico (en general no controlado)
- La competencia por el agua no sólo se da entre diversos usos sino también entre diferentes regiones. Hay regiones con abundante disponibilidad hídrica pero con restantes condiciones para el desarrollo desfavorables, mientras otras disponen de insuficientes recursos de agua pero reúnen condiciones más propicias para el crecimiento de la actividad económica y la población. Los trasvasamientos de agua entre regiones y cuencas materializan esa realidad de usos en localizaciones distintas de donde hay disponibilidad hídrica.
- En la mayoría de los casos el crecimiento económico está vinculado a la disponibilidad “oportuna” de agua. La naturaleza por lo general no la brinda cronológicamente de acuerdo a esas necesidades. Es imprescindible transferir agua del tiempo de su disponibilidad a la época de su necesidad.
- El agua como insumo básico solo tiene alternativa como fuente de energía. La energía eléctrica que un río ofrece (hidroelectricidad) puede ser provista a partir de otras fuentes (combustibles fósiles, nuclear, solar, geotermia, etc.). El agua para consumo humano, para regadío y para industrias no tiene alternativa y solo puede ser eficientizado su uso, permitiendo una mejor distribución entre demandantes. Solo puede considerarse una alternativa la fuente de abastecimiento, es decir el agua subterránea, que es abundante en el planeta, pero que también plantea requerimientos energéticos para su extracción, lo que puede llegar a constituir un problema no menor.

---

Ello hace que a largo plazo, la construcción de embalses, en orden y magnitud a definir, es insoslayable, como única forma de asegurar agua a una población y actividad económica crecientes.

No obstante lo inevitable de los embalses hacia el futuro, el proceso conducente a una propuesta de aprovechamiento de un recurso hídrico implica acciones de complejidad mayor que la cons-

trucción de una presa de embalse, la cual es abordable con los recursos de la ingeniería y disciplinas complementarias y con la adecuada provisión de recursos económicos. A modo de ejemplo, los usos para regadío (el mayor consumidor de agua) son de motorización mucho más compleja, en virtud de los múltiples factores de difícil manejo que participan en una economía de mercado (fuentes alternativas de agua, propiedad de la tierra, financiación del sistema, organismos de manejo, niveles de precios, predisposición a la inversión de los factores privados, etc.). Cuando la utilización prevista del agua es para usos múltiples, se añadirán la competencia por la asignación de cuotas para cada uno, la forma de administrar en años sin garantía, etc. En todos los casos se producirán impactos ambientales en grados diversos que deberán ser evaluados en forma previa a la toma de decisiones. En un nivel global del planeamiento económico se deberán tomar decisiones en materia de distribución de los costos y los beneficios del emprendimiento.

La falta de resolución de los complejos aspectos señalados lleva a que los aprovechamientos no se desarrollen plenamente hasta muchos años después de que las presas se terminan y entran en servicio. Es el caso de las presas de embalse existentes en la provincia de Tucumán. Ello, fuera de significar un ineficiente uso de recursos económicos y naturales, lleva asociado el problema de la progresiva pérdida del volumen útil del embalse por la acumulación de sedimentos traídos por el río, lo que va produciendo una menor capacidad de "regulación" y menor cantidad de agua garantizable, es decir progresiva pérdida de los beneficios esperados. Como consecuencia de ese fenómeno natural surge la necesidad de preservar la capacidad de los embalses, a fin de mantener su utilidad por períodos de tiempo lo más extendidos posible.

#### **V.- Los embalses de la Provincia de Tucumán, Argentina**

La provincia de Tucumán, en el noroeste argentino, constituye una zona de gran riqueza hídrica, representada por la cuenca del río Salí-Dulce, con un caudal medio de 104 m<sup>3</sup>/s. La calidad de los suelos, la variedad climática y la disponibilidad de agua configuran los principales recursos naturales de esta provincia de reducida extensión (27000 km<sup>2</sup>) pero de gran densidad de población (más de 1.000.000 de habitantes).

La principal actividad económica es agrícola y agro-industrial (caña de azúcar, citricultura, granos, tabaco e industria metal-mecánica).

La utilización del recurso natural agua está limitada por la disponibilidad de reservorios naturales que permitan su acumulación para adecuar la variabilidad natural a la demanda real.

Los embalses disponibles actualmente y los de posible ejecución no conforman un volumen suficiente para una "regulación total plurianual" (aprovechamiento total del agua disponible). Los que hoy operan tienen una vida entre 27 y 56 años y algunos están sometidos a fuertes procesos de colmatación por sedimentos con disminución importante de su capacidad regulatoria y, en el caso del embalse El Cadillal, afectación de la calidad de las aguas (Adler, 2004). En la totalidad de los embalses, a pesar del tiempo transcurrido desde su implantación, no se llegaron a desarrollar totalmente los sistemas de uso del agua previstos (redes de riego, agua potable, etc.).

La situación actual de la provincia muestra entonces un panorama de embalses que promedian más de la mitad de su vida útil y no llegaron a prestar íntegramente su servicio previsto. Surge así el interrogante sobre la capacidad residual de los reservorios para afrontar las demandas de aquí al futuro, a la luz de las transformaciones económicas que plantean la necesidad de expansión y mejoramiento de la producción agrícola, que llevarán al establecimiento final de las demandas y seguramente a exigencias acentuadas.

Los embalses existentes y sus volúmenes originales y actuales se muestran en el Cuadro 2 y su ubicación en la Figura 1. Se incluye el embalse de Río Hondo puesto que, si bien los usos de sus aguas se producen en la provincia de Santiago del Estero, el embalse se desarrolla en parte importante en territorio de Tucumán y es colector final del río Salí a su salida de la provincia, por lo que su estudio permite generar conocimiento sobre la cuenca superior, de interés para los futuros embalses, en particular el ritmo de aterramiento.

En el Cuadro 3 se muestran los principales embalses de posible ejecución en la cuenca del río Salí, en la provincia de Tucumán.

Cuadro 2 – Embalses existentes en la Provincia de Tucumán

EMBALSE	USOS ACTUALES DEL AGUA	RIO	VOLUMEN ORIGINAL (Año de cierre) Hm <sup>3</sup>	VOLUMEN ACTUAL (AÑO DE MEDICION) Hm <sup>3</sup>	PORCENTAJE DE PERDIDA DE VOLUMEN UTIL
El Cadillal	Riego - Agua Potable - Industrias – Hidroelectricidad	Salí	295 (1966)	192 (2001)	35%
Escaba	Riego – Industrias - Hidroelectricidad	Marapa	142,50 (1948)	115,5 (2001)	18,9%
La Angostura	Sin usos actuales	La Angostura	79 (1979)	Sin mediciones	
Río Hondo	Riego - Hidroelectricidad	Salí – Dulce	1658 (1966)	1442(2001)	13%

Fuente : ORSEP (Organismo Regulador de Seguridad de Presas-Regional Norte)

Cuadro 3 – Principales embalses posibles futuros

EMBALSE	RIO	VOLUMEN TOTAL DEL EMBALSE Hm <sup>3</sup>	USOS PRINCIPALES PREVISTOS	OBSERVACIONES
Potrero del Clavillo	Gastona y Medina	109,2	Hidroelectricidad	Trasvasamiento de la cuenca del río Gastona hacia el Medina
Villa Lola	Medina	95	Riego- Industria– Agua potable	Compensador de Potrero del Clavillo
Potrero de las Tablas	Lules	62,5	Agua potable-Industria- Riego-Hidroelectricidad- Control de crecidas	

Hay otros embalses previstos en diversos ríos de la provincia pero sus volúmenes útiles son en general comparativamente muy inferiores a los seleccionados en el Cuadro 3.

### **Presa y embalse Potrero de Las Tablas**

Esta obra merece una atención particular en virtud de que su ejecución está en los propósitos de sucesivos gobiernos provinciales de los años recientes. Si bien los usos previstos son múltiples, la motivación principal esgrimida para justificar su realización es el abastecimiento de agua potable para el área metropolitana de la capital provincial (SEOP 2000). Los restantes usos y beneficios son de menor significación comparativa.

La provisión actual de agua potable en el área metropolitana es de 555 litros /habitante-día, según informes de la SAT (Sociedad Aguas del Tucumán), ente prestador de los servicios sanitarios. Ese valor es en realidad la suma de consumos y pérdidas en las redes (estas últimas se presumen elevadas), pero igualmente es muy superior a lo que se considera normal en consumo residencial (250-300 l/h.d). Aún considerando que el alto valor mencionado incluye consumos industriales (de incidencia relativamente baja en este caso), resulta que se está ante un caso de uso muy ineficiente del agua potable ya sea por alto consumo o por altas pérdidas.

Una política de seguir abasteciendo un consumo de alta ineficiencia en lugar de procurar mejorar la tasa de consumo y reducir las pérdidas (es decir racionalizar el uso), parece al menos no racional y constituye una inadecuada asignación de recursos económicos. Precisamente una de las recomendaciones más importantes de la WCD/CMR se refiere a que se debe procurar primero establecer pautas racionales en el consumo de agua para maximizar su eficiencia antes de tomar la decisión de la construcción de un embalse y afrontar todas las implicancias ya señaladas. Además de la mala asignación de recursos se afecta prematuramente un importante recurso natural como es el “vaso de embalse”, como se explica en el siguiente apartado.

En síntesis, a juicio del autor, la construcción de la presa de embalse Potrero de las Tablas sería prematura y afectaría seriamente el recurso hídrico superficial. Su ejecución debería postergarse hasta el tiempo en que el uso eficiente del agua no encuentre alternativas más racionales y sustentables de abastecimiento.

## **VI.- Preservación de los embalses existentes y futuros**

Lo expuesto en el apartado II ilustra sobre la importancia de los embalses en la disponibilidad de agua superficial para una región. De ello resulta que cuando se evalúa el recurso hídrico disponible no solo importan los caudales medios de los ríos sino también la posibilidad de regularlos. Como ello solo es factible con embalses, la disponibilidad de ellos se suma al concepto de “recurso hídrico”.

Un embalse es posible cuando se da la conjunción de disponibilidad de:

- Un “vaso”, que es un volumen determinado por la topografía del territorio donde es posible acumular cantidades importantes de agua (un valle, una depresión en el terreno, etc.).
- Un “cierre” donde construir la clausura del cauce del río (presa), que debe ser lo más estrecho posible para que su costo sea compatible con los beneficios deseables (garganta, estrechura, etc.).

Un vaso sin un cierre económico puede hacer inviable su aprovechamiento y un cierre interesante sin vaso significativo brinda un embalse de reducido volumen y escaso interés para la regulación. Como la disponibilidad de vasos y cierres no es frecuente por lo general en una determinada región, se aprecia que la posibilidad de aprovechar al máximo un recurso hídrico superficial depende del conjunto “agua + vaso + cierre”.

Si bien la provincia de Tucumán cuenta con un abundante recurso hídrico (3280 Hm<sup>3</sup>/año), no cuenta con suficiente cantidad de embalses posibles. De ello surge la importancia de preservar los existentes para que brinden su servicio el mayor tiempo posible, así como planificar adecuadamente los futuros. Ello se aprecia mejor cuando se analiza uno de los aspectos clave de los embalses, señalado en el apartado III, cual es la pérdida del volumen útil.

En efecto, la acumulación de sedimentos se inicia inmediatamente que se produce el cierre del río con la presa y comienza la reducción progresiva de la capacidad de embalse. Ese proceso está presente en forma ininterrumpida con tendencia a acentuarse por los malos manejos de los usos del suelo en la cuenca de alimentación (expansión agrícola, deforestación, sobrepastoreo, etc.). En embalses de tamaño mediano a pequeño como los existentes y disponibles en la provincia de Tucumán la colmatación con sedimentos y sus consecuencias constituyen problemas graves de suma complejidad y difícil resolución, que requieren un abordaje integral. Si se considera que los embalses en general han superado la mitad de su vida útil, que no se desarrollaron totalmente los usos previstos y simultáneamente están sometidos a la pérdida de volumen útil, el panorama hacia el futuro resulta problemático. Frente a esa situación, realizar nuevas obras, sin adecuada planificación de los usos, implicará una contribución a la pérdida de recurso hídrico disponible para las futuras generaciones, ya que el aterramiento de los embalses sin que lleguen a prestar sus servicios en plenitud implicará una condena para ellas. Con los embalses colmatados se vuelve a la situación previa y la disponibilidad de agua baja drásticamente.

En la provincia de Tucumán, la escasez de vasos naturales plantea asimismo qué, para los embalses existentes, no hay vasos alternativos ni lugares para cierres que reemplacen a posteriori a esas obras a la época de su agotamiento. Su dragado sería de costo elevado, con fuertes impactos ambientales y sólo podría ser encarado por una actividad económica muy rentable y una sociedad con capacidad económica de pagarlo.

De lo expuesto surge la importancia de la preservación de los volúmenes disponibles en los embalses provinciales existentes y la necesidad de una planificación racional en las decisiones sobre los futuros. El ejemplo de la propuesta construcción de la presa Potrero de las Tablas es ilustrativo en cuanto a que se corre fuerte riesgo que con ella se incurra en igual situación que en los restantes embalses existentes en la provincia.

En el marco de usos ineficientes del agua, la construcción prematura de embalses implica la "dilapidación del recurso hídrico", interpretado éste como la suma de "río + vaso + cierre", restándolo a las generaciones futuras.

### Referencias

**Adler, F.J.** (2004): *"Embalse El Cadillal (prov. de Tucumán). Situación actual y futura"*. CET. Revista de la Fac. de Ciencias Exactas y Tecnología de la Univ. Nac. de Tucumán. Nº 25: 48-56.

**CED** (2003): Comisión coordinadora y de control de embalse y desembalse de los diques El Cadillal, Pueblo Viejo y Escaba. Gobierno de la Provincia de Tucumán. *Informe interno sobre demandas de agua para el año 2004*

**SEOP** (2000): Gobierno de la Prov. de Tucumán - Secretaría de Obras Públicas. *"Presa de embalse Potrero de las Tablas y obras complementarias"*. Publicación de divulgación general.

**SSRRHH-EVARSA** (2004): *"Estadística Hidrológica de la República Argentina"*. Ministerio de Infraestructura y Vivienda. Secretaría de Obras Públicas. Subsecretaría de Recursos Hídricos. Evaluación de Recursos S.A.

**WCD/CMR** (2000): <http://www.dams.org/report/overviews.htm>

Ver mapa a continuación.

