



Foto D. Caridi

Balsa «La Niña» bombeando agua desde la superficie del embalse El Cadillal hacia el cuenco del aliviadero de la presa, en una anómala operación de derivación de aguas hacia la planta potabilizadora que abastece el Gran San Miguel de Tucumán

Embalse El Cadillal (Prov. de Tucumán) *situación actual y futura*

Franklin J. Adler

Los embalses artificiales, producto de la acumulación del agua de los ríos, cumplen un significativo rol en el aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales para riego, bebida, industrias, etc. Su beneficio primario es la transformación de los caudales naturales variables a los demandados por los usos del agua, generalmente no coincidentes entre sí. Con los embalses se logra mayor disponibilidad y seguridad en la provisión de agua para los usos. Así un recurso hídrico superficial se mide por los caudales de los ríos y los volúmenes disponibles donde es posible guardar el agua.

La ejecución de embalses mediante diques tiene no obstante impactos importantes sobre el ambiente que deben ser considerados desde las etapas iniciales.

El Cadillal es el embalse de mayor envergadura e importancia en Tucumán. Los problemas de pérdida de volumen útil por colmatación con sedimentos y los de captación y calidad del agua para bebida requieren una acción decidida del Estado a fin de evitar restricciones futuras a los usuarios y la pérdida de ese recurso natural.

Palabras clave : Embalse - El Cadillal – Recursos hídricos

Reservoirs And Surface Water Resources. El Cadillal (Argentina). Present - Future State

Artificial reservoirs, product of the accumulation of the natural water of rivers by man-made dams have a significant role in the exploitation of surface water resources for irrigation, drinking, industries, etc. Its primary benefit is the transformation of the variable natural discharges to the water use requirements, generally not related with one another. Dams and reservoirs offer greater availability and security in the water provision for all uses. Thus a surface water resource is evaluated by annual runoff of the rivers and the volumes available where it is possible to keep the water (reservoirs). Despite that, the execution of reservoirs by building dams has important impacts on the environment that must be considered from the initial stages.

"El Cadillal" is the largest dam and reservoir in Tucumán and also the most important. It supplies 56% of the drinking water demand from the urban conglomerate of the capital city of the province and provides irrigation water for 35000 ha and water for industries.

The problems of loss of impounding capacity by progressive filling with sediments and those derived from the water intake affecting water quality require a decided action in order to avoid future restrictions to the users and the loss of that natural resource.

Usual impacts of dams and reservoirs on the environment are described in the paper and comments are made about the discussion opened worldwide on the convenience of such kind of actions on water resources.

Key words: Reservoir, El Cadillal, Water resources

Franklin J. Adler

Egresado de la Universidad Nacional de Tucumán como Ingeniero Civil, especialidad Hidráulica en 1969. Se desempeñó en la ex Agua y Energía Eléctrica desde 1969 hasta 1985 en la ejecución de proyectos de obras hidráulicas, principalmente en el complejo Potrero del Clavillo, presa el Bolsón y estudios para el Alto Río Bermejo (ríos Pescado e Iruya). Fue director del Laboratorio de Construcciones Hidráulicas de la FACET, UNT desde 1997 a 2003.

E-mail : fadler@herrera.unt.edu.ar

Introducción

El embalse de El Cadillal (llamado también Gobernador Celestino Gelsi) es el reservorio artificial de aguas más grande existente actualmente en la provincia de Tucumán, no sólo por su envergadura comparativa sino por el volumen de agua regulado y las demandas que satisface.

Se ubica al Norte de la ciudad capital de la provincia, San Miguel de Tucumán, a aproximadamente 20 km de distancia hacia agua arriba del río Salí, sobre el que está construida la presa (ver figura 1). Este río atraviesa luego por el ámbito urbano denominado Gran S.M. de Tucumán (la ciudad capital y su conglomerado urbano periférico).

Habilitada la presa que cierra el vaso del embalse en el año 1966, han transcurrido 38 años de funcionamiento, durante los cuales se ha recogido una significativa experiencia, la que resulta importante aquilatar a fin de preservar ese patrimonio infraestructural, pero más que nada preservar y mantener los beneficios que una obra de esa naturaleza brinda a la sociedad y su economía.

El presente trabajo tiene como objeto exponer en breve síntesis un análisis sobre el comportamiento del embalse desde su implantación, los problemas surgidos durante su operación, al tiempo de efectuar consideraciones prospectivas que orienten una política de Estado sobre tan importante recurso natural, clave para la economía de la provincia de Tucumán.

La provincia de Tucumán posee un importante recurso hídrico superficial, pero su posibilidad de aprovecharlo está condicionado, por una parte, por el tratado interprovincial de la Cuenca Salí-Dulce que establece el modo de repartición de volúmenes con las provincias de Santiago del Estero y Córdoba y, por otra, por sus posibilidades de regularlos mediante reservorios de acumulación que permitan adecuar los caudales naturales de los ríos a los requeridos por los usos (riego, agua para población e industrias, etc.). Sin un embalse, el agua aprovechable de un río, en las condiciones hidrológicas de la región, puede ser del orden de un cuarto de lo factible contando con aquel. Por otra parte, los embalses tienen una vida acotada, ya que desde su implantación se ven sometidos al proceso de colmatación con sedimentos producidos por las cuencas y traídos por los ríos. Surge entonces la importancia del tema de los embalses en general y de El Cadillal en particular en la economía del agua para la provincia y sus posibilidades basadas en el uso del recurso hídrico.

Aspectos generales

El caudal medio anual histórico del río Salí en el sitio del embalse es de 15,8 m³/s, o sea un volumen anual de ~500 Hm³ (1 Hm³=1000000 m³) para el período 09/1913-08/2003 [SSRRHH-EVARSA(2000)]

El clima en la cuenca se caracteriza por temperaturas extremas de 41.3°C y -4.5°C, con una media anual de 18°C. Las precipitaciones medias anuales rondan los 700 mm. (Información de Agua y Energía, ex Empresa del Estado). La geología de la cuenca de 4700 km² se manifiesta por formaciones de rocas sedimentarias, piroclásticas, producto de actividades ígneas y efusivas de gran intensidad: areniscas, brechas, tobos y meláfirosumamente movidas, diaclasadas y falladas. Parte importante de la cuenca, en sus niveles más bajos, está cubierta por suelos limo-loésicos fácilmente erosionables y con cobertura vegetal pobre, con actividad agrícola que tiende a su eliminación.

El embalse tiene actualmente una superficie máxima de 1283 ha y una profundidad máxima de 72 m.

El agua acumulada es utilizada para los siguientes usos, de acuerdo a prioridad decreciente: a) abastecimiento de agua potable, b) agua para industrias, c) agua para riego, d) atenuación de crecidas y e) generación de hidroelectricidad. Los principales rasgos de estos se sintetizan a continuación:

Agua potable. - El Cadillal aporta alrededor del 56% del volumen total del agua potable consumido en el conglomerado Gran S.M. de Tucumán. Tiene una planta potabilizadora al "pie de la presa", tomando el agua a la salida de las turbinas de la central hidroeléctrica. Si bien el caudal de agua previsto para ese uso es de 10800 m³/hora (3 m³/s), actualmente se extraen 7200 m³/h ya que solo están construidos dos de tres baterías de filtros en la planta potabilizadora. Un acueducto de hormigón pretensado de 22,4 km de longitud y 1500 mm de diámetro conduce el agua hacia la zona de consumo.

Agua para industrias. - Las principales industrias abastecidas son los ingenios azucareros y las industrias citricolas, ubicadas al norte y este del conglomerado urbano de la capital. Los retornos de esas industrias plantean problemas de contaminación ambiental serios cuya resolución constituye un tema de fuerte impacto en la cuenca.

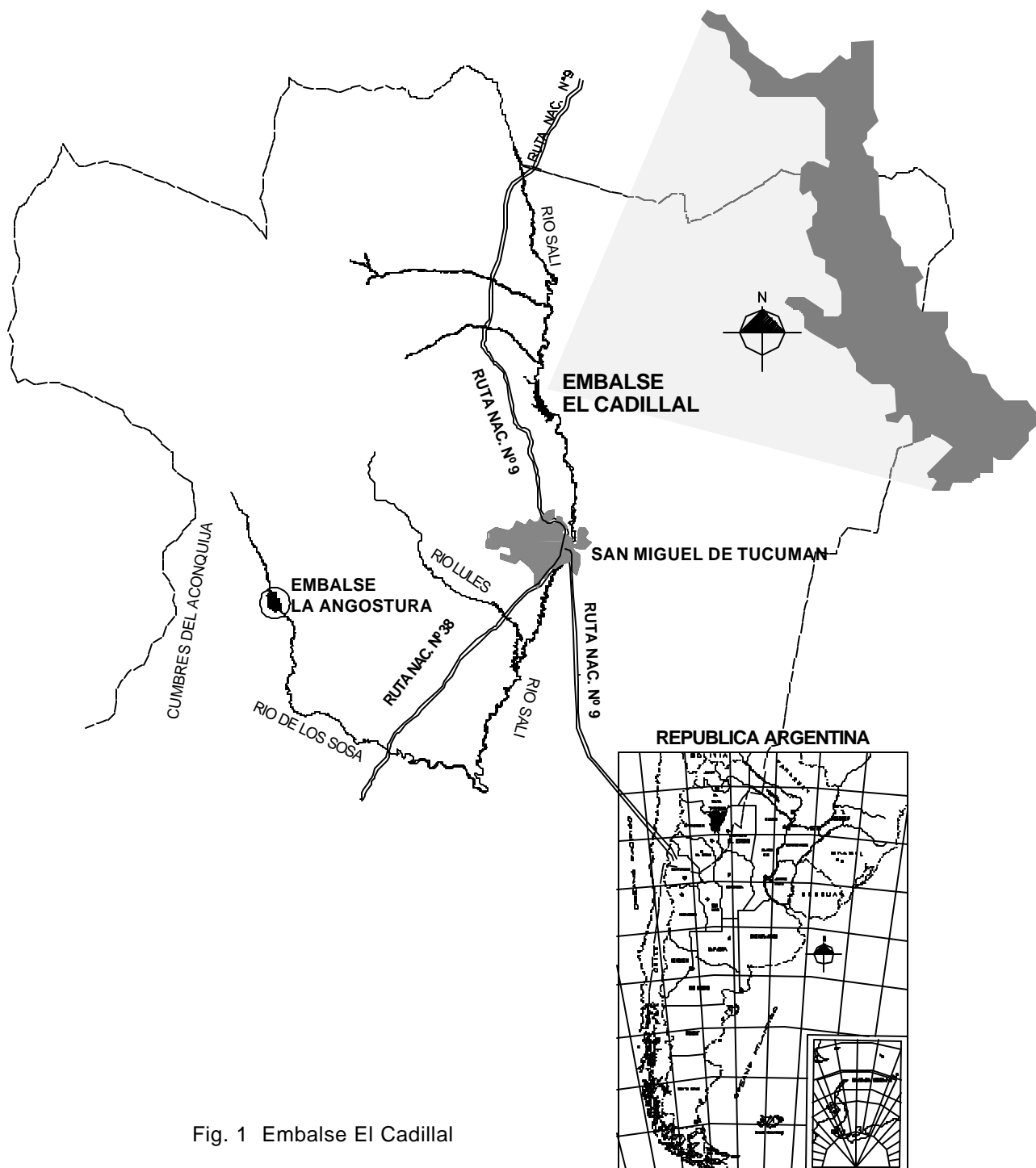


Fig. 1 Embalse El Cadillal

Agua para riego.- Con el embalse El Cadillal se previó originalmente regar unas 50000 has. No obstante hoy se riegan 35000 has. La red de canales previstos no se construyó en toda la extensión prevista. Asociada a la red de riego existente hay una red de desagüe y drenaje de significativa importancia pero que tampoco fue completada. Parte de los usos se alimenta captando el agua del cauce por medio del dique derivador La Aguadita, cercano a la ciudad de Tucumán, que data de los últimos años del siglo XIX y que tiene un muy buen estado de conservación. Desde los canales de cabecera de la red de riego se alimenta la demanda industrial de cuatro ingenios azucareros. Una derivación lateral del canal matriz, denominada Canal del Este, fue construida para regar 15000 ha pero solo se habilitó un primer tramo de 9 km para llevar agua al Ingenio La Florida.

Protección contra inundaciones.- Agua abajo de la presa el río Salí tiene en sus riberas las ciudades de S.M. de Tucumán y la Banda del Río Salí, en las cuales el avance de la urbanización ocupó partes importantes de la planicie aluvial, con los riesgos que esto implica. Ello y otros problemas suscitados motivaron que el riesgo de inundación se transformara en un condicionante de la operación del embalse. Este aspecto se analiza mejor más adelante.

Hidroelectricidad.- Túnel corto mediante, al pie de la presa El Cadillal se aprovecha el salto y la descarga de los caudales para la generación de energía hidroeléctrica. La potencia instalada de la usina es de 14000 kw y la generación media anual de 52 Gwh. Esta cantidad de energía es tan solo un 4,5% del consumo total actual de la provincia, es decir que no tiene significativa incidencia en el balance energético provincial, pero es un sub-producto de bajo costo que no hay razón para descartar. La operación de la presa y el aprovechamiento hidroeléctrico está concesionada a una empresa privada (Hidroeléctrica de Tucumán S.A.), que tiene a su cargo los trabajos de conservación y mantenimiento de las obras civiles y electromecánicas.

Problemas

La presa y el embalse El Cadillal han tenido en los últimos años diversos problemas que se describen sintéticamente. Se omiten problemas en estructuras y órganos operativos que no tienen vinculación con los aspectos económicos y la disponibilidad de agua del embalse y que dieron motivo en su oportunidad a tareas de reparación y mantenimiento normales dentro de estos tipos de obras.

Pérdida de volumen útil. Con los datos de la batimetría (medición de la topografía del fondo del lago) del año 2001, es decir a 36 años de su cierre, se estima que el

embalse perdió el 35% de su capacidad total por efecto del atarquinamiento o deposición de sedimentos provenientes de la erosión natural de la cuenca. Ello equivalió a un ritmo promedio de 1 %/año y se traduce en una progresiva pérdida de capacidad de regulación por pérdida de volumen útil, es decir que la garantía de cubrimiento de las demandas se va reduciendo año tras año. Ello es un proceso insoslayable en todo embalse, pero debe tenerse en cuenta que ya han pasado 39 años y no se han desarrollado todos los usos previstos para esta obra, por lo que puede considerarse que esa pérdida de capacidad regulatoria se traduce inevitablemente en que El Cadillal no podrá en los próximos años llegar a brindar los beneficios que se esperaban cuando fue concebido y construido.

La preservación del volumen útil del reservorio, vital para asegurar los usos del agua en el futuro, se vincula al control en el uso del suelo en la cuenca y a los criterios operativos del embalse, esto último referido a las formas de reducir la retención de sedimentos en su seno.

Problemas de la Obra de Toma y la acumulación de sedimentos. El Cadillal, siendo el principal abastecedor de agua de bebida para el Gran S.M. de Tucumán, no posee una obra de toma adecuada para ese fin. La captación de agua del embalse para ser llevada a la planta potabilizadora ubicada inmediatamente agua abajo se realiza con la misma obra de toma que existe para la usina hidroeléctrica y para riego. Ese tipo de toma, muy profunda, es inadecuada para derivar agua. Las tomas para agua potable deben ser torres con ventanas a varias alturas que permitan elegir la profundidad de captación y el agua de mejor calidad, según la época del año, ya que en un cuerpo de agua estática como es un embalse se produce estratificación de aguas, con diferentes propiedades (temperatura, concentración de sales, etc.), lo cual puede incidir desfavorablemente en los costos de potabilización (ver Figura 2).

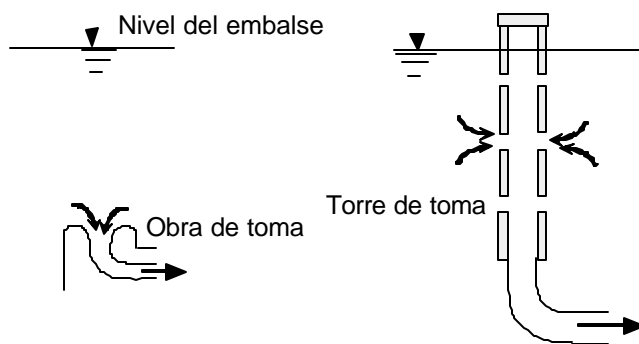


Fig. 2 Captaciones de agua de embalse

La extracción de agua para población desde la toma para riego y electricidad proviene del hecho de que la decisión de asignar al embalse función de abastecedor de agua de bebida fue posterior a su proyecto, con la obra en construcción. No estaba prevista la toma adecuada a tal fin y ello obligó a emplear una toma para otros usos y agregar una captación adicional a la salida de la central hidroeléctrica (en el canal de restitución al río).

A causa del empleo de este tipo de toma inadecuada, se produce el ingreso de aguas profundas con carga de sedimentos en suspensión cuando ingresan crecientes importantes al embalse, al tiempo de captarse aguas con menor tenor de oxígeno disuelto y mayor carga de sales en épocas de primavera-verano cuando el nivel del embalse baja y se produce un fuerte calentamiento.

Las batimetrías realizadas vienen mostrando que el nivel de acumulación de los sedimentos frente a la zona de la presa y las torres de toma de agua ya han alcanzado y superado el nivel del umbral de las mismas, por lo que las maniobras de captación de aguas profundas corren riesgo de tomar aguas turbias en momentos que ingresan crecientes cuya "nube de turbiedad" pudiere llegar hasta la zona de la presa.

En Febrero de 1984 se produjo un ingreso de agua con

una carga de sedimentos tan grande a la planta potabilizadora que produjo su paralización por varios días y una grave crisis de abastecimiento al Gran S.M. de Tucumán (se estimó en el orden de 20000 gr/m³ en lugar de los 200 g/m³ normales). Sobre tal hecho hubo varias interpretaciones, una de las cuales fue la de ruptura de un talud de sedimentos acumulados en la ante-toma, mientras que la otra fue del ingreso de una "corriente de turbidez" (flujo sumergido con fuerte carga de sedimentos en suspensión) producida por el ingreso de una creciente al embalse.

A raíz de este incidente fue necesario prever una extracción de aguas del embalse para alimentar la planta potabilizadora que evitara la captación de sedimentos traídos por corrientes de turbidez y de aguas con bajos tenores de oxígeno disuelto o altos valores de sales, característicos de los niveles profundos en ciertas épocas del año. Se debía extraer agua de los niveles más altos posibles del embalse. Para ello se construyó un complejo sistema consistente en un orificio con control de descarga en el muro del tazón del aliviadero de crecidas, que permite evacuar agua hacia el túnel aliviadero, por donde escurre hasta devolver al río, captarla al pie de la rápida final y de allí volverla a inyectar en el conducto que viniendo de la usina va hasta la planta potabilizadora (ver Figura 3).

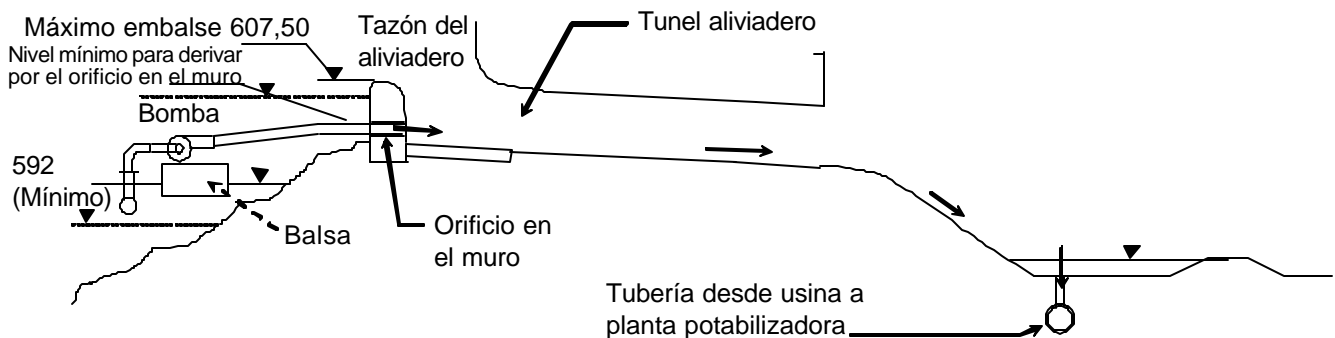


Fig. 3 Derivación de aguas a planta potabilizadora

Como esta captación sólo permite tomar agua del embalse hasta un cierto nivel, cuando este baja por debajo del nivel del orificio es necesario recurrir a otro dispositivo. Se implementó el bombeo desde una balsa (llamada localmente "La Niña") con una cañería de impulsión que entrega también el agua al tazón del aliviadero (ver figura 3 y fotografía). Esta cañería es un sistema articulado que permite acompañar los movimientos de ascenso y descenso de la balsa con la fluctuación del nivel del embalse. Tal como fue construido este sistema balsa-bomba-tubería de impulsión tiene un límite inferior bajo el

cual ya no puede funcionar (cota 592). Ese es el límite inferior de extracción de aguas para bebida, bajo el cual se cortaría el abastecimiento al Gran S.M. de Tucumán. Es de entender que en las primaveras secas que encuentran al embalse en niveles muy bajos, el abastecimiento de aguas a la capital se torna crítico y se impone la restricción de los abastecimientos para riego, industrias e hidroelectricidad. Cabe señalar que el nivel del embalse mínimo que toleran las turbinas de la central hidroeléctrica es 575, por lo que hay un prisma de 17 m de agua que no se utiliza.

También cabe hacer notar la coincidencia de la época de niveles bajos en el embalse (Setiembre a Diciembre) con los aportes mínimos del río Salí, temperaturas relativamente elevadas y bajas profundidades de agua, lo que tiene incidencia en los procesos fisicoquímicos del agua almacenada, produciéndose afectaciones en su calidad (ver - *Problemas de calidad de las aguas*). La extracción "por arriba" de agua del embalse para alimentar la planta potabilizadora, por cualquiera de las dos vías comentadas, quita agua a la generación de energía eléctrica ya que es agua que no pasa por las turbinas como ocurre cuando se deriva a través de la toma y túnel de la central hidroeléctrica. Ello ha ocasionado conflictos con la empresa concesionaria al considerarse ésta perjudicada por esa quita en la generación de electricidad.

El sistema de captación expuesto es, a todas luces, precario, ya que condiciona la explotación del embalse hasta cota 592, pudiéndose extraer agua hasta cota 575. Por tanto, no se aprovecha el volumen total disponible en el reservorio, desaprovechando el volumen entre cotas 575 y 592, que es de 59 hm³. Ese volumen es del orden del que aportaría el embalse de Potrero de las Tablas (62,5 Hm³, [Paz(2005)]). Deben sumarse a las afectaciones las pérdidas por no generar energía eléctrica.

Lo expuesto lleva a la conclusión sobre la importancia que reviste la construcción de una nueva obra de toma, adecuada para agua potable. Ella es una obra compleja, que ya se planteó durante el período de concesión de los servicios de agua y cloacas a la empresa privada Aguas del Aconquija, que no llegó a concretarse por producirse la rescisión del contrato de concesión.

Problemas de calidad de aguas. El principal problema que se presenta en el embalse es de naturaleza fisicoquímica y se relaciona con la presencia de manganeso. Este elemento se encuentra en los componentes minerales de las rocas de parte de la cuenca que ingresan al embalse en forma de gravas y arenas transportados por el río (bióxido de manganeso, no soluble). Las aguas que ingresan en verano contienen abundante oxígeno disuelto y producen una renovación general del agua embalsada. En los meses de otoño-invierno el agua tiene escasa renovación y el embalse va descendiendo progresivamente, acelerándose el proceso durante la primavera (hasta Diciembre) debido al aumento sustancial del consumo. Ese proceso va acompañado con un aumento estacional de la temperatura y el desarrollo de algas en niveles cercanos a la superficie que impide el ingreso de luz en profundidad. Se presenta así un cua-

dro de reducción del oxígeno disuelto que es más agudo en niveles profundos del lago. El cambio general del potencial de óxido reducción del agua del embalse hace que cambie el estado de oxidación del manganeso, pasándolo de compuestos insolubles a compuestos solubles incoloros. Estudios del Laboratorio de la Sociedad Aguas del Tucumán estimaron que con niveles de O₂ inferiores a 3,5 mg/l comienza la redisolución del manganeso de los sedimentos depositados en el fondo del embalse. Superados ciertos tenores de Mn disuelto en el agua, la posterior cloración en la etapa final de potabilización produce la precipitación del mismo y el efecto desagradable en el agua (el Mn disuelto es incoloro pero el precipitado es negro). Esa precipitación se produce con el agua ya en las redes de distribución con el consiguiente impacto negativo en la población (un episodio de fuerte impacto en la opinión pública se produjo en la época en que el servicio estuvo concesionado a la empresa privada Aguas del Aconquija). El precipitado de manganeso en el agua es indeseable en el agua de bebida más por su aspecto y olor que por su peligrosidad para la salud humana.

En esa situación de alta disolución de manganeso en el agua del embalse se hace necesaria su eliminación por precipitación en la planta potabilizadora oxidándolo por medio de permanganato de potasio. No se emplea cloro a ese fin por formarse algunos compuestos indeseables para el agua de bebida. Dado que el tratamiento con permanganato tiene un costo significativo, cuando alcanza cierto nivel se opta por extraer agua cercana a la superficie mediante la bomba ubicada en la balsa referida en el punto III.B. Esto pone nuevamente en evidencia la conveniencia de contar con una obra de toma en torre con aberturas de captación en diferentes niveles para tomar el agua de bebida en los más convenientes.

En otro orden de cosas, la Sociedad Aguas del Tucumán, organismo estatal prestador de los servicios de agua potable y cloacas de la provincia, monitorea en forma periódica los tenores de compuestos provenientes de agroquímicos en el agua del embalse, originados en la actividad agrícola en la cuenca de aporte al embalse. Las conclusiones arribadas hasta ahora muestran que, si bien están presentes, no alcanzaron aún niveles críticos.

Los problemas de calidad de aguas que se manifiestan en el embalse El Cadillal afectan esencialmente a la calidad y costos del abastecimiento de agua potable al Gran S.M. de Tucumán, no así a los otros usos del agua (industrias y riego).

Problemas vinculados al control de inundaciones. Como ya se expuso, a unos 20 km agua abajo de la presa El Cadillal se encuentra el conglomerado urbano de la ciudad capital y otros municipios adyacentes, el área de mayor densidad de población de la provincia. Por tanto, su rol de protección contra avenidas de agua adquiere relevancia.

El modo de contribuir a tal propósito es por "laminación" del volumen de la crecida en su extenso lago y vaciando anticipadamente el embalse para recibir la misma y atenuar los caudales que sobrepasan el nivel del vertedero de aliviación. Este aliviadero tiene su borde de vertimiento libre (sin compuertas) por lo que no puede contribuir a atenuar crecidas en el cauce agua abajo mediante operación de las mismas, sino prevaciando el embalse mediante el conducto descargador de fondo, controlado por válvulas.

La sola laminación de crecidas ha producido efectos beneficiosos desde el establecimiento de la presa, reduciendo drásticamente tanto los caudales "pico" como la frecuencia de ocurrencia de crecidas en el cauce agua abajo. No obstante, ello produjo un avance de los usos del suelo hacia el cauce, al amparo de mayores condiciones de seguridad ribereña. La debilidad e inacción propias del Estado local no solo no impidió tal proceso sino que lo alimentó, al ejecutarse conjuntos de vivienda bajo planes oficiales a la vera misma del cauce (caso ciudad Banda del Río Salí). Ello llevó a una difícil situación generalizada en las riberas del río Salí, el cual no puede transportar caudales aún muy inferiores a las crecidas históricas "normales" sin causar serios daños.

La capacidad de evacuación de caudales del descargador de fondo es de 380 m³/s y ella se podría emplear para un rápido prevaciado antes del ingreso de crecidas al embalse. El contrato con la empresa concesionaria de la presa autoriza a descargar caudales de hasta 250 m³/s sin más requerimiento que el aviso previo a la autoridad de aplicación. No obstante, caudales del orden de 200 m³/s ya producen importantes inundaciones en urbanizaciones ribereñas y destrucción de instalaciones adyacentes al cauce. Por tanto, el prevaciado de un prisma de agua superior de 1 a 2 m para atenuar los picos de las crecidas, no puede efectuarse con la velocidad que tal acción requiere. La probabilidad de ocurrencia de crecidas sucesivas afluentes al embalse introduce un factor de riesgo que la adecuada operación del mismo no podría mitigar, por no poder implementarse sin introducir otro factor de riesgo (caudales superiores a 200 m³/s).

La implementación de sistemas de "alerta hidrológico" podría contribuir a la mitigación de crecidas, a través de otorgar un mayor tiempo de preaviso, pero su costo de instalación y operación puede resultar incierto frente a la eficacia que se pueda esperar de aquellos, para la particular situación de El Cadillal. Solo un estudio específico podría contribuir a sustentar su aplicabilidad.

Como puede evaluarse de los problemas hasta acá expuestos, los problemas de acumulación de sedimentos en el embalse El Cadillal provocan una sucesión de consecuencias que, potenciadas por la inadecuación de algunos componentes y la precariedad de otros (toma de agua), afecta la calidad del servicio que la provincia espera de este aprovechamiento hídrico y plantea requerimientos de acciones orientadas hacia su corrección y su preservación. A continuación se sintetizan las conclusiones y las recomendaciones para las mismas.

Conclusiones y recomendaciones

Como requisito básico frente al tema, resulta de crucial importancia la comprensión, por parte de la sociedad, su clase dirigencial y autoridades gubernamentales, de la importancia que revisten los embalses existentes en el futuro de la provincia en lo que hace a sus posibilidades de crecimiento y sustentabilidad. Solo ello puede dar soporte a las recomendaciones que se formulan, emergentes de la particular situación en la que se encuentran la presa y embalse El Cadillal, el mayor existente en la provincia de Tucumán.

Síntesis de conclusiones

- El embalse El Cadillal, por ser el proveedor del 56% del agua potable del Gran S.M. Tucumán, regar 35000 has de tierras, proveer de agua a la industria azucarera (4 ingenios) y ser un ámbito de recreación de la población de Tucumán, constituye un aprovechamiento hídrico clave en la economía de la provincia de Tucumán. Es de importancia crucial su preservación, por no contar con reservorio de reemplazo en la cuenca.

- El proceso de colmatación con sedimentos que ha sufrido desde su habilitación hace 38 años produjo la pérdida de más del 35% de su capacidad útil. Este proceso continúa en forma constante e ininterrumpidamente con tendencia a acentuarse por los malos manejos de los usos del suelo en la cuenca de alimentación (expansión agrícola, deforestación, sobrepastoreo, etc.).

- La pérdida de volumen del embalse se traduce en qué, en forma continua y progresiva se va disponiendo

de menos agua para los diversos usos (potable, industrial y riego). En el caso del agua potable se agrava por el hecho de que se va afectando cada vez más su calidad, provocando costos de tratamiento crecientes.

- A causa de la inadecuación de la toma de agua y los problemas de calidad e ingreso de sedimentos se está extrayendo el agua para población desde el embalse en forma anómala. Ello constituye una situación precaria que ya lleva 17 años y que provoca que el volumen de agua disponible en el embalse no pueda aprovecharse en toda su potencialidad y provoque conflictos con la generación de hidroelectricidad. La inadecuada derivación actual debe ser reemplazada por una nueva obra de toma.

- Los problemas de colmatación con sedimentos y sus consecuencias constituyen un problema grave de suma complejidad y difícil resolución, que requieren un abordaje integral y urgente por parte del Gobierno de la Provincia. Están en juego el abastecimiento de agua al Gran San Miguel de Tucumán, pero en forma más perentoria, 35000 has de riego de cultivos y la industria azucarera asociada, a quienes se privará del agua por ser el agua potable una prioridad absoluta. Tales sectores de la producción deberían involucrarse en la búsqueda de posibles soluciones ya que serán los primeros afectados en un horizonte cada vez más cercano.

- Una vez que el embalse El Cadillal se colmate con sedimentos se volverá a la situación previa a su construcción, es decir con mucha menos disponibilidad de agua. No hay vasos de embalse alternativos ni lugares para cierres que reemplacen a posteriori a esa obra. Su dragado sería de costo sideral y sólo puede ser encarado por una actividad del sistema económico muy rentable con capacidad de pagarlo. Independientemente de ello, el dragado de millones de metros cúbicos de sedimentos plantea otros problemas ambientales graves como, por ejemplo, los sitios donde disponerlos.

- Hay un importante margen de acción en el campo de controlar y hacer eficientes las demandas. Ninguno de los actuales usuarios del agua puede mostrar haber llegado a un nivel de eficiencia en su uso siquiera razonable. Eficientizar el uso del agua potable a valores "normales", reducir las pérdidas en las conducciones, aumentar la eficiencia del riego y de los procesos industriales deberán ser objetivos simultáneos y paralelos a las acciones para prolongar la vida útil del embalse y mantener la disponibilidad de agua el mayor tiempo posible para los próximos decenios.

- Surge la evidencia de la insuficiencia de información del medio físico para encarar estudios de soluciones a la problemática. No existe en este momento tampoco un liderazgo institucional para encararlos en el corto y mediano plazo.

Recomendaciones

- ▶ Se deben encarar en forma acelerada los instrumentos necesarios para estudiar la problemática del embalse El Cadillal asignándole la importancia que merece por su impacto en la sociedad y la economía de la provincia.
- ▶ Por la naturaleza de alta complejidad del tema, deberá aceptarse la necesidad de un esfuerzo concentrado y sostenido para los próximos años, lo que asimismo implicará un costo económico a afrontar. Se deberán buscar fuentes de financiación de los estudios, investigaciones y proyectos.
- ▶ Se deberá gestionar la apoyatura legal de soporte de todas las acciones a encarar en la dirección propuesta.
- ▶ Los sectores privados usuarios del agua deberán ser incorporados con obligaciones concretas de contribuir a las propuestas de soluciones y su soporte económico (regantes, industria y concesionaria hidroeléctrica).
- ▶ Es de suma importancia encarar el problema de El Cadillal como formando parte de la problemática hídrica general de la provincia, propendiendo a un tratamiento generalizado, sin desmedro de la prioridad que la alta cuenca del río Salí tiene.
- ▶ En el conjunto de los estudios a encarar deberán contemplarse, por un lado, los inherentes a la preservación del embalse para los próximos decenios y por otro los estudios y acciones tendientes a la racionalización de los usos del agua potable, industrial y de regadío. En ese marco se deberá estudiar el abastecimiento general de agua potable al GSMT considerando las diversas alternativas disponibles (superficiales y subterráneas), procurando la optimización de tal abastecimiento.

Referencias

- Paz, H.R.(2005). "Modelación del funcionamiento actual del embalse El Cadillal, provincia de Tucumán". Trabajo presentado al Congreso Nacional del Agua, Mendoza (2005).
- SSRRHH-EVARSA(2000). Estadística hidrológica del siglo XX – República Argentina. Ministerio de Infraestructura y Vivienda. Secretaría de Obras Públicas. Subsecretaría de Recursos Hídricos. Evaluación de Recursos S.A.