

Estudio evolutivo de la colmatación prematura del dique Itiyuro (Dpto. San Martín, provincia de Salta) y su relación con los procesos de remoción en masa

Rodolfo E. Amengual

Ex Profesor Titular Cátedra Sensores Remotos, Carrera de Geología, UNSa.

Ex Geólogo A.G.A.S.

El dique Itiyuro es un ejemplo ilustrativo de una obra construida con estudios deficientes, ya sea por no contar éstos con los elementos mínimos necesarios para determinar con precisión la superficie de la cuenca, el material de arrastre, la magnitud de las crecientes, datos climáticos precisos o por haber sido éstos de escaso desarrollo en el tiempo. Los estudios fueron realizados entre los años 1942 y 1950.

El dique Itiyuro, emplazado sobre el cauce del río epónimo (denominado río Carapari en territorio boliviano), está ubicado en el extremo norte de la provincia de Salta, aproximadamente a 12 km al sur del límite con la Rep. de Bolivia, a unos 8 km al suroeste de la localidad de Salvador Mazza y a unos 54 km al norte de la ciudad de Tartagal, cabecera del dpto. San Martín. El dique fue construido para proveer agua a las localidades aledañas.

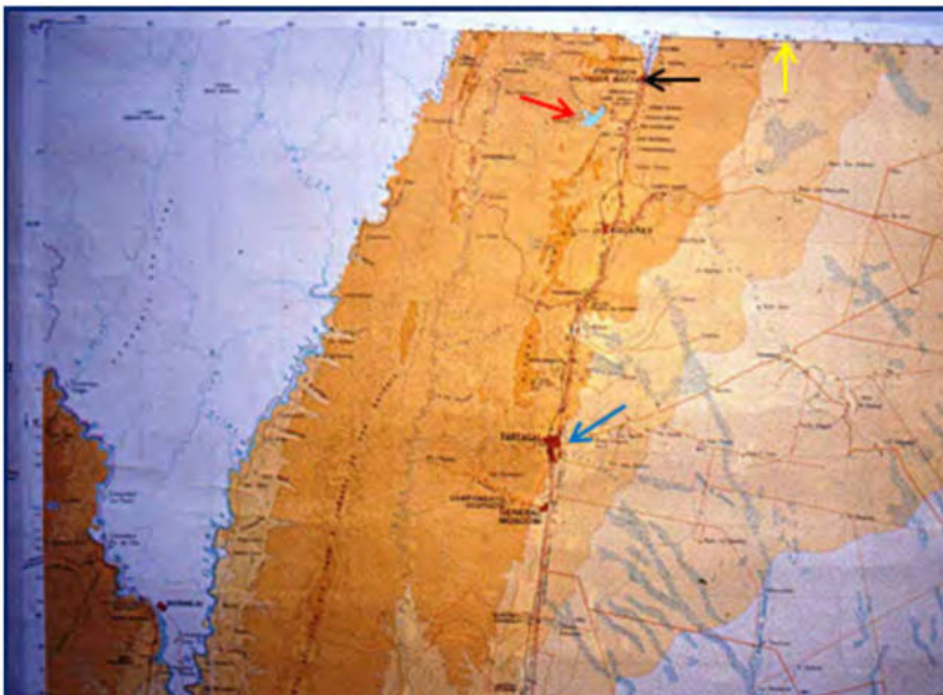


Figura 1. Mapa de ubicación; base Hoja Tartagal escala 1:250.000 IGM. Las flechas indican: la posición del dique (roja); la localidad de Salvador Mazza (Pocitos) (negra); el límite con la Rep. de Bolivia (amarilla) y la ciudad de Tartagal, cabecera del Dpto. Gral. San Martín (azul).

En este trabajo se resume información y experiencias obtenidas de trabajos realizados en la obra de construcción del dique, cuando ésta estaba bajo la responsabilidad de A.G.A.S. (Administración Central de Aguas de Salta) y de trabajos posteriores realizados por el autor. El estudio multitemporal fue realizado utilizando las imágenes históricas de Google Earth, que cubren el período comprendido entre los años 1984 y 2019.

Estudios previos

Fueron realizados entre los años 1942 y 1950 y consistieron en el relevamiento aerofotográfico del vaso¹; para la determinación de la superficie de la cuenca de aporte solo se tuvo en cuenta la ubicada en territorio argentino, la superficie ubicada en territorio boliviano solo fue estimada. Se midieron en forma diaria las precipitaciones y los caudales de aporte de los ríos Caraparí e Itangüe. En cuanto al transporte de sedimentos en suspensión, solo se midió entre noviembre de 1949 y marzo de 1950 y no se tuvo en cuenta el transporte de fondo.

Proyecto original

Con los resultados obtenidos a partir de los estudios previos, se diseñó una presa multipropósito a efectos de regular las crecientes del río Itiyuro, regar 6.000 ha de terrenos fiscales y generar 52.000.000 Kw/h año de energía.

El núcleo del dique es de escollera lanzada²; la estanqueidad está dada por una pantalla de hormigón ubicada hacia agua arriba, con un diente³ que llega hasta la roca mientras que, el talud de agua abajo es de escollera acomodada. El vertedero⁴ del proyecto original de hormigón tenía una capacidad de evacuación de 700 m³/seg ubicado lateralmente al cuerpo de la presa, entre dos afloramientos rocosos.

Merece puntualizarse que las obras complementarias para el riego y la producción de energía no fueron siquiera proyectadas.

Nota de las editoras

Los términos Vaso, Escollera lanzada, Diente, Escollera acomodada y Vertedero corresponden a las partes de una presa y/o dique.

¹Vaso: es la parte de un valle que al inundarse, contiene el agua embalsada.

²Escollera: se define como una construcción de defensa construida con material compuesto de trozos de roca, cuyos fragmentos son principalmente angulosos y de tamaño variable (entre varios centímetros y más de un metro).

³Diente: es una pared que se hace en la base de la pantalla en las presas de tierra para evitar que el agua pase por abajo y de esa manera, evitar el sifonaje y la erosión por debajo del cuerpo de la presa; la profundidad del diente se calcula de acuerdo a las líneas de presión.

⁴Vertedero: también llamado aliviadero. Es una estructura hidráulica que permite la evacuación de las aguas de una presa, ya sea en forma habitual o para controlar el nivel del reservorio de agua.

Área de la cuenca de aporte

Para su determinación en el estudio original se usó como base la Hoja N°11 Tartagal a escala 1:500.000, relevada por el IGM (Instituto Geográfico Militar), la que cubre solo territorio argentino. A la superficie calculada se le sumó un porcentaje del 20%, que se estimaba era la superficie del río Carapari (en territorio boliviano) y de ésta manera, se calculó una superficie total de 520 km².

DIMENSIONES		CAPACIDAD MÁXIMA ORIGINAL DE ALMACENAMIENTO
ALTURA	57 m	80 Hm ³
LONGITUD	147 m	
ANCHO DE CORONAMIENTO	6 m	
SUPERFICIE DEL ESPEJO	390 ha	

TIEMPO DE LLENADO	2 AÑOS (esta estimación es a partir del cálculo resultante de las mediciones de caudales)
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN* *No se calculó el material de arrastre de fondo ni el flotante (árboles)	5 kg/m ³ , equivalentes a 0,215 Hm ³ /año (resultado promedio de las mediciones realizadas entre los meses de noviembre de 1949 y marzo de 1950)
VIDA ÚTIL	70 AÑOS (colmatación)* 200 AÑOS (colmatación total) * De la capacidad total de almacenamiento (80 Hm ³), se dejaron 30 Hm ³ como volumen muerto

CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA

Se llevó a cabo entre los años 1962 y 1970 con las rocas calcáreas de la Formación Vitiácua (Pérmico), aflorantes pocos metros agua arriba del cuerpo de la presa; en este período ocurrieron varias crecidas que superaron los 1.000 m³/seg y una de 1.500 m³/seg lo que obligó a rediseñar el vertedero elevándose la capacidad de evacuación a 2.300 m³/seg. El resto del proyecto original no tuvo modificaciones de importancia.

Concluida la construcción de la obra de cabecera solo se usó para el control de crecidas del río y recién al final de la década de 1970 se construyó una Planta Potabilizadora con una capacidad de 25 x 10⁶ l/día y un acueducto de aproximadamente 70 km para el abastecimiento de las poblaciones ubicadas sobre la ruta Nac. 34, entre las localidades Salvador Mazza y Coronel Cornejo, con una población actual de aproximadamente 100.000 habitantes.



Figura 2. Izquierda: Vista hacia el NO de la presa en 1983, antes de su colmatación. Las flechas indican: el vertedero (blanca), la torre de toma (amarilla), la válvula de chorro hueco (roja) y la zona colapsada y reparada sobre el estribo derecho (negra). Derecha: Imagen actual de la presa, obtenida de Google Earth. Las flechas indican: el vertedero (blanca), la torre de toma (amarilla), la válvula de chorro hueco (roja) y la planta potabilizadora (ocre).

Comportamiento de la presa

Concluida su construcción, la presa se llenó en dos crecientes y se mantenía el caudal del río mediante una válvula de chorro hueco; durante más de diez años, la presa no tuvo actividad. Este llenado súbito indicó que algo no estaba bien ya que, con él cálculo de caudales del estudio preliminar se estimaba que el llenado total se produciría en dos años.

Posteriormente comenzaron los problemas de manejo de la válvula de chorro hueco debido a que el conducto entre la torre de toma y la salida se había obstruido con los troncos transportados por las crecientes, lo que provocó que comenzara a aflorar agua en forma permanente por diversos sectores del cuerpo de la presa.

A principios de la década de 1980 colapsó el cuerpo de la presa en la zona del estribo derecho debido al arrastre del material por sifonamiento producido por el flujo de agua a través del cuerpo; la pantalla de hormigón soportó en pie la caída debido a que el nivel de agua en el espejo era bajo. Esta circunstancia permitió observar que el arrastre de material se había producido en buena parte de la superficie del cuerpo por lo que se procedió a rellenar la zona del estribo derecho, se recompuso la escollera hacia agua abajo y se determinó la necesidad de inyecciones cementicias en todo el cuerpo de la presa (tarea que fue llevada a cabo por Cimentaciones Argentina, filial de Soletanche Francia, empresa con una vasta experiencia en el tema).

Se pudo comprobar también que la superficie del vaso se encontraba con una cantidad de sedimentos aportados por ambos ríos que no se condecía con los datos de caudales y de transporte de material aportados por el informe original; en la torre de toma los sedimentos alcanzaban a la mitad de la altura de la compuerta media; por estas razones se decidió la determinación de la cuenca de aporte y de las precipitaciones para corroborar los datos del informe original que fueron los que sirvieron para el diseño de la presa.

NUEVOS ESTUDIOS

Se decidió realizar un nuevo estudio para determinar la superficie de la cuenca de aporte de ambos ríos y la proveniencia de los sedimentos que estos transportaban.

Área de la cuenca de aporte

Para tal fin se contó con fotografías aéreas a escala media 1:77.000 obtenidas por el IGM en 1966 y con imágenes satelitales a escala 1:250.000 en bandas 7 y 4, 5 y 7; años 1975 y 1981 respectivamente. Con las fotos se realizó el mapeo del sector ubicado en territorio argentino y con las imágenes se pudo delimitar la totalidad de la cuenca, integrando el tramo del río Caraparí desarrollado en territorio boliviano que no cuenta con fotografías aéreas.

La interpretación detallada permitió determinar que a la fecha de toma de las fotos (1966), el dique estaba en construcción, y ya había una amplia zona afectada por inestabilidad de laderas, que abarcaba buena parte de la superficie. Hacia el Sur se observó sobre un área extensa, marcas en

forma de circo, vegetadas con pasturas y arbustos lo que indica que el proceso erosivo que las originó se había detenido permitiendo la regeneración de la vegetación.

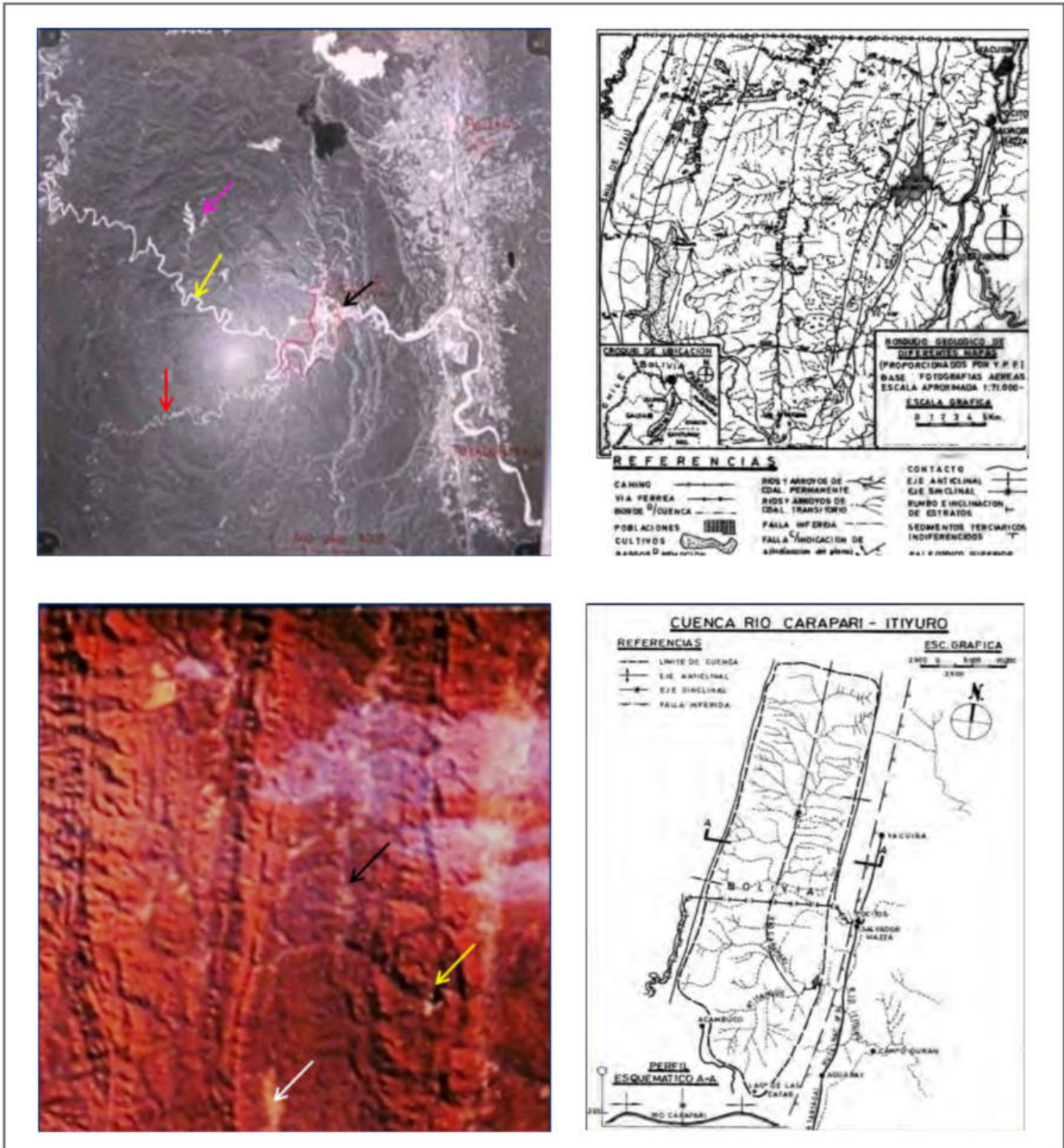


Figura 3. Arriba Izquierda: Fotografía aérea tomada por el IGM en 1966. Las flechas indican: la ubicación de la presa (negra), el río Carapari (amarilla), el río Itangüe (roja) y un área desestabilizada activa (magenta). Arriba Derecha: Mapa resultante de la interpretación de la totalidad de la cuenca en el territorio argentino. Abajo Izquierda: Imagen satelital bandas 4, 5 y 7 de fecha 27/07/81 de la cuenca total del dique. Las flechas indican: el espejo de agua (amarilla), el río Carapari en territorio boliviano (negra) y el paraje de Acambuco (blanca). Abajo Derecha: Mapa integrado de la cuenca completa desarrollada en ambos países.

Para corroborar la interpretación se realizaron vuelos de observación en helicóptero pudiéndose colegir que los procesos erosivos que generaron y generan gran cantidad de sedimentos, material rocoso y troncos no es nuevo en el área sino que es una situación que se repitió en varias oportunidades y con diferentes intensidades, vinculadas estas con la cantidad e intensidad de las precipitaciones.

Los resultados así obtenidos para la superficie total de la cuenca es de 1.153 km² distribuidos de la siguiente forma: río Caraparí 947 km² y río Itangüe 206 km², lo que equivale a poco más del doble de la superficie originalmente calculada de 520 km². Del total calculado, 670 km² se ubican en territorio boliviano y 483 km² en territorio argentino.

Con respecto a las precipitaciones se pudo observar analizando las mediciones diarias y mensuales realizadas por el ferrocarril y por YPF que la zona se encuentra ubicada entre las isohietas de 1.000 y 1.200 mm/año, bastante mayor a lo calculado en el estudio original de 800 mm/año.

Con estos resultados y con el proceso de inestabilidad de laderas que se detectó tanto en las fotografías aéreas como en los vuelos de observación realizados, se puede concluir que este último es la fuente de aporte de sedimentos y troncos y que la cuenca produce caudales con capacidad de transporte de los mismos.

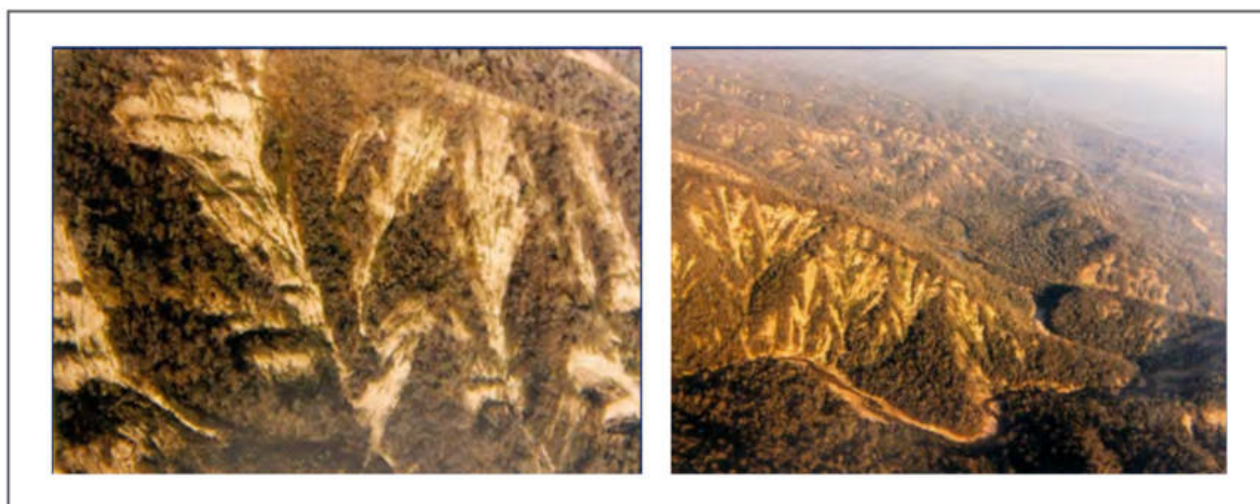


Figura 4. Izquierda: Vista de un sector desestabilizado en la Sierra de Tartagal. Foto tomada en 1983. Derecha: Toma al NE. Vista de un sector de la Sierra de Tartagal afectado por un extendido proceso de inestabilidad de laderas. El río en primer plano es el Itangüe. Foto tomada en 1983.

El proceso de desestabilización de laderas en la cuenca sumado a la verdadera superficie de la cuenca, un 100% mayor a la calculada originalmente, y a las altas precipitaciones con un promedio casi 50% mayor al que se utilizó para determinar el comportamiento de la presa, explican las causas de la colmatación prematura del vaso.

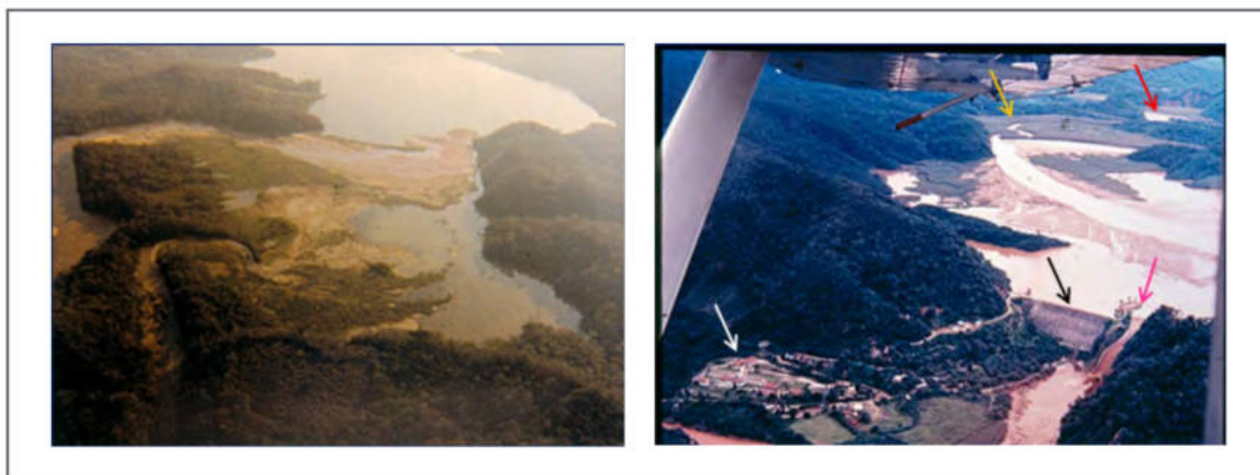


Figura 5. Izquierda:Toma al E-NE. Vista de la desembocadura de ambos ríos en la cola del embalse en el año 1983 en la que se observa la gran cantidad de sedimentos depositados. Derecha: Toma al O-NO. Vista de la colmatación del dique en el año 1987. Las flechas indican: los ríos Caraparí (roja), Itangüe (amarilla), el paredón (negra), el vertedero (magenta) y la planta potabilizadora (blanca). Obsérvese la cantidad de sedimentos en suspensión en los ríos y depositados en lo que fuera el vaso.

CRONOLOGÍA DEL PROCESO DE COLMATACIÓN

Para determinar la secuencia del proceso de colmatación se utilizaron las imágenes históricas de Google Earth que abarcan el período comprendido entre el 30/12/84 y el 20/08/19. Dado que en el año 1984 la superficie del vaso había sufrido ya una disminución importante, la silueta original del mismo se materializó sobre una imagen obtenida en el año 2019 con un mapa conforme a obra.

Apenas concluida la obra en el año 1970 la presa tenía una capacidad de almacenamiento de 80 Hm³ y el vaso cubría una superficie de 390 ha. Actualmente, el nuevo vaso denominado dique El Limón, correspondiente a una porción del vaso original, tiene una capacidad aproximada de 2 Hm³ y de acá se aprovisiona la planta potabilizadora que alimenta, a través del acueducto, a las poblaciones ubicadas entre Salvador Mazza al Norte y Coronel Cornejo al Sur.

Funciona como una presa fuera de cauce con la ventaja de que se puede evitar el ingreso de agua durante las crecidas, cuando el río transporta gran cantidad de sedimentos y de esa manera evitar su colmatación pero, desafortunadamente, estas suceden en verano, cuando la demanda por parte de la población es mayor, lo que unido a su muy escasa capacidad de almacenamiento la hacen una fuente muy limitada.



A
Superficie original del vaso en 1970, 390 ha, materializada a partir de un plano conforme a obra sobre una imagen Google del corriente año.



B
La superficie medida el 30/12/1984 era de 206 ha lo que implica una pérdida del 47% respecto de la superficie original.



C
El 30/12/1986 la superficie del vaso era de 200 ha lo que significa una pérdida del 2% respecto a la medida dos años antes y un 48% respecto de la superficie original.



D
La deposición de sedimentos en la cola del vaso el 30/12/1989 redujo su superficie a 194 ha que representa una pérdida del 51% respecto de la superficie original.



E
La superficie del vaso era el 30/12/1993 de 90 ha, equivalentes al 23% de la superficie original.



F
El 20/8/2019 la superficie del vaso es de 87 ha, un 22% de la superficie original; esta se preserva debido a las defensas realizadas (flecha blanca) que evitan el ingreso del río; se realizó también una toma hacia agua arriba y un canal de aducción (flecha amarilla).

Figura 6. Cronología de la colmatación prematura del dique Itiyuro. Imágenes históricas tomadas de Google Earth desde el año 1970 hasta 2019. A: 1970; B: 1984; C: 1986; D: 1989; E: 1993; F: 2019.

Conclusiones

La colmatación prematura del Dique Itiyuro, principal fuente de provisión de agua potable de aproximadamente 100.000 habitantes a lo largo del acueducto que une las localidades de Salvador Mazza y Coronel Cornejo, se produjo por procesos naturales de inestabilidad de laderas unido a precipitaciones de alta intensidad; el componente antrópico también ha contribuido fundamentalmente por los desmontes y la actividad agrícola, especialmente en territorio boliviano. Los estudios realizados en la década del 1940 fueron erróneos en lo referente a la superficie de la cuenca de aporte, medición de las precipitaciones, determinación de caudales y transporte de sedimentos, por lo cual se llevaron nuevos estudios.

Resulta evidente que la pérdida del Dique Itiyuro para la provisión de agua potable constituye un gran problema ya que era la principal fuente de aprovisionamiento. El sistema pasó de una capacidad de almacenamiento de 80 Hm³ a los aproximadamente 2 Hm³ del Dique El Limón. Esta situación profundizó el agudo problema que afecta a las poblaciones del Norte del Departamento San Martín en cuanto a la provisión y calidad del agua potable que recibe (ver [Fabrezi y Alvarado, 2020. Temas BGNOA, vol. 10, nº1](#)).

Se considera que la solución a este problema consiste en buscar nuevas fuentes de provisión para lo cual es imprescindible la realización de un estudio a nivel regional que considere todos los cursos de caudal permanente y el recurso subterráneo mediante métodos geofísicos tendientes a localizar reservorios explotables los que, de resultar productivos, podrán ser incorporados al sistema a través del acueducto para su distribución.

Además, es también necesario comenzar una agresiva campaña a través de los medios de comunicación para concientizar y educar a la población acerca del valor del agua y sobre todo que se trata de un recurso que no es infinito por lo que debe ser tratado en consecuencia.