

# ESTUDIOS BÁSICOS DE CARACTERIZACIÓN DE SEDIMENTOS Y BATIMETRÍA EN EL EMBALSE DEL DIQUE LA FALDA

Carlos Beltramone<sup>1,2</sup>, Juan Serra<sup>1-3</sup>, Silvio Ambrosino<sup>1,2</sup>, Osvaldo Barbeito, Hector A. Malnero<sup>3</sup>, Roque Sanchez<sup>1</sup>

1. Centro de la Region Semiárida, Instituto Nacional del Agua. Ambrosio Olmos 1100. Cordoba. E-mails: [cbeltramone@ina.gov.ar](mailto:cbeltramone@ina.gov.ar), [jserra@ina.gov.ar](mailto:jserra@ina.gov.ar), [sambrosino@ina.gov.ar](mailto:sambrosino@ina.gov.ar), [obarbeito@ina.gov.ar](mailto:obarbeito@ina.gov.ar), [rsanchez@ina.gov.ar](mailto:rsanchez@ina.gov.ar)  
 2. Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas CONICET  
 3. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

## Introducción

A petición de la Cooperativa de Agua y Servicios Público de La Falda el Centro de la Región Semiárida (CRSA) del Instituto Nacional del Agua (INA) ha realizado el levantamiento batimétrico y caracterización sedimentaria del embalse del Dique La Falda.

## Objetivos

El objetivo del trabajo es el conocimiento de la tasa de colmatación del embalse y la reconstrucción de las curvas de áreas-volumenes a situación actual, información necesaria para una adecuada planificación de sus operaciones. Así también el conocimiento de las características granulométricas de los sedimentos acumulados en lo que aportara información sobre el mecanismo fluvio-geomorfológico que esta sufriendo el embalse.

## Materiales y métodos

La metodología utilizada se basa en la realización de un registro muy denso de posiciones espaciales y de la profundidad (x, y, z) en forma de transectas. Dichos datos son completados con la línea de costa de una imagen satelital actualizada, cuya cota de máximo embalsado es conocida para la fecha correspondiente. Los datos planialtimétricos son usados para la generación de la cartografía actual. La información obtenida de la batimetría fue comparada con la planimetría topográfica original del embalse antes de su llenado para determinar los espesores de sedimentos depositados. En laboratorio se procesaron las muestras colectadas con una draga de fondo para determinar las fracciones granulométricas de los sedimentos.

## Batimetría. Cálculo de volúmenes

La evaluación de los cálculos de los volúmenes del embalse desarrollada se compone de los siguientes pasos:

- Georreferenciación de una imagen satelital (LANDSAT 7 ETM+) a partir de puntos de campo, de coordenadas conocidas en un sistema de referencia determinado.
- Obtención del perímetro del embalse en la fecha correspondiente a la imagen, dato de cota que se toma de las características de la presa por parte de la SSRH (exDIPAS).
- Navegación de todo el espejo de agua, registrando las coordenadas y profundidades con intervalos regulares entre 10 y 15 m, según la resolución deseada, (Figura 1). En el sector del descargador de fondo de la presa, y toma de agua se realiza un muestreo de detalle de las profundidades para conocer la colmatación en dicho sitio.
- Durante la etapa de campo se colectan también muestras de los sedimentos del fondo del embalse para su posterior análisis y presentación de resultados.

e. Preprocesamiento y análisis de los datos colectados para la eliminación de puntos con posicionamiento dudoso o incorrecto y profundidades anómalas por comparación con las vecinas.

f. Generación de un mapa de profundidades – por interpolación a partir de los datos de campo y del perímetro obtenido de la imagen; la interpolación se obtiene utilizando el método utilizando técnicas combinadas de aplicaciones de software Global Mapper, Idrisi y Autocad. El mapa de curvas de nivel del perillago y batimétricas es representado en escala 1:2000 y equidistancia 0,50m, (Plano N° 2).

g. Cálculo de los volúmenes almacenados en el embalse por el método de semisección entre superficies a cotas equidistantes, Eq. 1m.

h. Obtención de las curvas de ajuste teórico de cota-volumen para la situaciones actual. El mejor ajuste de la nube de puntos se obtiene para una función polinómica de tercer grado, obtenida por aplicación de funciones de Microsoft Excel.

Las tablas y curvas de capacidad de embalse y de sedimentos acumulados a octubre de 2010 se calcularon por el volumen comprendido entre curvas de nivel consecutivas, mediante método de la semisección (I) y método ponderado (II):

$$(I) \quad V_i = \frac{h}{3} [S_i + \sqrt{S_i * S_{i+1}} + S_{i+1}]$$

$$(II) \quad V_i = \frac{h}{2} [S_i + S_{i+1}]$$

$$(III) \quad V = \sum V_i \quad ;$$

Donde:

$V_i$ = Volumen comprendido entre las cotas i e i+1

h = Distancia entre curvas de nivel consecutivas

$S_i$ = Superficie limitada por la curva de cota i

$S_{i+1}$ =Superficie limitada por la curva de cota i+1

La expresión (III) estima el volumen acumulado, adoptando el valor medio obtenido por ambos métodos.

## Caracterización de sedimentos

Para caracterizar los sedimentos del lago se realizaron diversos muestreos de fondo del lago. Para la extracción de muestras se utilizó bote equipado con tomamuestras de fondo para la recolección, compuesto de una draga de acero inoxidable y de 0,25 x 0,25 m de superficie de boca. Las muestras fueron acondicionadas para determinar contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno, y la granulometría; contenido y porcentaje de arena – limo y arcilla, representados en tablas que los caracterizan

## Resultados

Se pudo conocer la capacidad y superficie del embalse, la identificación de los espesores de sedimentos acumulados y sus principales características físico-químicas.

De acuerdo a los valores obtenidos se puede estimar la capacidad total del embalse y la reducción por sedimentación entre el año de llenado 1980 y octubre de 2010, dichos valores están representados en la tabla 4.

Año	Volumen embalse disponible (m <sup>3</sup> )	Volumen de sedimentos acumulados (m <sup>3</sup> )	Reducción de volumen (%)
1980	800000	---	-----
2010	449627	406.000	51

**Tabla 4. sedimentos acumulados, (1980-2010)**

De acuerdo a la estructura física (granulometría) y la composición química (concentración de Fósforo total, nitrógeno total y materia orgánica) del sedimento superficial en cinco puntos de muestreo. Las principales características de los mismos son:

En la mayor parte del embalse, el sedimento es de textura limo-arcillosa, con un tamaño medio de partículas inferior a 25 micras, de plasticidad media a alta con presencia de abundante materia orgánica. En la cola del embalse se observa un incremento de la proporción de arena en detrimento de la de arcilla con baja plasticidad, con un tamaño medio de partículas que varía entre 45 y 100 micras

De acuerdo con las análisis realizados la composición química en; fosforo total, nitrógeno total y materia orgánica es notablemente homogénea tanto verticalmente (para los 10 cm superiores de sedimento) como horizontalmente a lo largo del embalse.

## Conclusiones

En base a la tasa de reducción del volumen embalsado se puede proyectar el tiempo estimado para su colmatación. Considerando un volumen residual del 20%, en la tabla N° 5.

Tiempo transcurrido desde su llenado (años)	Aporte de sedimento al embalse (m <sup>3</sup> )	Volumen cota vertedero (Hm <sup>3</sup> )	Tiempo estimado para su colmatación a nivel vertedero (años)
30	406000	0,8	17

**Tabla N° 5: Indicadores de colmatación**

- Hay que contemplar que la vida útil de un embalse se considera en función del objetivo con el cual fue construido; si se considera que el objetivo principal es la toma de agua para su distribución a la localidad de la Falda, la vida útil del embalse se reduce al momento en que los sedimentos llegan a cubrir las boca de toma de agua. En la actualidad ambas bocas de toma de agua (inferior 15 m, superior 18 m) se encuentran por debajo del nivel de colmatación. Por lo cual éste momento es considerablemente menor al estimado como vida útil final.

- Se recomienda realizar un estudio dirigido a controlar y atenuar sus efectos planeado integralmente a nivel cuenca de alimentación referido a los parámetros físicos como a los efectos antrópicos realizando la construcción sistemática de obras que conduzcan al control de los procesos erosivos, las mismas deberán comprender las particularidades fisiográficas de cada cuenca de comenzando por la corrección de las cabeceras, gargantas, cauces, bajadas y por último en la zona del cauce principal.

-Estas modificaciones deberán tener como objetivo reducir la escorrentía superficial, disminuir las pendientes e incrementar la rugosidad, todo lo cual llevará a una mayor estabilidad erosiva.

## Referencias

- Beltramone Carlos (2010). Estudio de aporte de sedimentos del Río San Francisco al embalse de Dique La Falda. Cuadernos del CURIHAM. Vol.14
- Ortt, Richard et al., (2000) Bathymetric Survey and Sedimentation Analysis of Loch Raven and Prettiboy Reservoirs, Coastal and Estuarine Geology File Report No. 99-4.
- U.S. Environmental Protection Agency (2003) Bathymetric Surveys