

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/236670088>

EVOLUCION DEL PROCESO DE SEDIMENTACION DESPUES DEL PROCESO DE DRAGADO EN LA REPRESA DEL RIO TORATA, PERÚ

Conference Paper · December 2012

CITATIONS
0

READS
1,331

3 authors:

 Norvin Plumieer Requena Sanchez
University of São Paulo

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

 Marcus Vinícius Estigoni
NHC Brasil Consultores - Especialistas em Recursos Hídricos

27 PUBLICATIONS 28 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

 Frederico Fabio Mauad
University of São Paulo

86 PUBLICATIONS 86 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

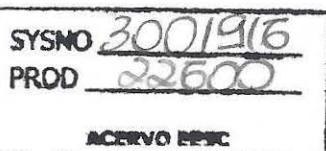
Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Project

Estudos Quantitativos e Qualitativos dos corpos hídricos aplicados ao Reservatório do Lobo e seus Afluentes [View project](#)

Project

Planejamento e gestão ambiental: uma proposta metodológica [View project](#)





EVOLUCION DEL PROCESO DE SEDIMENTACION DESPUES DEL PROCESO DE DRAGADO EN LA REPRESA DEL RIO TORATA, PERÚ

Norvin Plumieer Requena Sanchez¹ & Marcus Vinicius Estigoni² & Frederico Fábio Mauad³

RESUMEN --- Considerando la importancia estratégica de la represa del río Torata, Perú, para el desarrollo local y las actividades mineras, se hace necesario investigar los procesos de sedimentación que comprometen su rendimiento cuantitativo a lo largo del tiempo. Como medida de control de la sedimentación se destaca el proceso de dragado, evita problemas operacionales y aumenta la vida útil. El objeto de estudio de este artículo es analizar la influencia del proceso de dragado en el comportamiento de la sedimentación en la represa del río Torata. La cuantificación de la colmatación fue realizada a través de los estudios anuales de topografía y batimetría realizados en la represa desde inicio de construcción de la misma. Hasta finales del año 2001 la represa de Torata perdió 7.76% de su volumen. En el 2001 y 2002 la represa fue dragada, y la colmatación calculada para cada año fue menor que la mitad de lo estimado para el año 2001. El proceso de dragado fue capaz de reducir significativamente la tasa de colmatación y se muestra fundamental para mantener buenas condiciones de operación de la represa.

ABSTRACT --- Considering the high importance of Torata reservoir, Perú, for the regional development and mining activities, it's necessary to study how the sedimentation process is developed through the years. The dredge is the main common technique to control sedimentation; it's used to avoid operational issues and enhanced reservoirs useful life. This paper analyzes the influence of the dredging on the sedimentation process of the Torata reservoir. Using topographic and bathymetric surveys performed annually since the dam was built. Up to 2001 Torata reservoir lost 7,76% of its volume. For 2001 and 2002 the reservoir was dredge, and the sedimentation process for each year was calculated less than a half estimated for 2001. The dredge process reduces drastically the sedimentation rate and plays a pivotal to maintain the good operational condition for the reservoir.

Palabras-claves: Colmatación, dragado, batimetría.

¹Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP. Av. Trabalhador São Carlense, 400, Cep: 13566-590, Tel: (+55) 16 3373 8255. São Carlos-SP. E-mail: norvin@sc.usp.br.

²Doctorando do Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP. Av. Trabalhador São Carlense, 400, Cep: 13566-590, Tel: (+55) 16 3373 8255. São Carlos-SP. E-mail: marcus.estigoni@usp.br

³Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP. Av. Trabalhador São Carlense, 400, 13566-590, Tel: (+55) 16 3373 8255. São Carlos-SP. E-mail: mauadffm@sc.usp.br.

INTRODUCCION

Todos los cursos de agua naturales presentan la propiedad de arrastrar sedimentos y el volumen de este material depende de la región que es erosionada. La construcción de una presa y la formación de su represa implica modificaciones en las condiciones naturales del curso de agua a partir de la reducción en la velocidad de la corriente y, consecuentemente en la capacidad de transporte de sedimentos por el río, favoreciendo su disposición en las represas que, a poco tiempo, van perdiendo su capacidad de almacenar agua.

Podemos afirmar que todas las represas presentarán, en mayor o menor grado, la colmatación. Los sedimentos, arrastrados por el curso de agua, pueden acumularse en el compartimiento de volumen útil alterando su caudal regularizado, la cual en el caso de proyectos hidroeléctricos influencia directamente en la generación de energía, principalmente en la energía asegurada o contratada que tienen mayor valor comercial. Los sedimentos pueden causar abrasión y aumento de esfuerzos mecánicos en estructuras hidráulicas de represas, es decir en compuertas, turbina, etc.

A pesar de la importancia de la dinámica de sedimentos en represas, desentrañar los procesos que intervienen en ella no es una tarea trivial, ya que hay procesos que varían de acuerdo con las propiedades del sedimento, características físicas de tributarios y de las lagunas principales, operación de la presa, y comportamiento inducido por las tensiones de cizalla de los vientos. En consecuencia el carácter de la dinámica de sedimentos no es lineal, con una marcada variación temporal y espacial, incluso considerando una única presa.

De manera general, los depósitos de sedimentos tienden a avanzar y desplazarse a lo largo de la presa. Inicialmente se depositan junto a la desembocadura de los ríos y con el pasar de los años estos depósitos avanzan en dirección a la presa, hasta que en un momento el depósito de sedimentos influencia o compromete la operación o función de las represas, o las estructuras y las obras hidráulicas. En este momento que medidas que son para minimizar los problemas causados por la colmatación de la presa, principalmente cuando estos afectan la vida útil del proyecto, deben ser adoptadas, siendo la remoción de sedimentos por medio de extracción de fondo y dragado los más empleados, en especial el dragado.

Este estudio presenta el caso de la presa del río Torata, una pequeña presa de 12.5 has de área localizada en la zona central de la cuenca del río Moquegua, ocupando principalmente la parte superior y media de la cuenca del río Torata. La presa en estudio está aproximadamente a 3420 metros sobre el nivel del mar (msnm), en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, dentro del departamento de Moquegua al Sur del Perú. La presa presenta alto índice de colmatación y se realizan dragados anuales para evitar problemas operacionales de la presa y aumentar la vida útil.

Es analizado el primer trabajo de dragado realizado en el año 2002, presentando la evolución de colmatación entre la construcción y el primer dragado nuevamente la evolución de la colmatación después la época lluviosa y posterior al dragado.

COLMACION

De acuerdo con Infant & Fornasari (1998), colmatación es un proceso que consiste en la acumulación de partículas sólidas (sedimento) en medio acuoso, la cual ocurre cuando la fuerza del agente transportador natural es sobre empujada por la fuerza de gravedad o cuando la sobre saturación de aguas permite la disposición.

Las actividades antrópicas pueden agravar este proceso, está relacionado directamente al aumento de erosión pluvial, por prácticas pecuarias inadecuadas e incremento de la exploración minera deficiente, así como también por la modificación de la velocidad de los cursos de agua por barreras, desvíos, entre otros.

El aporte de material mineral (arena, sílice y arcilla) es el factor que causa el aumento de sedimentos en los cuerpos de agua. El hecho de que lagunas y represas poseen elevados tiempos de retención de agua, en comparación con los ríos, facilita la deposición de estos materiales en la entrada de los tributarios.

La disminución drástica de velocidad de agua que llega a la represa debido al aumento de sección transversal ocasionada por la presa, causa la caída acentuada o eliminación de la turbulencia del flujo de agua afluente a la represa, reduciendo así las fuerzas ejercidas por la acción del flujo. (Maia & Villela, 2009). Cuando estas fuerzas se reducen hasta la condición de que las partículas no continúen sedimentando, ocurre el proceso de colmatación (Carvalho, 2008).

La sedimentación es un proceso que abarca la erosión, el transporte de sedimentos en los cursos de agua y la respectiva disposición. Es común referirse a la sedimentación como sinónimo de los aspectos de colmatación en represas, pues, tratando de determinar la vida útil, se busca estudiar el proceso de colmatación para comprender los procedimientos existentes para la previsión de la evolución de estos fenómenos a lo largo de los años. La complejidad del problema exige el conocimiento sobre la producción de sedimentos, así como sus áreas de contribución. Es así como se debe llevar en consideración el conocimiento de las relaciones entre los usos de los suelos, la erosión y la sedimentación en la represa (Carvalho, 1994; Carvalho, 2000).

Más específicamente con relación a la disposición de los sedimentos, Lane (1955), Vanoni (1977) y Carvalho (2000), citan que los principales factores que influencian este proceso son; la carga sólida afluente, la eficiencia de retención de la represa (que es la razón entre la cantidad de sedimento retenido y la cantidad de sedimento total que entra en la represa), la geometría y modo de

operación de la represa y las características y propiedades (físicas y químicas) de los sedimentos y del agua, entre otros.

Así, la colmatación en la represa es responsable por la reducción de volumen disponible y dependiendo de donde se ubica puede afectar a la operación del mismo, reduciendo, por ejemplo, el caudal regularizado, principalmente en períodos de sequías. En centrales hidroeléctricas, con la disminución de la capacidad de almacenamiento del reservorio hay perdidas energéticas y, consecuentemente, financieras. Ya en otros proyectos hidráulicos, fuera de las pérdidas financieras, puede haber también problemas que afectan a la salud pública, producción agrícola y navegación, puede ocasionar problemas de maniobras de operaciones en las estructuras hidráulicas, como el ingreso de agua, válvulas de descarga, compuertas, entre otros y también puede generar gastos como dragados de sedimentos (Miranda *et al.*, 2009; ANA, 2009; Maia & Villela, 2009).

De una manera general, represas pequeñas tienden a un proceso más acelerado de colmatación, capaces de ser colmatados en un evento de inundación (CARVALHO *et al.*, 2000). En contrapartida, se estima que en represas grandes, como la represa de Itaipu (Brasil), Lago Nasser (Egipto), Tres Gargantas (China) son colmatados en escalas de centenas a miles de años (BARBER & RYDER, 1990, MORRIS & FAN, 1998; CARVALHO *et al.*, 2000).

LEVANTAMIENTO BATIMETRICO

Según Miranda (2010), la batimetría es uno de los métodos empleados para la evaluación y monitoreo de los volúmenes de agua y de la cuantificación de los sedimentos depositados en los cuerpos hídricos, que consiste en medir y representar relieves de áreas subacuáticas, como mares, ríos, lagunas y represas.

La finalidad de los estudios batimétricos es obtener las coordenadas (x, y, z) de los puntos donde se quiere obtener datos, al igual que se realiza en levantamientos convencionales. La parte más compleja y que caracteriza a los diversos métodos de levantamientos batimétricos es la determinación de la profundidad. Esta tarea se denomina operación de sondeo o simplemente sonar. La profundidad de un punto es obtenida midiendo la distancia vertical entre el nivel del agua y la superficie de fondo.

Cuando el objetivo es verificar la tasa de colmatación se debe encontrar la diferencia entre dos batimetrías o sino de una batimetría y levantamiento topográfico anterior a la época de construcción de la represa. Este proceso hace con que la tasa de colmatación sea extremadamente sensible a pequeños errores en la obtención del volumen. Pequeñas tasas de error en la estimación del volumen pueden traer grandes errores en la tasa de colmatación. Todas las técnicas incorporan errores y estos deben ser minimizados (Morris & Fan, 1998).

DRAGADO

Según Velinga (1998) *apud* Filho Goes (2004) el dragado es definido como el proceso de remoción de sedimentos y suelos para fines de construcción y mantenimiento de vías acuáticas, infraestructura de transporte, recuperación de capacidad de almacenamiento de represas, y recuperación de suelos o de minas. Este proceso se lleva a cabo con operaciones necesarias para la extracción, transporte y disposición en otro lugar respetando en todo el proceso las limitaciones ambientales.

El dragado es clasificado en cuatro principales tipos, las cuales son: dragado de profundización o implementación, dragado de mantenimiento, dragado de remoción ambiental y de minería; la elección del tipo de drenaje a realizar debe ser escogido por la finalidad para cual serán utilizadas.

MATERIAIS Y MÉTODOS

Área de estudio

La represa Torata se ubicada en la zona central de la cuenca del río Moquegua, ocupando principalmente la parte superior y media de la cuenca del río Torata, uno de sus principales formadores, geográficamente se localiza en 17°01'13"S y 70°41'06"O. La represa en estudio esta aproximadamente a 3420 msnm., en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, dentro del departamento de Moquegua, en las instalaciones de la empresa minera SOUTHERN PERU, el cual se muestra en la Figura 1.

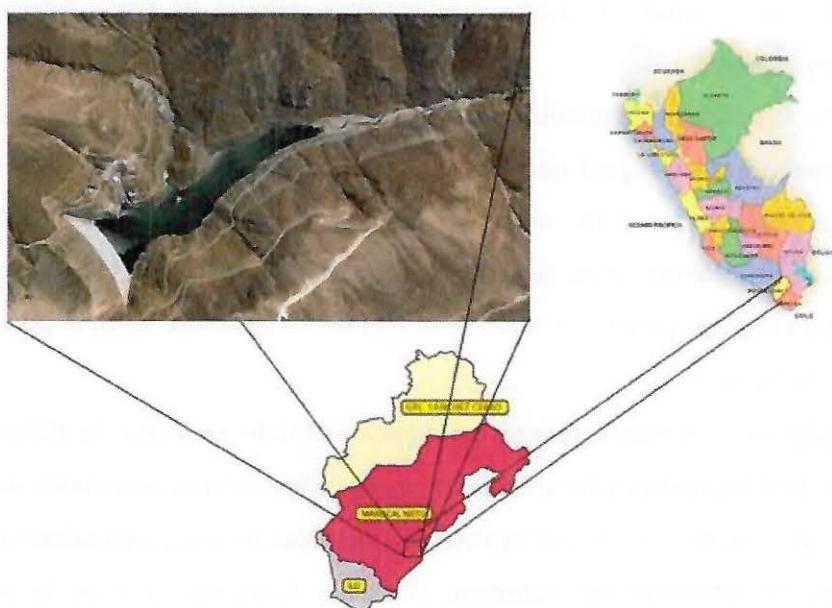


Figura 1 – Ubicación de la represa del Río Torata en el departamento de Moquegua/Perú. Fuente (adaptado de Instituto Nacional de Estadística e Informática - Perú y Google Earth).

La represa posee aproximadamente 3.0km de extensión y representa una área de aproximadamente 12.5 has y tiene capacidad de almacenar 1.5 millones de metros cúbicos, la presa tiene una longitud de cresta de 400 m, y altura de 130 m, y fue construido para desviar el río en un tramo de 4.0 kilómetros y sirve para regularizar y contener avenidas, permitiendo el almacenamiento de agua a niveles controlados, para poder transvasar el agua hacia aguas abajo en tierras irrigables.



Figura 2 – Represa del río Torata.

Según Dyhr *et al* (2008), el clima de la cuenca del río Torata es semidesértico a semiárido, con precipitación promedio anual que varía de 250 mm, en las zonas altas, a 100 mm, en las zonas bajas. Igualmente la temperatura promedio anual fluctúa entre 4 grados centígrados, en la parte más alta, a 15 grados, en la parte más baja. Esto origina que los suelos tengan unos regímenes de temperatura mésico (entre 8 y 15 grados centígrados de promedio anual) y crítico (entre 0 y 8 grados centígrados de promedio anual), así como, regímenes de humedad térrico o arídico (cuando el suelo está húmedo por menos de 90 días consecutivos y seco en más de la mitad del año de forma acumulativa), un transicional del térrico al ústico (cuando el suelo está húmedo por 90 o más días consecutivos o 180 o más días acumulativos al año).

Así como en la cuenca del río Torata, la represa también presenta material parental de origen diverso, predominando los materiales residuales a partir de rocas volcánicas (andesitas) y de rocas intrusivas (granodiorita, sienita, etc.). En menor extensión se encuentran materiales coluvio-aluviales y aluviales en las pequeñas terrazas cercanas a los ríos. El relieve dominante en la represa

es el montañoso, con laderas empinadas a escarpadas. Las lluvias que caen en verano tienen cierto potencial erosivo que se traduce en formación de surcos y cárcavas en las laderas montañosas.

Este tipo de relieve próximo a la represa resalta la importancia del estudio realizado, por intensificar los procesos erosivos en la cuenca y consecuentemente la colmatación de la represa.



(a)

(b)

Figura 3 – Imágenes de los márgenes de la represa: (a) Presencia de pasto en la margen de la represa; (b) Vista general del reservorio con los tipos principales de suelos.

Datos Batimétricos

El estudio de colmatación de la represa del río Torata fue realizado a partir de la topografía inicial realizado en Abril de 2001 cuando aún no se construía la represa y de tres levantamientos batimétricos realizados en Noviembre de 2001, Diciembre de 2002 y Setiembre de 2003; así también se realizó el dragado y levantamiento topográfico de la “cola” de la represa en los meses de Octubre y Diciembre de 2002 respectivamente.

Los estudios fueron realizados por la gerencia de recursos hídricos de la empresa Southern Perú, con el fin de cuantificar los sedimentos depositados en el reservorio y determinar su avance dentro de la represa, para prevenir acumulaciones excesivas. Es así que se realizó un dragado de la “cola” de la represa con el fin de disminuir el ingreso de los sedimentos a la represa y poder ser retenidos al ingreso del mismo.

Las medidas batimétricas fueron realizadas con ayuda de estación total Pentax, ecosonda hidrográfico marca Raytheon de 90Hz y bote. Los trabajos se realizaron con la toma de datos simultáneamente con la estación total y con la ecosonda. Los operadores contaban con el apoyo de radios para comunicarse.

La estación total determina la ubicación (coordenadas X, Y) de los puntos y la ecosonda determina la profundidad del agua para dichos puntos considerando la variación de los niveles diarios del espejo de agua. Existe un intervalo de tiempo aproximado entre 2 a 3 segundos entre la

lectura del prisma y la medición de la profundidad del agua, la cual se minimiza cuanto más rápida sea la intercomunicación. El recorrido del bote se realizaba de acuerdo a las secciones ubicadas previamente en ambos márgenes del reservorio y también con el apoyo de 02 guías.

Todas las batimetrías fueron realizadas en las mismas secciones y por tanto coinciden cuando son sobreuestas, corroborando en la veracidad de la comparación entre los datos obtenidos.

Los datos almacenados en el colector de datos de la estación total y la lectura de profundidades con la ecosonda hidrográfica, fueron procesados usando el programa Excel, para posteriormente ingresar las coordenadas X, Y, Z que requiere el software Civil Survey para la generación de curvas de nivel y perfiles. La interpolación de los datos para determinar las curvas de nivel fue por interpolación lineal. El espaciamiento entre las curvas fueron fijadas en 0.5 m.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

De los mapas generados por el software Civil Survey fueron extraídos los perfiles longitudinales presentados en la Figura 4, también expuesto en las figuras 5 y 6 con resolución más amplia.

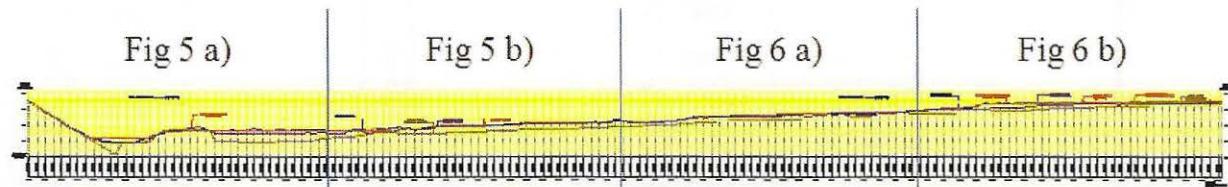


Figura 4 – Perfil longitudinal de la topografía y de las batimetrías de los años 2001, 2002 y 2003.

Esquema de división de la representación de la represa de Torata en las Figuras 5 y 6

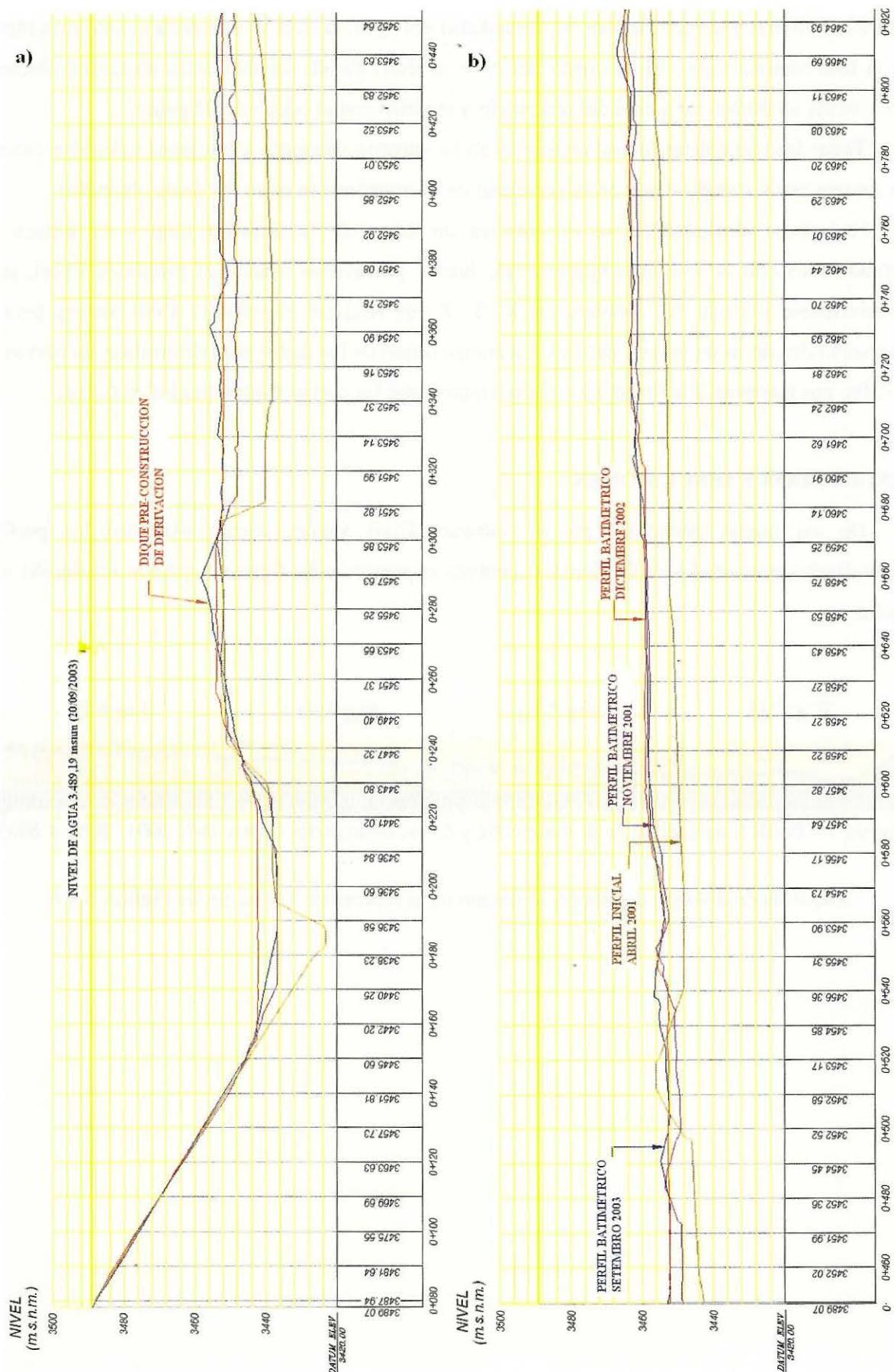


Figura 5 – Perfil longitudinal de la topografía y de las batimetrías de los años 2001, 2002 y 2003.

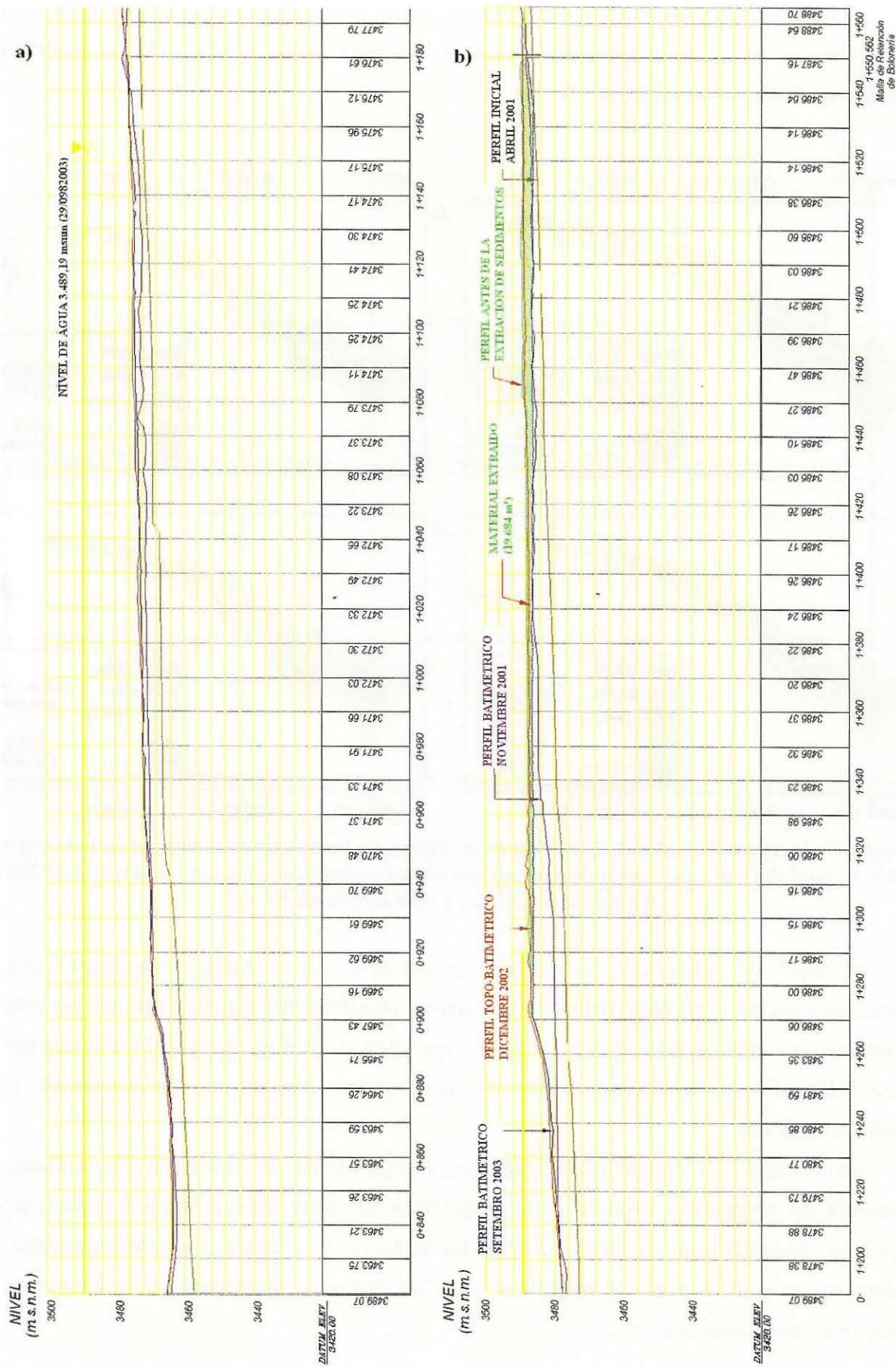


Figura 6 – Perfil longitudinal de la topografía y de las batimetrías de los años 2001, 2002 y 2003.

Al final, los datos tratados y georeferenciados fueron exportados en formato de extensión shp, compatible con el software Arcgis 10. Donde se identifican como va avanzando el proceso de sedimentación en la represa (Figura 7).

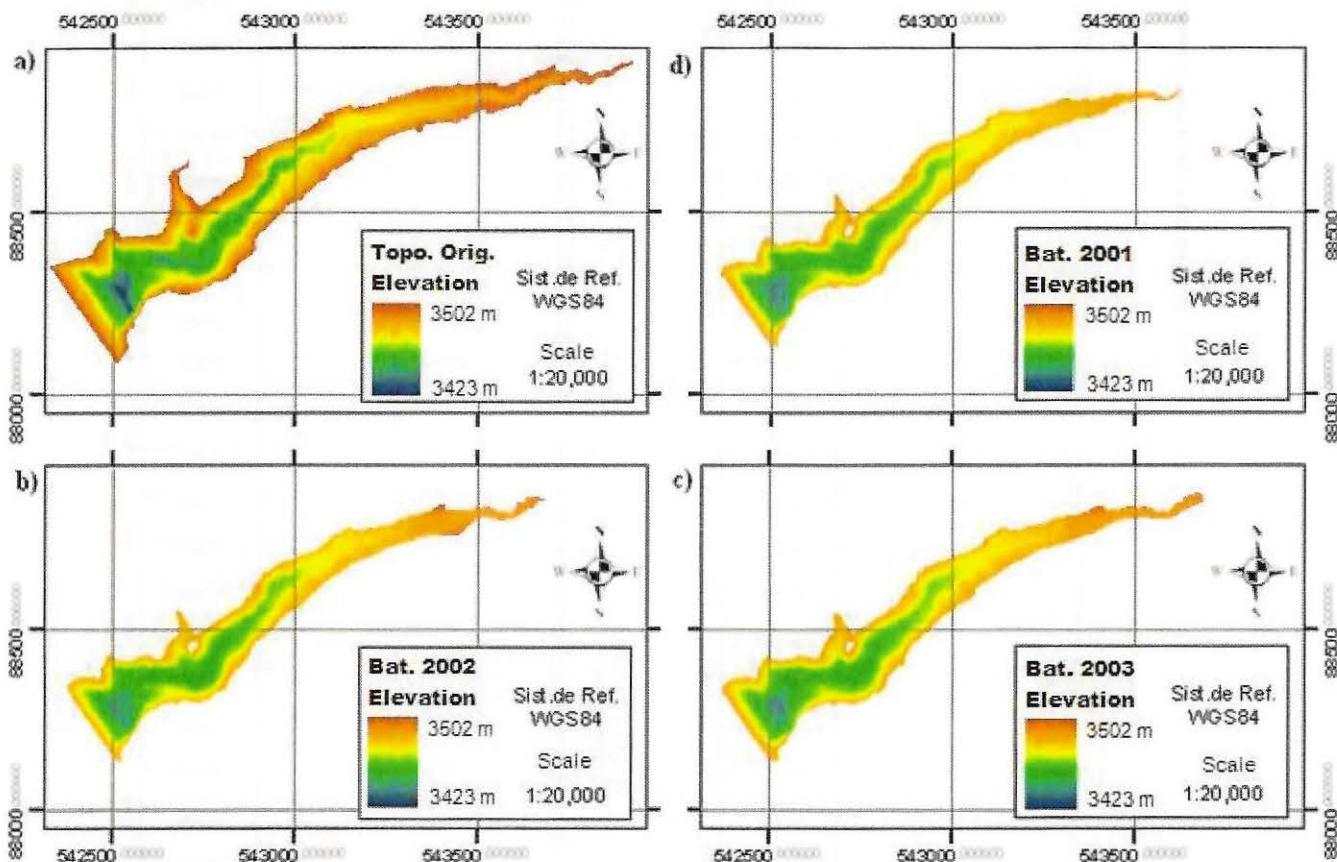


Figura 7 – Modelos Digitales de Elevación de la represa de Torata representados en altitud (metros sobre el nivel del mar). a) Topografía cuando aún no se construía la represa; b) Batimetría de 2001; Batimetría de 2002; y c) Batimetría de 2003.

El cálculo del volumen de los Modelos Digitales de Elevación (MDT's) fue realizado con la herramienta Surface Volumen, contenido en la carpeta Functional Surface. Esta herramienta calcula el volumen contenido debajo de un plano ficticio que corta el MDT en una cota determinada por el usuario. En este caso fue adoptado como cota de referencia el punto más bajo del modelo y se generó la Figura 8.

De acuerdo a la Figura 8, obtenido con la comparación de batimetrías, se confirma la existencia del transporte y depósito de los sedimentos más finos hacia el dique y la ventana de captación, debido al flujo de “llamada” desde las ventanas de captación. La altura acumulada de sedimentos en estos sectores con respecto al año 2001 está en un promedio de 5 m, lo cual no es típico en un reservorio de regulación.

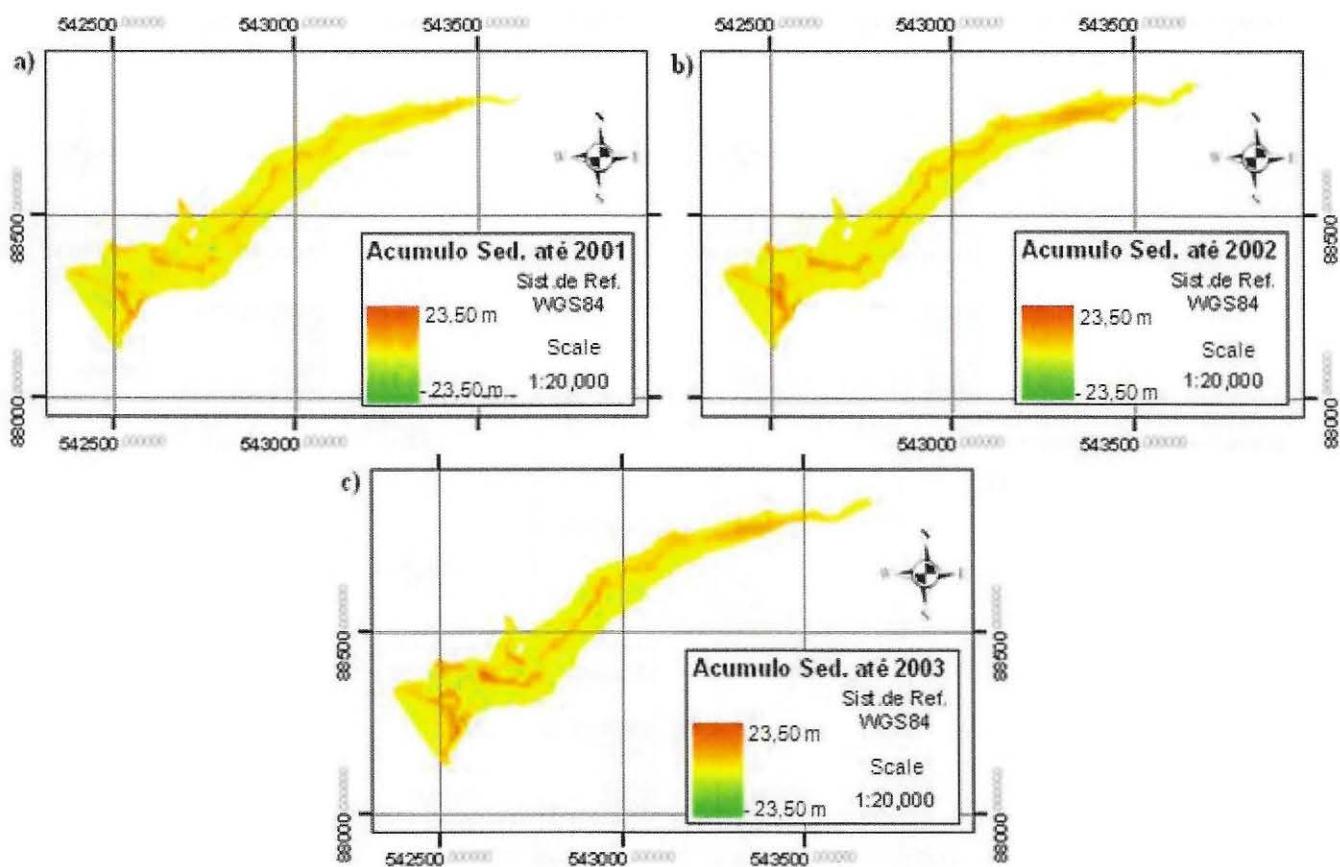


Figura 8 – Colmatación de la represa Torata. Comparación de las batimetrías con la topografía original, donde el color rojo representa que está por encima y el verde que está por debajo, ambos de la topografía original. a), b) y c) Comparativos hasta 2001, 2002 y 2003 respectivamente.

La substracción entre los volúmenes obtenidos para el MDT del área original y de la represa ya con sedimentos, da como resultado la cantidad de suelo depositado, consecuentemente transportado hacia el fondo de la represa. En el Cuadro 1 y Figura 9 se puede apreciar las cantidades de sedimentos transportados al fondo de la represa.

Cuadro 1 – Sedimentos ingresados a la represa.

De	A	Sedimento Ingresado (m^3)
Top. Original	Bat. 2001	225 404.00
Bat. 2001	Bat. 2002	135 788.00
Bat. 2002	Bat. 2003	41 832.00

En la Figura 9 se observa la evolución del volumen de sedimentos depositados en el fondo de la represa, el cual se ha incrementado de 2001 a 2003. La cantidad de sedimentos depositados es menor en el año 2002, ya que se realizó la construcción de la presa de la represa, lo que generó una gran cantidad de sedimentos que fueron transportados al fondo de la represa.

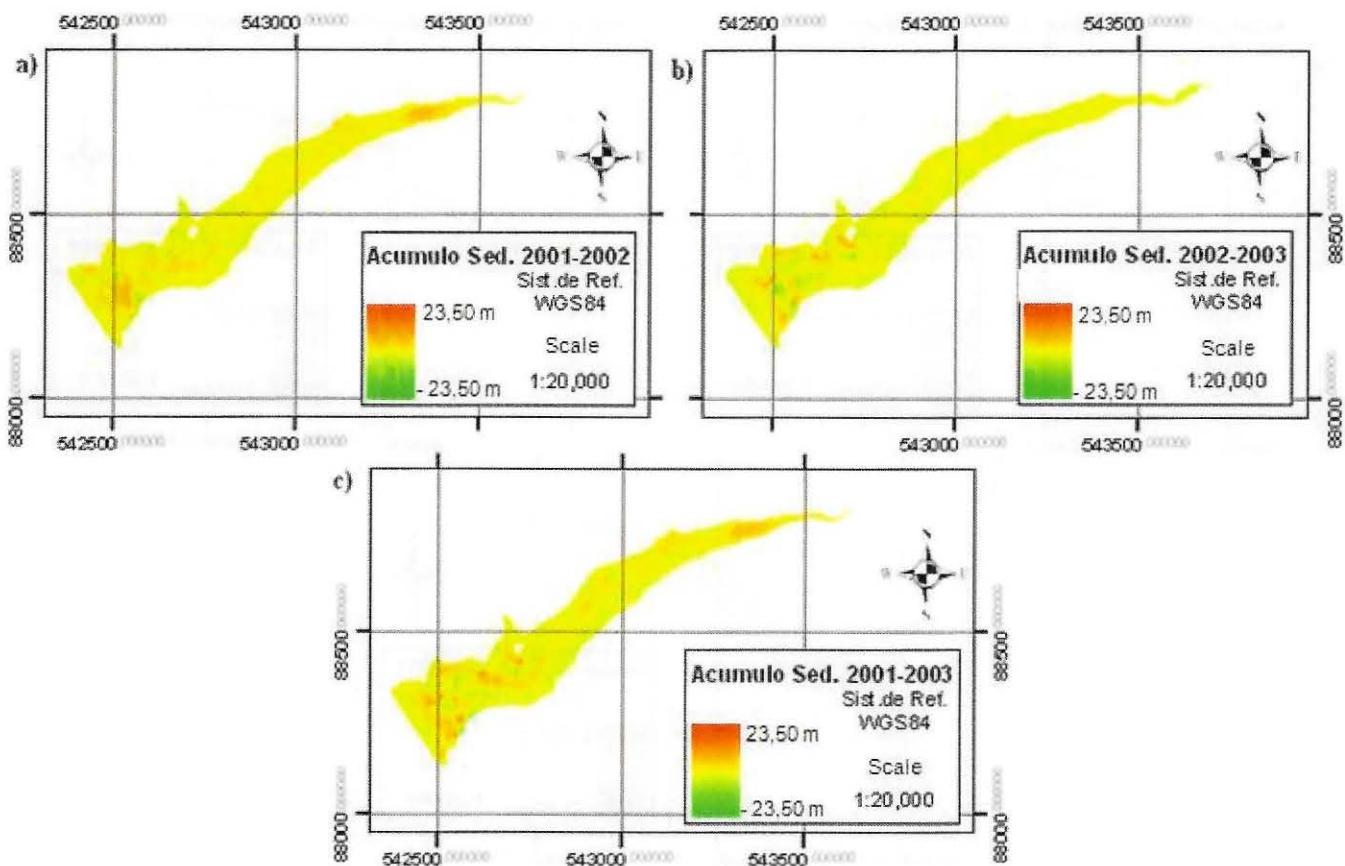


Figura 9 – Colmatación de la represa Torata. Comparación entre las batimetrías, donde rojo es la altitud encima y verde es la altitud abajo de la batimetría más antigua. a) Comparativo entre las batimetrías de 2002 y 2001; b) Comparativo entre las batimetrías de 2002 y 2003; y c) Comparativo entre batimetrías de 2001 y 2003.

La zona conocida como “Cola del reservorio”, queda expuesta a los cambios producidos por la sedimentación del material de fondo. En esta área se realiza el dragado de los sedimentos para disminuir el ingreso de los sedimentos al fondo de la represa, en el Cuadro 2 se presenta la cantidad de sedimentos dragados en los años 2001 y 2002. La extracción del sedimento esta a cargo de Operaciones Mina Cuajone, el total removido lo mostramos en el siguiente cuadro resumen:

Cuadro 2 – Cantidad de sedimento Dragado.

Año	Sedimento Dragado (m ³)
2001	2 000.00
2002	23 500.00

Desde la construcción de la presa que se realizó en el año 2001 hasta el año 2003 se realizaron estudios para el control y operación adecuado de la represa del río Torata. En el Cuadro 3 se presenta la comparación porcentual sobre el almacenamiento en los años de estudio, porque es conocido que el incremento de sedimentos en el fondo, causa el descenso en volumen de almacenamiento.

Cuadro 3 – Reducción porcentual de almacenamiento de la represa.

De	A	Reducción en Volumen (%)
Top. Original	Bat. 2001	7.76
Bat. 2001	Bat. 2002	3.65
Bat. 2002	Bat. 2003	3.04

De Cuadro 3 se aprecia que el porcentaje de reducción de volumen para los años 2002 y 2003 es menor en comparación para el año 2001, esto es resultado de que en ambos años se realizaron dragados en la “cola” de la represa y que el primer año pudo ser influenciado por la generación de sedimentos causados por la construcción de la presa.

CONCLUSIONES

Se concluye que la remoción de sedimentos es una actividad que debería hacerse cada año, para así incrementar la vida útil de las represas. En los 03 años de operación se tiene que el material removido está en el orden de 25 500.0 m³, es la cantidad de material que dejó de ingresar al área critica de la represa, donde los costos para su extracción por el método de dragado incrementaría ya que se encuentra a mayores profundidades.

El dragado fue responsable por una grande reducción de la tasa de colmatación en el año que fue realizado, en cuanto en el año 2001 hubo una colmatación de 7.76 %, en los años en que se realizó el dragado la colmatación efectivo de la represa fue apenas la mitad del año en que no se realizó dragado.

La importancia de realizar dragados en áreas pocas profundas (“cola” de represas) fue posible a las campañas de levantamientos topográficos y batimétricos realizadas en la represa, acrecentando la importancia del monitoreo constante de los recursos hídricos para el gerenciamiento del agua, reafirmando las técnicas de conservación y su importancia en la preservación de los cuerpos de agua.

Destacamos que el dragado desempeña un papel fundamental en el mantenimiento para las buenas condiciones de operación de la represa de Torata, y las mismas se deben mantener con el fin de aumentar la vida útil del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Patronato de la Universidad Nacional de Ingeniería (Perú), a la empresa Southern Perú, en especial a la Gerencia de Recursos Hídricos de la Unidad Operativa Cuajone (Perú), al Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq (Brasil) y a la Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP (Brasil).

BIBLIOGRAFIA

ANA (2009), Manual de Estudos de Disponibilidade Hídrica para Aproveitamentos Hidrelétricos. Manual do Usuário. 43p.

BARBER, M. & RYDER, G. (1990), *Damming the Three Gorges. What dam builders don't want you to know. A Critique of the Three Gorges Water Control Project Feasibility Study*. Earthscan Publications Limited.

CABRAL, J.B.P. (2005). *Estudo do Processo de Assoreamento em Reservatórios*. Caminhos de Geografia (6). v. 14. p. 62-69. Fev. 2005.

CAMARGO, A. A. B; NETO, R. S.; ELER, M. N.; MAUAD, F. F. (2010), Evolução do Processo de Assoreamento da Represa do Risca Faca, Pirassununga, SP, IX ENES – Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Brasília (Brasil).

CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia prática*. – 2^a Ed., ver., atual. e ampliada. – Rio de Janeiro: Interciêncie, 599p.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. (2000 a), *Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios*. Brasília: ANEEL. 140p.

ESTIGONI, M. V. & MATOS, A. J. (2009), “Comparação de Diferentes Batimetrias do Reservatório da Usina Hidroelétrica do Lobo”, XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS.

ESTIGONI, M. V.; MIRANDA, R. B.; MAUAD, F. F.; MATOS, A. J. S.; (2009), A Relevância dos Estudos Sedimentológicos e da Aplicação de Modelos de Rede de Fluxo na Geração de Energia Hidrelétrica, IX SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Planificación, Proyecto y Operación de Sistemas de Abastecimiento de Agua. Valencia (España), 24-27.

GOES FILHO, H.A.(2004), Dragagem e Gestão dos Sedimentos, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Rio de Janeiro, UFRJ, RJ, Brasil, 126p., 2004.

LANE, E.W. (1955). *The Importance of Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering*. American Society of Civil Engineering, Proceedings, 81, paper 745: p. 1-17.

LIMA, L. R. (2008), Dragagem, Transporte e disposição final de sedimentos de leito de rio: Estudo de caso na Calha do Rio Tiete – Fase II. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, POLI – USP, São Paulo 2008.

MAIA, A. G.; VILLELA, S. M. (2009). *Análise do assoreamento do reservatório de Promissão através do modelo RESSASS*. Ambiência Guarapuava, PR v.5 n.2 p.247.

MIRANDA, R. B.; MAUAD, F. F.; MATOS, A. J. S.; ALBERTIN, L. L. (2009), A Relevância dos Estudos Sedimentológicos e da Aplicação de Modelos de Rede de Fluxo na Geração de Energia Hidrelétrica, IX SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Planificación, Proyecto y Operación de Sistemas de Abastecimiento de Agua. Valencia (España), 24-27.

MIRANDA, R. B.; ESTIGONI, M. V.; SCARPINELLA G. A.; MAUAD, F. F. (2010), A Utilização de Levantamento Batimétrico para Atualização de dados Operacionais de Reservatórios Modificados Devido ao Assoreamento – Estudo de Caso: Reservatório de Três Irmãos/SP, IX ENES – Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Brasília (Brasil).

MORRIS, G.L. & FAN, J. 2010 *Reservoir Sedimentation Handbook – Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use*. McGraw-Hill Book Co., New York. Electronic Version Ver. 1.04 December 1998.

SOUTHERN (2001). Plan de Cierre de Minas Actividades Minero Metalúrgicas. Moquegua – Perú, 120 p.

SOUTHERN (2001). Gerencia de Recursos Hídricos en Unidad Operativa de Cuajone: Informe técnico sobre el levantamiento topográfico del Reservorio Torata. Moquegua – Perú, 6 p.

SOUTHERN (2002). Gerencia de Recursos Hídricos en Unidad Operativa de Cuajone: Informe técnico sobre el levantamiento topográfico del Reservorio Torata. Moquegua – Perú, 13 p.

SOUTHERN (2003). Gerencia de Recursos Hídricos en Unidad Operativa de Cuajone: Informe técnico sobre el levantamiento topográfico del Reservorio Torata. Moquegua – Perú, 18 p.

SOUTHERN (2012). Gerencia de Recursos Hídricos en Unidad Operativa de Cuajone: Informe personal sobre estudios batimétricos, topográficos y dragado del Reservorio Torata. Moquegua – Perú.

VANONI, V.A. (1977). *Sedimentation Engineering*. American Society of Civil Engineers. New York.

VELLINGA, TIEDO, 1998, Guide de Gestion des Matériaux de Dragage, Rapport Spécial de la Commisssion Permanente de l'Environnement, International Navigation Association (PIANC), Bruxelles, Belgique.