



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Gestión de la sedimentación en los embalses

Management of sedimentation in reservoirs

Gestão da sedimentação em reservatórios

Ángel F. Moreira Romero ^I
angelmoreira20@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2416-0127>

Correspondencia: angelmoreira20@hotmail.com

***Recibido:** 29 de noviembre del 2021 ***Aceptado:** 02 de diciembre de 2022 * **Publicado:** 26 de enero de 2022

- I. Magíster en Sistemas de Transporte de Petróleo y Derivados Msc, Magíster en Proceso Industriales, Ingeniero Industrial, Docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

Resumen

El objetivo del presente ensayo fue analizar la gestión de los sedimentos en los embalses. Para alcanzar este objetivo, se realizó una revisión de fuentes documentales que definan las formas de gestión a nivel de Latinoamérica. Se ha encontrado que las cuencas deficitarias en Ecuador se concentra n en dos áreas: la provincia de Manabí exclusivamente en los sistemas hidrográficos de Jama, Portoviejo y Jipijapa; y al este y sur del Golfo De Guayaquil en los sistemas de Taura, Balao y Arenillas – Zarumilla. La problemática de los sedimentos, es poco conocida por la población global y también por los tomadores de decisiones. Ello se demuestra en que no existe mayor conciencia acerca de la importancia de los procesos de erosión y los sedimentos, y sus impactos sobre el ambiente físico y humano. Los sistemas para el control de la sedimentación de embalses puede darse en dos etapas: el primero es en el medio productor de sedimentos, el otro es en el nivel de la propia obra hidráulica en donde se debe maximizar el control sobre el paso de los sedimentos a lo largo de todo el cuerpo del embalse.

Palabras clave: sedimentación; embalses; gestión.

Abstract

The objective of this trial was to analyze the management of sediments in reservoirs. To achieve this objective, a review of documentary sources that define the forms of management at the Latin American level was carried out. It has been found that the deficit basins in Ecuador are concentrated in two areas: the province of Manabí exclusively in the hydrographic systems of Jama, Portoviejo and Jipijapa; and to the east and south of the Gulf of Guayaquil in the Taura, Balao and Arenillas – Zarumilla systems. The problem of sediments is little known by the global population and also by decision makers. This is demonstrated by the fact that there is no greater awareness of the importance of erosion processes and sediments, and their impacts on the physical and human environment. The systems for the control of the sedimentation of reservoirs can occur in two stages: the first is in the sediment-producing environment, the other is at the level of the hydraulic work itself, where control over the passage of sediment must be maximized. throughout the entire body of the reservoir.

Keywords: sedimentation; reservoirs; management.

Resumo

O objetivo deste ensaio foi analisar o manejo de sedimentos em reservatórios. Para atingir esse objetivo, foi realizada uma revisão de fontes documentais que definem as formas de gestão em nível latino-americano. Constatou-se que as bacias deficitárias do Equador estão concentradas em duas áreas: a província de Manabí exclusivamente nos sistemas hidrográficos de Jama, Portoviejo e Jipijapa; e a leste e sul do Golfo de Guayaquil nos sistemas Taura, Balao e Arenillas – Zarumilla. O problema dos sedimentos é pouco conhecido pela população mundial e também pelos tomadores de decisão. Isso é demonstrado pelo fato de não haver maior conscientização sobre a importância dos processos erosivos e sedimentares, e seus impactos no meio ambiente físico e humano. Os sistemas de controle da sedimentação de reservatórios podem ocorrer em duas etapas: a primeira é no ambiente produtor de sedimentos, a outra é ao nível da própria obra hidráulica, onde deve ser maximizado o controle sobre a passagem de sedimentos. todo o corpo do reservatório.

Palavras-chave: sedimentação; reservatórios; gestão.

Introducción

Los embalses hacen referencia al volumen de agua formados por la actividad humana para propósitos específicos con el fin de proporcionar y controlar recursos (The British Dam Society. , 2016). Otra definición más reciente realizada por (Montoya, Ríos, & Hincapie, (2019) define a los embalses o represas como obras de infraestructura que transforman el régimen de caudales superficiales de una cuenca a través de la obstrucción de su cauce, su construcción es considerada como un tipo de gestión y regulación de los recursos hídricos para la satisfacción de las diversas demandas y presiones que se generan sobre los mismos. Este término suele confundirse con las estructuras denominadas presa, el cual comprende a la estructura física que retiene el agua y el cuerpo de agua retenida.

La producción, transporte y depósito de sedimentos son procesos naturales que dan forma a la Tierra. En la mayoría de los casos, estos procesos pasan inadvertidos para la percepción humana, ya que a menudo son procesos continuos y de largo plazo que solo pueden ser evidenciados mediante una observación atenta. Sin embargo, cuando los procesos relacionados con los sedimentos entran en conflicto espacial con las actividades humanas y los ecosistemas, a menudo pueden traer graves consecuencias

Gestión de la sedimentación en los embalses

En la línea de las ideas anteriores, el transporte de sedimentos es un proceso natural que hace parte del flujo normal de los ríos, estuarios y costas, y tiene una gran importancia para los procesos hidráulicos, geomorfológicos y ecológicos de los cuerpos de agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudio Ambientales, 2007). En condiciones naturales, un río presenta unas condiciones de flujo de agua y de sedimentos que favorecen el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos. Además de ser un factor determinante en los procesos geomorfológicos de los cuerpos de agua, los sedimentos proporcionan hábitat a organismos bénticos, y pueden ser un sumidero significativo y una fuente potencial de contaminantes (Brils, J., 2008)

Ahora bien, el sedimento depositado en un embalse puede ocasionar diversos problemas o consecuencias según (Cataño & Velez, 2021) tales como: pérdida de volumen de almacenamiento efectivo. Las pérdidas de volumen de almacenamiento efectivo, reducen la capacidad de control de avenidas, el volumen destinado para riego, la capacidad de regulación para la producción de energía eléctrica y el suministro de agua; así como también, cambios en la calidad del agua; éstos se producen de dos formas: incrementando la turbiedad y reduciendo los niveles de oxígeno disuelto con lo cual las aguas podrían llegar a ser inhabitables para peces y otras vidas acuáticas; afecta la seguridad de la estructura en virtud que los sedimentos cerca de la presa incrementan la carga estática, por tal motivo el comportamiento estructural ante sismos y avenidas intensos podría ponerse en duda.

La sedimentación de los embalses también es un tema importante en muchas partes del mundo, incluyendo América Latina y El Caribe. Los embalses creados con el uso de grandes recursos financieros pierden cada año en volumen de almacenamiento, disminuyendo su vida útil y, como consecuencia, muchos embalses tienen solo unos pocos años de vida por delante, lo que se traduce en grandes inversiones en el mediano plazo. En casos extremos, habrá que construir nuevos embalses para satisfacer la creciente demanda de electricidad o de sistemas de riego, por ejemplo (UNESCO, 2021).

Partiendo de lo anterior el objetivo de este ensayo es analizar la gestión de los sedimentos en los embalses, para lo cual se realizará una revisión de fuentes documentales que definan las formas de gestión a nivel de Latinoamérica.

Desarrollo

En el Ecuador durante las condiciones de régimen natural, es decir sin obras artificiales de regulación en los ríos, y con una garantía aproximada del 90%, las disponibilidades de agua son las siguientes:

Gestión de la sedimentación en los embalses

Figura 1: Disponibilidad de agua en Ecuador

DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL POR HABITANTE	
ECUADOR CONTINENTAL	20700 m ³ /hab/año
VERTIENTE DEL PACÍFICO	5300 m ³ /hab/año
VERTIENTE DEL AMAZONAS	91600 m ³ /hab/año

El balance hídrico por sistemas hidrográficos indica que, a pesar de que las cifras globales del país, e incluso por vertientes, son muy positivas, existen cuencas deficitarias en diferentes zonas y en algunas épocas del año. Las cuencas deficitarias se concentra en dos áreas: la provincia de Manabí exclusivamente en los sistemas hidrográficos de Jama, Portoviejo y Jipijapa; y al este y sur del Golfo De Guayaquil en los sistemas de Taura, Balao y Arenillas – Zarumilla.

Una de las realidades a atender se refiere a los sedimentos, los cuales tienen un alto valor ecológico, al generar una variedad de hábitats para diversas especies como algunos anfípodos, moluscos y gusanos, entre otros; constituyen una importante fuente de nutrientes para estos organismos y, por lo tanto, para otras especies superiores en la cadena alimenticia. Adicionalmente, los ciclos de erosión y sedimentación que componen la dinámica de los sedimentos generan diversos ambientes geomorfológicos que favorecen la existencia de condiciones para diversas especies (Brils, J., 2008). Sin embargo, intervenciones antrópicas como la construcción de presas y otras estructuras transversales, la construcción de infraestructura lineal como vías, el desarrollo de actividades mineras, la alteración de la geomorfología de los cauces, la modificación de los usos y las coberturas del suelo para el desarrollo de diferentes actividades económicas y la explotación de materiales de arrastre pueden modificar e incluso interrumpir los procesos de transporte de sedimentos, alterando el equilibrio natural de los cauces y generando problemas tanto en los sitios intervenidos como aguas abajo.

El desprendimiento, transporte y almacenamiento de sedimentos, según (Weber & Pasternack, 2017) son procesos resultantes de la erosión de suelos, afectan los ecosistemas fluviales y pueden transportar contaminantes con un importante impacto en diversas partes de las cuencas. A nivel de las Américas, si bien algunos territorios poseen instrumentos para controlar las emisiones, éstos no han dado amplios resultados positivos. Algunos países incluso no presentan normativas en el tema

La problemática de los sedimentos, para (SANDOVAL, 2012.) es poco conocida por la población global y también por los tomadores de decisiones. Ello se demuestra en que no existe mayor

Gestión de la sedimentación en los embalses

conciencia acerca de la importancia de los procesos de erosión y los sedimentos, y sus impactos sobre el ambiente físico y humano. De igual manera, no se percibe la importancia de promover el intercambio de información relativa a la erosión y los sedimentos, en el contexto de información relevante, como tampoco se percibe la necesidad de monitorear esta problemática.

Es importante tener en cuenta que, según (Wohl, Lane, & Wilcox, 2015) los embalses sufren problemas sedimentológicos debido principalmente a la hidráulica fluvial y que pueden derivarse en graves consecuencias si no se presta atención adecuada y oportuna a su planeamiento y operación. Cuando se construye una presa en el lecho de un río, ésta actúa como una trampa de sedimentos, y una parte de los sólidos transportados por la corriente queda retenida en el embalse, disminuyendo así el volumen de almacenamiento, por tal razón se considera muchas veces en el diseño un volumen de embalse adicional al requerido para de esta forma satisfacer las necesidades del proyecto, y que sirve para el depósito de los sólidos sedimentados en el embalse. Este volumen se llenará con el transcurso del tiempo y que comúnmente se lo conoce con el nombre de volumen muerto por sedimentación.

Para el (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudio Ambientales, 2007) la sedimentación que ocurre aguas arriba de una presa según (Tesema & Leta, 2020) es un fenómeno de hidráulica fluvial que resulta ser inevitable; su origen es muy sencillo: al elevarse artificialmente los tirantes o calados del río y a su vez aumentar considerablemente la sección transversal, la velocidad de la corriente disminuye, y aún en avenidas puede tener valores muy pequeños, lo cual favorece a la sedimentación. Para describir los fenómenos sedimentológicos se han utilizado terminologías vinculados a los embalses, se usan varios términos: colmatación, azolvamiento, atarquinamiento, éste último proviene del árabe “tarquim” que significa barro o lodo.

Ahora bien, (Soto & Cubillos, 2015) los sistemas para el control de la sedimentación de embalses puede darse en dos etapas: el primero es en el medio productor de sedimentos, es decir, el recorrido en donde se da la producción de sedimentos (la cuenca); y será en el lugar en donde se debe de minimizar tanto la producción como el movimiento mismo de los sedimentos; el otro es en el nivel de la propia obra hidráulica, que a diferencia del anterior es en donde se debe maximizar el control sobre el paso de los sedimentos a lo largo de todo el cuerpo del embalse.

En esta misma línea, para (Ríos, Posada, Vélez, Zambrano, & Contreras, 2016) la prevención que se aplica a un proceso como es el de la sedimentación, son de tipo probabilístico, razón por la cual sus efectos no son inmediatos, y estos están referidos a obras que se proyectan generalmente para una

Gestión de la sedimentación en los embalses

vida media de entre 50, 100 y 150 años, por lo que su estudio debe de hacerse de forma completamente consciente, caso contrario se corre el riesgo de considerarse superficial, insigne o innecesario.

Para el caso de la sedimentación de embalses, (Minambiente., 2018), considera que una forma de gestión se refiere a la vigilancia en cuanto a la producción, tipo y movilización de sedimentos el punto de partida para su prevención, es la de disponer de información suficiente sobre dicha temática, tales como erosión real de las cuencas donde se encuentra la obra hidráulica o donde se construirá. Debe de localizarse las zonas en donde se produce el sedimento, deberá adecuárselas con obras de contención o en su defecto mediante recuperaciones y adecuado mantenimiento de la cubierta vegetal, dicho aspecto es fundamental para reducir la producción de sedimentos y también para conservar la vida útil de los embalses.

La utilización de equipos de muestreo adecuados y con personal altamente calificado es fundamental para minorar las imprecisiones hasta un rango aceptable para este tipo de estudios; a pesar de esto lo tradicional es que las estimaciones de transporte de sedimento sean diferentes de la realidad, de ahí que las tasas de sedimentos medidas en embalses sean superiores a las previstas en el diseño.

Como forma de gestionar la sedimentación, la prevención aplicada al diseño de presas y azudes, según (PALAU, 2005) una de ellas elevar la altura de la presa para remediar la sedimentación, pero esto sería nada más que una solución temporal, y para el caso de presas de pequeña altura pueden construirse obras de evacuación de los sedimentos tales como compuertas o desagües de fondo, de manera que el embalse pueda absorber la máxima crecida de diseño, sin que haya la necesidad de modificar el perfil hidráulico del río aguas arriba del embalse, de esta forma se permite el libre movimiento del sedimento, a más de limpiar el cauce tanto aguas arriba como aguas abajo de la presa. Otro de los elementos preventivos consisten en la construcción de compuertas sin guías y, también la construcción de decantadores en las tomas, esta última es la más utilizada en sistemas de derivación de aguas desde azudes o presas pequeñas, en donde su eficacia es medida directamente proporcional a su diseño. Esto tomando en consideración que la abrasión del sedimento ejercida sobre los elementos mecánicos y estructurales de dicha obra hidráulica, pudiese ser la razón fundamental de estas medidas.

Evitar la sedimentación dentro de los embalses, y también para eliminar todo el material anteriormente sedimentado dentro de los mismos, son algunos de los beneficios de las acciones mencionadas en el párrafo anterior; sin embargo, la solución no depende de la aplicación de una sola

Gestión de la sedimentación en los embalses

técnica, sino que para evitar dicho problema, es necesaria la combinación de varias metodologías, que varían independientemente de acuerdo a las problemáticas presentadas en particular.

En relación a la prevención de la erosión de los suelos el mejor control de la sedimentación que evite la capacidad útil de los embalses alrededor del mundo consiste en la prevención de la erosión de los suelos que acogen a las cuencas, dicha prevención puede darse mediante técnicas de conservación, tanto del suelo como del agua (Cataño & Velez, 2021).

Dentro de las soluciones a nivel de diseño, éstas no son aplicables únicamente para los proyectos nuevos que se vayan o estén en ejecución, sino también tiene validez en embalses que ya tengan varios años de operación, esto hace permisible que se inspeccionen y redefinan algunos aspectos que puedan contribuir para así evitar el problema de la sedimentación en los embalses. Las principales soluciones que podemos citar son las siguientes: Ubicación del embalse en un sitio adecuado, determinar de forma adecuada la capacidad reservada para los azolves (Brils, 2008)

Sumado a lo anterior se tiene como forma de gestión el reducir la capacidad de retención de los sedimentos dentro del embalse pretende tratar de que el sedimento que está ingresando al embalse no tenga el tiempo suficiente para depositarse dentro del mismo.

Conclusiones

La sedimentación en los embalses es un fenómeno propio de la naturaleza y que es debido principalmente a la erosión de los suelos aguas arriba y márgenes del cauce; si bien es cierto, es una problemática mundial que no puede ser remediada en su totalidad, pueden tomarse medidas para que el impacto sea notoriamente menor, y de esta manera poder optimizar recursos que pueden ser invertidos en los gobiernos locales.

Un correcto estudio de los procesos para lograr establecer la distribución de los sedimentos dentro de un embalse, pueden ayudar en cierta forma a elegir el método de limpieza hidráulica de sedimentos desde embalses.

Un adecuado conocimiento de los sistemas para el control de la sedimentación puede verse reflejado a futuro con un gran ahorro económico, debido a que la aplicación de cualquier método de limpieza será realizada en menor tiempo, lo que garantiza optimización de tiempo y recursos.

Bibliografía

1. Brils, J. (2008). Sediment monitoring and the European water framework directive. ., *Annali dell'Istituto Superiore Di Sanita*(44(3), 218).
2. Brils, J. (2008). Sediment monitoring and the European water framework directive.,. *Annali dell'Istituto Superiore Di Sanita*, 44(3), 218.
3. Cataño, S., & Velez, J. (2021). Fluvial HydroGeomorphology Model (FHGM): alluvial lateral supply and morphodynamics in compound gravel rivers.
4. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudio Ambientales . (2007). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de los sedimentos . *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudio Ambientales* .
5. Montoya, N., Ríos, S., & Hincapie, J. ((2019). Planificación de áreas de influencia de embalses. Propuesta desde la Capacidad de Acogida. . *Bitácora Urbano Territorial*,, 29(1).
6. PALAU, A. (2005). *La sedimentación en embalses. Medidas preventivas y correctoras, Dirección de Medio Ambiente y calidad*,. España.
7. SANDOVAL. (2012.). *Embalses y tipos de presas, Ecuador*. Washington. : ESPE.
8. Soto, C., & Cubillos, C. (2015). Análisis de la dinámica fluviomorfológica en un cauce aluvial. . *Caso del río Cauca en su valle*.
9. Tesema, T., & Leta, O. (2020). Sediment Yield Estimation and Effect of Management Options on Sediment Yield of Kesem. *Dam Watershed, Awash Basin, Ethiopia. Scientific African*,.
10. The British Dam Society. . (2016). British Dam Society .
11. UNESCO. (2021). UNESCO 2021Perspectivas de la gestión actual de sedimentos en nueve países de las Américas. . *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*.
12. Weber, M., & Pasternack, G. (2017). Valley-scale morphology drives differences in fluvial sediment budgets and incision rates during contrasting flow regimes. .
13. Wohl, E., Lane, S., & Wilcox, A. (2015). The science and practice of river restoration,. *Water Resources*, 5974–5997,.